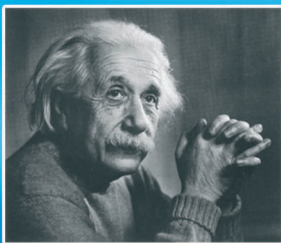
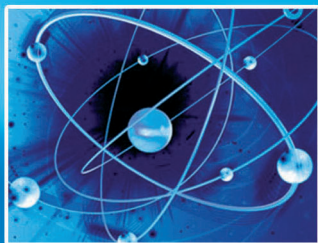


ОСНОВИ ФІЗИКИ

ПІДРУЧНИК



FUNDAMENTAL

PHYSICS

TEXTBOOK

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського

Кафедра екології, фізики і безпеки життєдіяльності

ОСНОВИ ФІЗИКИ

ПІДРУЧНИК

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів*

ДонНУЕТ
Донецьк-2013

УДК 53 (075.8) = 161.2 = 111
ББК 22.3я73 = 411.4 = 432.11
О-75

Колектив авторів:

Погребняк В. Г., д-р техн. наук, проф. – розділи 1, 2;
Горбань С. В., канд. фіз.-мат. наук, доцент – розділи 3, 4;
Гаркушева В. О., доцент – розділ 5;
Пашенко О. В., канд. фіз.-мат. наук, доцент – розділи 6, 7.

Рецензенти:

В. Ф. Русаков – д-р фіз.-мат. наук, проф.;
В. О. Сукманов – д-р техн. наук, проф.;
О. І. Товстолиткін – д-р фіз.-мат. наук, проф.;
В. М. Юрченко – д-р фіз.-мат. наук, проф.

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів
(лист № 1/11-15931 від 22.10.2013 р.)*

Основи фізики : підручник / В. Г. Погребняк, С. В. Горбань,
О-75 В.О. Гаркушева, О. В. Пашенко – Донецьк : ДонНУЕТ, 2013. – 338 с.

ISBN 978-966-385-346-8

Підручник з фізики призначений для студентів-іноземців підготовчого відділення вищих навчальних закладів України. Підручник містить формулювання та закони з курсу загальної фізики, що наведені водночас українською та англійською мовами. Практична частина підручника складається з тестових завдань для самоконтролю знань. Перед практичною частиною наведено додаток із назвами одиниць **виміру** фізичних величин та їх скорочення в системі СІ на двох мовах. Підручник може бути використаний викладачами для перевірки рівня знань курсу загальної фізики у студентів не за фізичним фахом підготовки, а також під час підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання навчальних досягнень осіб, які виявили бажання вступати до вищих навчальних закладів України.

УДК 53 (075.8) = 161.2 = 111
ББК 22.3я73 = 411.4 = 432.11

© Колектив авторів, 2013
© Донецький національний університет
економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського, 2013

ISBN 978-966-385-346-8

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

Donetsk National University of Economics and Trade
named after Mykhayilo Tugan-Baranovsky

Department of Ecology, Physics and Life Safety

FUNDAMENTAL PHYSICS

TEXTBOOK

*Approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine
as a textbook for university students*

DonNUET
Donetsk-2013

UDC 53 (075.8) = 161.2 = 111

LBC 22.3я73 = 411.4 = 432.11

O-75

Composite authors:

Pogrebnyak V. G., D.Sc. (Eng.), Prof. – Chapter 1, 2;

Gorban' S. V., Ph.D. (Physics & Maths), Assoc. Prof. – Chapter 3, 4;

Garkusheva V. A., Assoc. Prof. – Chapter 5;

Pashchenko O. V., Ph.D. (Physics & Maths), Assoc. Prof. – Chapter 6, 7.

Reviewers:

V. F. Rusakov – D.Sc. (Physics & Maths), Prof.;

V. O. Sukmanov – D.Sc. (Eng.), Prof.;

O. I. Tovstolytkin – D.Sc. (Physics & Maths), Prof.;

V. M. Yurchenko – D.Sc. (Physics & Maths), Prof.

*Approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine
as a textbook for university students
(Letter No. 1/11-15931 of 22.10.2013)*

Fundamental Physics: Textbook / V. G. Pogrebnyak, S. V. Gorban',
O-75 V.O. Garkusheva, O.V. Pashchenko – Donetsk : DonNUET, 2013. – 338 p.

ISBN 978-966-385-346-8

The textbook in physics is for foreign students of the University Preparatory Departments in Ukraine. The textbook contains wordings of laws of general physics given both in Ukrainian and English. The practical part of the textbook comprises problems for self-controlling. The practical part is premised with the bilingual Appendix of the names of the physical quantity units and their abbreviations in the SI system. The textbook can be used by teachers both to test the learning level of the students in general physics of the students for whom physics is not the principal subject and to make students ready for the external independent testing of knowledge of those persons who wish to enter the universities of Ukraine.

UDC 53 (075.8) = 161.2 = 111

LBC 22.3я73 = 411.4 = 432.11

© Composite authors, 2013

© Donetsk National University

of Economics and Trade named after
Mykhayilo Tugan-Baranovsky, 2013

ISBN 978-966-385-346-8

Механіка – розділ фізики, який вивчає механічний рух тіл. Механіка складається із трьох розділів: 1) кінематика; 2) динаміка; 3) статика.

Механічним рухом називається зміна з часом положення тіла в просторі.

Основна задача механіки – визначення положення тіла в просторі в будь-який момент часу.

Тіло відліку – це будь-яке тіло, відносно якого розглядається даний механічний рух.

Система відліку – це тіло відліку, пов'язана з ним система координат і встановлений порядок числення часу (годинник).

Матеріальна точка – це тіло, розмірами якого можна знехтувати в умовах даної задачі.

Траєкторія руху – це уявна лінія, уздовж якої рухається матеріальна точка.

Поступальний рух – такий рух, при якому всі точки тіла проходять однакові відстані, а траєкторії всіх точок тіла паралельні.

Обертальний рух – такий рух, при якому всі точки тіла описують кола, центри яких лежать на одній прямій, називаній віссю обертання, а площини кіл перпендикулярні цій вісі.

Прямолінійний рух – такий рух, траєкторія якого є пряма лінія.

Криволінійний рух – такий рух, траєкторія якого є деяка крива лінія.

1.1 Кінематика матеріальної точки

Кінематика – це розділ механіки, що вивчає механічний рух тіл без урахування причин, які впливають на цей рух.

Скаляр – це фізична величина, яка характеризується тільки чисельним значенням.

Mechanics is a branch of physics dealing with *mechanical motion* of bodies. It consists of: 1) Kinematics; 2) Dynamics; 3) Statics.

Mechanical motion is a change of a body position in space in time.

The main task of mechanics is to find a *body position* in space at any instant of time.

Body of reference is any body in reference to which the mechanical motion is considered.

Frame of reference is a body of reference, a particular coordinate system associated with it and a clock, used for making physical measurements.

Material particle is a body whose sizes can be neglected in a given task.

Traveling locus is a line a material particle moves along.

Translational motion is a motion of a body when all points pass the same distances, and the paths of the points are parallel.

Rotary motion is a motion when all points of a body make circles with their centers lying on the straight line, which is called an *axis of rotation*, and the circle planes are perpendicular to this axis.

Straight-line motion is the motion the trajectory of which is a *straight line*.

Curvilinear motion is the motion the trajectory (path) of which is *some curve*.

1.1 Kinematics of a material particle

Kinematics is a branch of mechanics dealing with the mechanical motion of bodies without reference to forces causing this motion.

Scalar is a physical quantity characterized only by its numerical value and does not depend on directional measurements.

Вектор – це фізична величина, яка характеризується як *чисельним значенням*, так і *напрямком*.

Радіус-вектор r – вектор, проведений з початку відліку координат до матеріальної точки, що характеризує *положення тіла у просторі*.

Переміщення Δr – це вектор, який з'єднує у просторі початкове та кінцеве положення матеріальної точки.

Шлях S – це *скалярна величина*, що дорівнює довжині ділянки траєкторії, яка пройдена рухомою точкою за даний проміжок часу.

Швидкість V – це *векторна фізична величина*, яка служить мірою прудкості руху та чисельно дорівнює відстані, яку проходить точка за одиницю часу. $[V]=[m/c]$.

Середня швидкість $V_{сep}$ – фізична величина, що дорівнює відношенню вектора переміщення Δr до проміжку часу Δt . За напрямком $V_{сep}$ збігається з переміщенням Δr і характеризує рух протягом усього проміжку часу Δt .

Миттєва швидкість V – фізична величина, яка характеризує прудкість руху у кожен момент часу. Вектор швидкості спрямований *вздовж дотичної* до траєкторії руху точки.

$$\bar{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\bar{V}_{сep}) = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Рівномірний рух – це такий рух, при якому модуль миттєвої швидкості руху матеріальної точки протягом усього часу не змінюється, $V=\text{const}$.

Нерівномірний (змінний) рух – такий рух, при якому модуль миттєвої швидкості руху матеріальної точки змінюється протягом часу, $V \neq \text{const}$.

Середнє прискорення $a_{сep}$ – фізична величина, яка дорівнює відношенню зміни швидкості до проміжку часу, протягом якого ця зміна відбулась:

Vector is a physical quantity specified both by *its numerical value* and *its direction*.

Radius vector r is a directed part of a straight line drawn from a zero-point of the coordinate frame of reference to a material particle and characterizing *its position in space*.

Displacement Δr is a *vector* connecting an initial position of a material particle and its final position.

Distance S is a *scalar quantity* equal to the part of the trajectory passed by a moving point for a given period of time.

Velocity V is a *vector physical quantity* serving as a measure of motion rate and equal to the distance passed by a particle per a time unit. $[V]=[m/s]$.

Average velocity V_{av} is a physical quantity equal to the ratio of a particle displacement vector Δr to a time unit Δt . By its direction V_{av} coincides with the displacement vector Δr and characterizes the motion during a time span Δt .

Instantaneous velocity V is a physical quantity characterizing *the motion rate* at a given instant of time. Velocity vector moves *tangentially* to the trajectory of a particle motion.

$$\bar{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\bar{V}_{av}) = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Uniform motion is the one when a modulus of an instantaneous velocity of a material particle motion *does not change* in time, $V=\text{const}$.

Non-uniform (variable) motion is the one when a modulus of an instantaneous velocity of a material particle motion *changes* in time, $V \neq \text{const}$.

Average acceleration a_{av} is a physical quantity equal to the ratio of *velocity change* to the time span when this change has taken place:

$$a_{\text{сеп}} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left[\frac{m}{s^2} \right].$$

$$a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left[\frac{m}{s^2} \right].$$

За напрямком $a_{\text{сеп}}$ збігається із ΔV .

Миттєве прискорення a – фізична величина, яка характеризує прудкість зміни швидкості у кожний момент часу:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\vec{a}_{\text{сеп}}) = \frac{d\vec{V}}{dt}.$$

By its direction, a_{av} coincides with ΔV .

Instantaneous acceleration a is a physical quantity characterizing a velocity change rate at a given point of time:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\vec{a}_{av}) = \frac{d\vec{V}}{dt}.$$

При **рівномірному прямолінійному** русі матеріальної точки її миттєва швидкість не залежить від часу ($V=\text{const}$) та у кожній точці траєкторії спрямована уздовж неї. Середня швидкість за будь-який проміжок часу дорівнює миттєвій швидкості матеріальної точки:

$$V_{\text{сеп}} = V = \frac{\Delta r}{\Delta t}, \Delta r = S = V \cdot \Delta t.$$

At a **constant motion** of a material particle its instantaneous velocity does not depend upon time ($V=\text{const}$), and in every point of the trajectory is directed along the latter. Average velocity at any time span is equal to the instantaneous velocity of a material particle:

$$V_{av} = V = \frac{\Delta r}{\Delta t}, \Delta r = S = V \cdot \Delta t.$$

При **рівнозмінному прямолінійному** русі прискорення матеріальної точки залишається сталим за величиною і напрямком ($a=\text{const}$). При цьому її середнє прискорення дорівнює миттєвому прискоренню і спрямоване уздовж траєкторії руху точки: $a_{\text{сеп}}=a$.

Рівноприскорений рух – такий, коли напрямком прискорення матеріальної точки збігається із напрямком її швидкості ($a>0$).

Рівносповільнений рух – такий, коли напрямки векторів швидкості та прискорення точки протилежні, а модуль швидкості зменшується з часом ($a<0$).

$$V = V_0 \pm a \cdot t,$$

де V_0 – початкова швидкість. Знак "-" відноситься до рівносповільненого руху. Для вектора переміщення:

$$\Delta \vec{r} = \vec{V}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}.$$

At the **uniformly variable straight-line motion**, material particle acceleration is constant by magnitude and direction ($a=\text{const}$). An average acceleration is here-with equal to the instantaneous acceleration and directed along the particle trajectory: $a_{av}=a$.

Uniformly accelerated motion is the one when a direction of material particle acceleration coincides with the direction of its velocity ($a>0$).

Uniformly decelerated motion is the one when directions of acceleration and velocity of a particle are in opposition, and the velocity modulus decreases in time ($a<0$).

$$V = V_0 \pm a \cdot t,$$

where V_0 is an initial velocity. The sign "-" is for a uniformly decelerated motion. For a displacement vector:

$$\Delta \vec{r} = \vec{V}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}.$$

Для пройденого шляху:

$$S = V_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}.$$

Якщо час руху t не заданий, то він може бути виражений із визначення прискорення через a та V , тоді:

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2 \cdot a}.$$

1.2 Вільне падіння тіл

Вільне падіння – це рух, що здійснює тіло тільки під дією сили тяжіння без урахування сили опору повітря. При падінні з малої від поверхні Землі висоти h , тіла рухаються із однаковим прискоренням $g=9,81$ м/с².

$V=V_0+g \cdot t$. Якщо $V_0=0$, то $V=g \cdot t$.

Шлях h , пройдений тілом при вільному падінні:

$$h = V_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}. \text{ Якщо } V_0=0, \text{ то } h = \frac{g \cdot t^2}{2}.$$

Модуль швидкості V після проходження шляху h :

$$V = \sqrt{V_0^2 + 2gh}. \text{ Якщо } V_0=0, \text{ то } V = \sqrt{2gh}.$$

Час t вільного падіння із висоти h :

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}.$$

Рух тіла, кинутого вертикально вгору

Швидкість V тіла у будь-який момент часу:

$$V=V_0+g \cdot t.$$

До найвищої точки підйому – рух рівносповільнений, а після неї – вільне падіння.

Час підйому t_n визначається із умови, що у точці максимального підйому $V=0$, тоді $t_n=V_0/g$.

For a path passed:

$$S = V_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}.$$

If the time of motion t is not given, it can be specified out of the determination of acceleration by a and V , then:

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2 \cdot a}.$$

1.2 Free Fall of Bodies

Free fall is a motion executed by a body only by gravity with no air resistance. When falling down from a small height h over the Earth's surface, bodies move with a constant acceleration $g=9.81$ m/s².

$V=V_0+g \cdot t$. If $V_0=0$, then $V=g \cdot t$.

The distance h covered by a body in a free fall is:

$$h = V_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}. \text{ If } V_0=0, \text{ then } h = \frac{g \cdot t^2}{2}.$$

Velocity modulus V after covering the distance h is:

$$V = \sqrt{V_0^2 + 2gh}. \text{ If } V_0=0, \text{ then } V = \sqrt{2gh}.$$

Time t of a free fall from the height h is:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}.$$

Motion of a Body Tossed Vertically up

Velocity V of a body at any instant time is:

$$V=V_0+g \cdot t.$$

Up to the highest point, a motion is uniformly decelerated, and after that, it is a free fall.

Time of raising t_{up} is calculated, if in a maximum raising point $V=0$, then $t_{up}=V_0/g$.

Максимальна висота H_{max} підйому тіла:

$$H_{max} = V_0 \cdot t_n - \frac{g \cdot t_n^2}{2} = \frac{V_0^2}{2g}.$$

Швидкість тіла $V_{na\partial}$ в момент його удару об Землю $V_{na\partial} = V_0$. Тривалість підйому тіла t_n дорівнює тривалості його падіння $t_{na\partial}$:

$$t_n = t_{na\partial} = \frac{V_0}{g}.$$

1.3 Рівномірний рух по колу

Це *найпростіший* криволінійний рух. При такому русі у даної матеріальної точки $V = \text{const}$.

Лінійна швидкість V – це швидкість, із якою точка рухається по колу.

Прискорення точки a_y постійне та спрямоване по радіусу кола до його центру. Воно називається **доцентровим прискоренням** і дорівнює:

$$a_y = \frac{V^2}{R}.$$

Кутова швидкість ω характеризує прудкість **обертання** тіла – кутове переміщення тіла за одиницю часу.

Середня кутова швидкість $\omega_{сер}$:

$$\omega_{сер} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \left[\frac{rad}{s} \right].$$

Миттєва кутова швидкість ω

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\omega_{сер}) = \frac{d\varphi}{dt}.$$

При **рівномірному русі по колу** $\omega = \omega_{сер}$, а кут повороту радіус-вектора матеріальної точки становить $\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$.

Період обертання T – це час одного повного оберту.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu,$$

Maximum height H_{max} of a body raising up is:

$$H_{max} = V_0 \cdot t_{up} - \frac{g \cdot t_{up}^2}{2} = \frac{V_0^2}{2g}.$$

Velocity of a body V_{down} at the moment of its shock upon the Earth's surface is $V_{down} = V_0$. The time of uprising t_{up} equals to the time of falling down t_{down} :

$$t_{up} = t_{down} = \frac{V_0}{g}.$$

1.3 Uniform Gyration

That is *the simplest* curvilinear motion. In such a motion for a given material particle $V = \text{const}$.

Linear velocity V is the one at which a body moves round a circle (gyrates).

Acceleration of a point a_c is constant and is directed along the circle radius to the circle centre. It is called a **centripetal acceleration** and is equal to:

$$a_c = \frac{V^2}{R}.$$

Angular velocity ω characterizes the *rate of rotation* of a body expressed as the angle displacement of the body per a time unit.

Average angular velocity ω_{av} :

$$\omega_{av} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \left[\frac{rad}{s} \right].$$

Instantaneous angular velocity ω

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\omega_{av}) = \frac{d\varphi}{dt}.$$

At a **uniform motion round a circle** $\omega = \omega_{av}$, and a turning angle of a radius vector of a material particle is $\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$.

Period of revolution T is the time of one complete turn.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu,$$

де ν – частота обертання, тобто кількість обертів за одиницю часу.

Зв'язок між *лінійною* і *кутовою* швидкостями матеріальної точки:

$$S = V \cdot \Delta t \text{ та } S = R \cdot \Delta \varphi. \text{ Звідки, } V = R \cdot \omega$$

1.4 Динаміка матеріальної точки

Динаміка – це розділ механіки, який вивчає механічний рух з урахуванням взаємодії тіл між собою. В основі динаміки лежать *три закони Ньютона*, справедливі для макроскопічних тіл, які рухаються із малими швидкостями ($V \ll c$).

Перший закон Ньютона (закон інерції): існують системи відліку, в яких всі тіла перебувають у стані спокою, або рівномірного та прямолінійного руху, якщо на них не діють інші тіла або дія інших тіл скомпенсована.

Інерцією називається явище збереження тілом стану спокою або рівномірного прямолінійного руху *при відсутності* (або *компенсації*) зовнішніх впливів на нього.

Системи відліку, у яких виконується перший закон Ньютона, називають **інерціальними**.

Принцип відносності Галілея: ніякими механічними дослідами, здійсненими *усередині* інерціальної системи відліку, неможливо встановити – чи знаходиться ця система у спокої або рухається рівномірно і прямолінійно.

Неінерціальна система відліку – це будь-яка система відліку, яка рухається із прискоренням a відносно інерціальної системи відліку.

Маса тіла m – міра його інерційних і гравітаційних властивостей. У класичній механіці (при русі із малими швидкостями $V \ll c$) маса тіла не залежить від швидкості його руху ($m = \text{const}$). Маса тіла дорівнює сумі мас часток або матеріальних точок, із яких воно складається.

where ν is a *frequency of rotation* that is a number of revolutions per a time unit.

Relation of *linear* and *angular* velocity of a material particle is:

$$S = V \cdot \Delta t \text{ and } S = R \cdot \Delta \varphi. \text{ Whence, } V = R \cdot \omega$$

1.4 Dynamics of a Material Particle

Dynamics is a branch of mechanics dealing with the mechanical motion *regarding the interaction* of bodies and forces producing the motion. Dynamics is based on *three Newton's laws*, which are suitable for macroscopic bodies moving at low velocities ($V \ll c$).

The first Newton's law (the law of inertia): There are the reference systems in which all bodies are at rest or in the uniform and rectilinear motion if other bodies have no action upon them or the action of other bodies is compensated.

Inertia is a tendency of a body to resist changes in its state of rest or in its straight-line uniform motion *under the absence* (or *compensation*) of external (impressed) forces.

Reference systems, in which the first Newton's law runs, are called **inertial**.

Galileo's principle of relativity states that no mechanical experiments performed *inside* an inertial reference system can establish either this system is in its state of rest or moves uniformly and linearly.

Non-inertial reference system is any reference system, which *moves with acceleration a* as to an inertial reference system.

Body mass m is a measure of its inertial and gravitational properties. In classical mechanics (at the low velocities $V \ll c$) body mass *doesn't depend on its velocity of motion* ($m = \text{const}$). A body mass is equal to the *sum of masses* of particles or material points the body consists of.

Закон збереження маси: маса системи тіл залишається постійною при будь-яких процесах між тілами цієї системи.

Густиною матеріалу ρ називається маса, яка міститься у одиниці його об'єму, тобто:

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right].$$

Силою F називають *векторну* фізичну величину, яка служить мірою впливу на тіло з боку інших тіл або полів. $[F]=[H]$.

Сила характеризується *величиною, напрямком і точкою прикладання*. Під дією сил тіло може або *змінювати свою швидкість* (динамічне проявлення сил), або деформуватись - *змінювати свою форму і розміри* (статичне проявлення).

У фізиці розрізняють *чотири типи* взаємодій (сил):

1) **Гравітаційні** – обумовлені наявністю у тіл мас.

2) **Електромагнітні** – обумовлені наявністю у тіл або частинок *електричних зарядів*.

3) **Сильні** – між частинками, із яких складаються ядра атомів - *нуклонами*, або між *мезонами* та *гіперонами*.

4) **Слабкі** – характеризують процеси перетворення деяких елементарних частинок.

В курсі механіки розглядаються *гравітаційні сили* (сили тяжіння) і *електромагнітні сили* (сили пружності та сили тертя).

1.5 Сили у механіці

1) **Гравітаційні сили** (сили притягання). **Закон Всесвітнього тяжіння:** всі тіла притягаються одне до одного із силою, прямопропорційною добутку їхніх мас та обернено пропорційною квадрату відстані між ними:

Law of conservation of mass states that the total mass of a system is constant no matter what changes occurs in the system.

Density of the material d is the mass per unit volume of a substance or material, that is:

$$d = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right].$$

Force F is a *vector* physical quantity, which is a measure of mechanical action on a body on the side of other bodies or fields. $F=[N]$.

Force is characterized by *a quantity, direction, and point of application*. Force can cause a body either *to change its velocity* (dynamic development of forces) or to deform, that is *to change its shape and sizes* (static development of forces).

There are **four types** of interactions (forces) in physics:

1) **Gravitational** ones occur between bodies or particles as a result *of their masses*.

2) **Electromagnetic** ones arise between bodies or particles as a result *of electric charges*.

3) **Strong** ones occur between the particles atomic nuclei consist of - *nucleons* or between *mesons* and *superprotons*.

4) **Weak** ones are characteristic of transformation processes of some elementary particles.

In the course of mechanics only *gravitation* (attraction) *forces* and *electromagnetic forces* (elastic and friction forces) are considered.

1.5 Forces in Mechanics

1) **Gravitational forces** (attraction). **Law of universal gravitation** states that the force of attraction between any two bodies is directly proportional to the product of their masses and inversely proportional to the squared distance between them:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

де $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ – *гравітаційна стала*. Поблизу поверхні Землі тіло масою m притягається до неї із силою:

$$P = G \frac{m_1 \cdot M_3}{R_3^2},$$

де M_3 – маса Землі, R_3 – її радіус. Величина $G \cdot M_3/R_3^2 = g$ називається *прискоренням вільного падіння* $g=9,81 \text{ м/с}^2$. **Силою тяжіння** називається сила, з якою тіло притягається до Землі:

$$P = m \cdot g.$$

2) **Сили пружності** – це сили, які виникають при *пружній* (гуковській) деформації тіла. Деформація називається **пружною**, якщо після припинення дії сил тіло повністю відновлює форму. **Пластична** деформація залишається в тілі після припинення дії сил.

Види деформацій тіл: розтяг, стиснення, вигин, крутіння, зсув.

Сила пружності, яка діє на *лежаче тіло* з боку опори, має назву **сила реакції опори** N , а яка діє на підвішене тіло з боку підвісу – **сила натягу** T .

Сили пружності мають **електромагнітну природу**.

Закон Гука: сила пружності, яка виникає при деформації тіла, *пропорційна* видовженню (стиску) тіла і *протилежна* йому за напрямком:

$$F_{np} = -k \cdot \Delta x.$$

Коефіцієнт пропорційності k носить назву **жорсткості** і *залежить від* розмірів, форми, матеріалу тіла.

3) **Сили тертя** виникають між поверхнями стичних тіл та перешкоджають їхньому взаємному переміщенню. При всіх видах тертя сила $F_{тр}$ спрямована *уздовж* поверхні дотичних тіл і *протилежна*

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

where $G=6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ is the *gravitational constant*. Near the Earth's surface a body having mass m is attracted to it with the force:

$$P = G \frac{m_1 \cdot M_E}{R_E^2},$$

where M_E is the Earth's mass, R_E is its radius. The quantity $G \cdot M_E/R_E^2 = g$ is called a *free fall acceleration* $g=9.81 \text{ м/с}^2$. **Gravitational force** is the force a body is attracted to the Earth:

$$P = m \cdot g.$$

2) **Elastic forces** are the ones emerging under *elastic* (Hooke) deformation of a body. Deformation *is elastic* if a material *completely recovers* its dimensions, when the stress is removed. **Plastic (residual)** deformation *preserves* in a body, when the strain is removed.

Kinds of body deformation: strain, compression, bend, torsion, shift.

An elastic force affecting a *lying body* on the side of a support is called **supporting force** N , and the one affecting a *suspended body* is called **tension force** T .

Elastic forces have **an electromagnetic nature**.

Hook's law: the principle that the strain produced in an elastic material is *proportional* to the stress producing it and *opposite* it by direction:

$$F_{el} = -k \cdot \Delta x.$$

Coefficient of proportionality k is called **stiffness** and *depends on* a body sizes and shape as well as on its material.

3) **Frictional forces** are forces that tend to oppose the relative motion of two surfaces in contact. At every kind of friction F_{fr} is directed *along the planes* of bodies in contact and *is opposite* to the velocity of

швидкості їхнього відносного переміщення.

Сухе тертя – це тертя між поверхнями дотичних тіл. Воно поділяється на: а) *тертя спокою* – тертя при відсутності переміщення тіл; б) *тертя ковзання* – тертя при відносному русі тіл.

Рідке (в'язке) тертя – тертя між поверхнею твердого тіла і оточуючим його рідким (або газоподібним) середовищем, у якому воно рухається.

Сила тертя ковзання між двома поверхнями пропорційна силі нормального тиску (реакції опори N), яка притискає обидві поверхні:

$$F_{mp} = \mu \cdot N,$$

де μ - коефіцієнт тертя ковзання. Визначається експериментально.

Якщо на тіло (матеріальну точку) одночасно діють декілька сил, вони можуть бути замінені їхньою *векторною сумою* - *рівнодієюною силою*.

Принцип незалежності дії сил: якщо на тіло діють одночасно декілька сил, дію кожної із них можна розглядати *незалежно* від дії інших.

Другий закон Ньютона (основний закон динаміки матеріальної точки): прискорення, якого набуває тіло в інерціальній системі відліку, *прямо пропорційне* діючій на нього силі (рівнодіяній силі), *обернено пропорційне* масі тіла і *збігається* за напрямком із напрямком цієї сили:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}, \quad \vec{F} = m \cdot \vec{a}, \quad [H] = \left[\frac{kg \cdot m}{s^2} \right].$$

$$F = m \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad F \Delta t = mV - mV_0 = \Delta p.$$

Імпульс сили – величина, що дорівнює **додатку сили** на час її дії $F \cdot \Delta t$.

their relative motion.

Dry friction is friction between the surfaces of two solids in contact. It is divided into: a) *static friction* - that is friction, when bodies in contact do not move; b) *sliding friction* - that is friction at the relative motion of bodies.

Fluid (viscous) friction is friction between a solid surface and a liquid (or gaseous) medium in which a solid moves.

A sliding friction force between surfaces is proportional to the force of a *normal pressure* (a normal reaction of a support N), pressing two surfaces:

$$F_{fr} = \mu \cdot N,$$

where μ is a sliding friction coefficient. It's estimated *experimentally*.

If some forces affect a particle (material point) simultaneously, they can be replaced by a *vector sum* that is a **resultant force**.

Principle of freedom of force action:

If some forces synchronously act a body, the action of each of these forces can be considered *independently* of the action of other forces.

The second Newton's law (the main law of the particle dynamics): the acceleration obtained by a material point in the inertial reference system is *proportional* to the force acting on the point (or their resultant), *inversely proportional* to the body mass and *coincides* with the force direction:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}, \quad \vec{F} = m \cdot \vec{a}, \quad [N] = \left[\frac{kg \cdot m}{s^2} \right].$$

$$F = m \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad F \Delta t = mV - mV_0 = \Delta p.$$

Momentum of force is the product of force and the time of its action $F \cdot \Delta t$.

Імпульс тіла – векторна величина, яка дорівнює добутку маси тіла на його швидкість: $\mathbf{p} = m \mathbf{V}$.

Momentum of a body is a vector quantity equal to the product of the body's mass and its velocity: $\mathbf{p} = m \mathbf{V}$.

Більш загальна форма **другого закону Ньютона**: швидкість зміни імпульсу тіла (похідна імпульсу за часом) дорівнює силі (рівнодійній силі), що діє на тіло:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}.$$

Третій закон Ньютона: сили взаємодії між двома частинками рівні по модулю, протилежні за напрямком і спрямовані уздовж прямої, яка з'єднує ці частинки:

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}.$$

1.6 Механічна робота

Роботою A сталої сили називається скалярна фізична величина, яка дорівнює добутку модулів сили F , переміщення Δr і косинуса кута між ними:

$$A = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha.$$

Якщо кут α гострий ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$), то $A > 0$.

Якщо кут α тупий ($90^\circ < \alpha < 180^\circ$), $A < 0$.

Якщо кут α прямий ($\alpha = 90^\circ$), то $A = 0$.

$$[A] = [1 \text{ Н} \cdot \text{м}] = [1 \text{ Дж}].$$

Середня потужність $P_{\text{сеп}}$ – фізична величина, що характеризує прудкість здійснення роботи:

$$[P_{\text{сеп}}] = \frac{\Delta A}{\Delta t}, [P] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{с}} \right] = [Bm].$$

Миттєва потужність P :

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (P_{\text{сеп}}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right) = \frac{dA}{dt}.$$

Якщо рух **рівномірний** ($V = \text{const}$), то

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot r \cdot \cos \alpha}{t} = F \cdot V \cdot \cos \alpha.$$

The more common form of the **second Newton's law** is: the rate of change of a body's momentum is equal to the force (or their resultant), acting on it:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}.$$

The third Newton's law: interacting forces of two particles are equal by modulus, opposite by direction, and are directed along the straight line connecting these particles:

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}.$$

1.6 Mechanical Work

Work A of a constant force is a scalar physical quantity equal to the product of the modulus of force F , displacement Δr and cosine of the angle contained by them:

$$A = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha.$$

If α is acute ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$), then $A > 0$.

If α is obtuse ($90^\circ < \alpha < 180^\circ$), then $A < 0$.

If α is right ($\alpha = 90^\circ$), then $A = 0$.

$$[A] = [1 \text{ N} \cdot \text{m}] = [1 \text{ J}].$$

Average power P_{av} is a physical quantity characterizing the rate of work performance:

$$[P_{\text{av}}] = \frac{\Delta A}{\Delta t}, [P] = \left[\frac{\text{J}}{\text{s}} \right] = [Wt].$$

Instantaneous power P :

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (P_{\text{av}}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right) = \frac{dA}{dt}.$$

If the motion is **uniform** ($V = \text{const}$), then

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot r \cdot \cos \alpha}{t} = F \cdot V \cdot \cos \alpha.$$

1.7 Закон збереження імпульсу

Внутрішніми називаються **сили**, які діють між частинами деякої системи тіл, яка розглядається.

Зовнішніми називаються **сили**, які діють на тіла даної системи з боку інших тіл, які не входять у цю систему.

Замкнутою (ізолюваною) системою називається система тіл, на яку не діють зовнішні сили.

Імпульс системи p , яка складається із n -тіл (або матеріальних точок), дорівнює **сумі імпульсів** всіх тіл (точок) цієї системи:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \vec{V}_i.$$

Закон збереження імпульсу: в інерціальній системі відліку сумарний імпульс замкнутої системи тіл не змінюється із часом при будь-яких взаємодіях тіл системи між собою:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \text{const.}$$

1.8 Механічна енергія

Енергією називається **скалярна** фізична величина, яка є мірою **різних форм руху матерії** та мірою переходу руху матерії із одних форм у інші.

Механічна енергія E характеризує рух і взаємодію тіл, є функцією швидкостей і взаємного розташування тіл, дорівнює сумі **кінетичної K** та **потенціальної P** енергій.

Кінетична енергія K тіла або i -тої матеріальної точки є мірою їхнього **механічного руху**, яка залежить від швидкості руху в даній інерціальній системі відліку:

$$K_i = \frac{m_i \cdot V_i^2}{2} = \frac{p_i^2}{2m_i}.$$

1.7 Law of Momentum Conservation

Internal forces are those acting between parts of some body system under consideration.

Impressed forces are those acting on bodies of a system on the side of the bodies not belonging to this system.

A system of bodies is called **closed (isolated)** if no impressed forces influence it.

Momentum of a system p comprising n -bodies (or particles) equals to the sum of momentums of all bodies (particles) of the system:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \vec{V}_i.$$

The law of momentum conservation: in an inertial reference system the total momentum of a closed system is constant in time at any interactions of system bodies:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \text{const.}$$

1.8 Mechanical energy

Energy is a scalar physical quantity, which is a measure of different forms of motion of matter and a measure of a matter motion transition from one form into the others.

Mechanical energy E characterizes motion and interaction of bodies, and is a function of velocities and a positional relationship of bodies. It equals to the sum of kinetic K and potential P energies.

Kinetic energy K of a body or an i -th material particle is a measure of their **mechanical motion** which is dependent on the velocity of motion in a given inertial reference system:

$$K_i = \frac{m_i \cdot V_i^2}{2} = \frac{p_i^2}{2m_i}.$$

Значення кінетичної енергії тіла *залежить* від вибору системи відліку, *але завжди* $K > 0$.

Теорема про кінетичну енергію: зміна кінетичної енергії тіла при його переході із одного положення в інше дорівнює роботі всіх сил, які діють на це тіло:

$$A = \Delta K = K_2 - K_1.$$

Робота будь-яких сил є *мірою зміни кінетичної енергії тіла*. Якщо $A > 0$, то й $\Delta K > 0$, тобто дія таких сил приводить до збільшення кінетичної енергії тіла. І навпаки.

Потенціальна енергія P – частина механічної енергії, яка *залежить від* взаємного розташування тіл (або частин тіла) та їхнього положення у зовнішньому силовому полі. Вона може *приймати позитивне, негативне значення, або дорівнювати нулю*.

Потенціальними називаються *сили*, робота яких *залежить тільки від* початкового та кінцевого положення рухомої матеріальної точки, *і не залежить від* форми траєкторії руху.

На *замкнутій траєкторії* робота такої сили завжди *дорівнює нулю*. До **потенціальних** відносяться сили *тяжіння, пружності, електростатичні* сили та інші.

Непотенціальними називаються *сили*, робота яких *залежить від* форми траєкторії. На *замкнутій траєкторії* робота таких сил *відмінна від нуля*. До **непотенціальних** сил відносяться сили тертя, опору і деякі інші.

Система тіл називається **консервативною**, якщо *всі сили*, які діють на тіла цієї системи, є *потенціальними*.

Мірою зміни потенціальної енергії системи при переході із одного стану у інший, є *робота потенціальних сил*, які здійснюють взаємодію між тілами системи. Отже, **робота потенціальних сил**

Values of a body kinetic energy are dependent on the choice of the reference system, but always $K > 0$.

Theorem of kinetic energy: a change in a body kinetic energy when it is going over from one position into the other one is equal to the work of all forces acting on the body.

$$A = \Delta K = K_2 - K_1.$$

Work of any forces is *a measure of a change in a body kinetic energy*. If $A > 0$, then $\Delta K > 0$ and the action of such forces results in increasing a body kinetic energy. And vice versa.

Potential energy P is a part of mechanical energy *dependent on* a relative position of bodies (or elements of one body) and their position in the external field of forces. It can be both *positive and negative and equal to zero, too*.

Potential forces are those the work of which is *only dependent on* the initial and final positions of a moving material particle and *is not dependent on* the trajectory form.

On a *circular path* the work of this force is always *equal to zero*. **Potential forces** are *gravity forces, elastic forces, electrostatic forces* and others.

Non-potential forces are those the work of which *is dependent on the trajectory form*. On a circular path, the work of such forces *differs from zero*. **Non-potential forces** are *frictional forces, resistance forces* and some others.

A system of bodies is called **conservative** if *all forces* acting on a system bodies are *potential*.

Measure of change of a system potential energy in its going over from one state into the other one is *the work of potential forces* which interact between the system elements. Thereby **the work of po-**

дорівнює зміні потенціальної енергії системи при її переході із одного положення в інше, узятій зі **зворотним** знаком:

$$A_{\text{ном}} = -\Delta\Pi = -(\Pi_2 - \Pi_1) = \Pi_1 - \Pi_2.$$

Потенціальна енергія Π **гравітаційної взаємодії** двох матеріальних точок, масами m_1 та m_2 , які знаходяться на відстані r :

$$\Pi = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r}.$$

Потенціальна енергія Π **гравітаційної взаємодії** тіла масою m із Землею **для малих висот** h ($h \ll R_E$) становить:

$$\Pi = m \cdot g \cdot h.$$

Потенціальна енергія Π **пружних взаємодій** становить:

$$\Pi = \frac{k \cdot (\Delta x)^2}{2},$$

де k - жорсткість, Δx - величина пружної деформації.

Закон збереження механічної енергії: механічна енергія консервативної системи **зберігається постійною** в процесі руху цієї системи:

$$E_{\text{мех}} = K + \Pi = \text{const.}$$

Цей закон справедливий для **замкнутих і незамкнутих консервативних систем**.

Для **замкнутої неконсервативної системи** виконується закон збереження повної енергії W , рівній сумі механічної E і внутрішньої U енергій системи (U характеризує немеханічні форми руху матерії):

$$W = E + U = \text{const.}$$

У **незамкнутій неконсервативній системі** закон збереження механічної енергії **не виконується**. Зміна механічної енергії такої системи $E_{\text{мех}}$ дорівнює су-

tential forces equals to a change of a system potential energy when the system is going over from one state into the other, it being taken with the opposite sign:

$$A_{\text{пот}} = -\Delta P = -(P_2 - P_1) = P_1 - P_2.$$

Potential energy P of the **gravity interaction** of two material particles of masses m_1 and m_2 and being at the distance r is:

$$P = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r}.$$

Potential energy P of the **gravity interaction** of a body with a mass m and the Earth **for small heights** h ($h \ll R_E$) is:

$$P = m \cdot g \cdot h.$$

Potential energy P of **elastic interactions** is:

$$P = \frac{k \cdot (\Delta x)^2}{2},$$

where k is rigidity, Δx is elastic deformation value.

Law of conservation of mechanical energy: the total mechanical energy of a conservative system is always constant at any motion of this system:

$$E_{\text{mech}} = K + P = \text{const.}$$

This law is right both for **closed and unenclosed (open) conservative systems**.

In a **closed non-conservative system** the law of conservation of full energy which is equal to the sum of mechanical E and internal U energies of the system (U characterizes non-mechanical forms of the material motion) is valid:

$$W = E + U = \text{const.}$$

In an **unclosed non-conservative system** the law of conservation of mechanical energy is **invalid**. A change of mechanical energy ΔE_{mech} of such a system is

мартній роботі внутрішніх і зовнішніх непотенційних сил:

$$\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{внутр непот}}^{\text{внутр}} + A_{\text{непот}}^{\text{зовн}},$$

і супроводжується зміною внутрішньої енергії системи.

1.9 Статика

Статика – розділ механіки, який вивчає умови рівноваги матеріальних точок, тіл та їх систем.

Умовою рівноваги матеріальної точки є рівність нулю суми всіх сил F_i , що діють на цю точку:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0.$$

Система двох рівних **по модулю** антипаралельних сил F_1 та F_2 називається **парою сил**. Пара сил характеризується **моментом пари** M , причому $M = F_1 \cdot d = F_2 \times d$, де d – відстань між лініями дії сил, яку називають **плечем пари**. Пара сил спричиняє **обертальний рух** тіла і не може змінити його поступального руху.

Умовою рівноваги абсолютно твердого тіла із закріпленою (нерухомою) віссю обертання є рівність нулю алгебраїчної суми моментів M всіх зовнішніх сил щодо цієї осі (**правило моментів**):

$$\sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0.$$

Умовою рівноваги абсолютно твердого тіла, яке може рухатись **поступально**, а також **обертатись** навколо деякої осі, є **одночасне** дотримання двох умов:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0, \quad \sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0.$$

Рівновага тіла у деякому стані називається **стійкою**, якщо при будь-якому ма-

equal to the total work of internal and impressed non-potential forces,

$$\Delta E_{\text{mech}} = A_{\text{непот}}^{\text{inter}} + A_{\text{непот}}^{\text{impr}},$$

and is accompanied by a change of the system internal energy.

1.9 Statics

Statics is a branch of mechanics concerned with the properties of material particles, bodies or systems *in equilibrium*.

An equilibrium state of a body is the state, when it has no resultant force acting on it:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0.$$

A system of two *equal by modulus anti-parallel forces* F_1 and F_2 is called a **couple of forces** which is characterized by a **moment of couple** M , and $M = F_1 \cdot d = F_2 \cdot d$, where d is the distance between the lines of force action which is called **arm of a couple**. A couple of forces produces a **turning effect** of a body and cannot change its translational motion.

Equilibrium condition of a perfectly rigid body with a fixed (unstable) axis of rotation is the condition when algebraic sum of the individual moments M of all impressed forces as to this axis is equal to zero (**the rule of moments**), that is:

$$\sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0.$$

Equilibrium condition of a perfectly rigid body which can *move steadily* as well as *turn on some axis*, is a **simultaneous** observance of two statements:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0, \quad \sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0.$$

Equilibrium of a body in some position is called **stable**, if at any small deviation of the body from this position, there

лому відхиленні тіла від цього стану, виникають сили або моменти сил, які повертають його у початковий стан.

Рівновага тіла у деякому положенні називається **нестійкою**, якщо при деяких малих відхиленнях тіла від цього положення, виникають сили або моменти сил, які намагаються *ще більше відхилити його від початкового положення*.

Рівновага тіла у деякому положенні називається **байдужим**, якщо при будь-яких малих відхиленнях тіла від цього положення, *не виникає сил або моментів сил*, які намагаються повернути його у початковий стан або ще більше віддалити від цього стану.

1.10 Елементи гідроаеростатики

Гідроаеростатика вивчає умови і закономірності рівноваги рідин та газів під дією прикладених до них сил і умови рівноваги твердих тіл, які знаходяться у рідинах або газах. Конкретна будова рідини або газу при цьому *не враховується*, і вони розглядаються, як **суцільні середовища**, безперервно розподілені у просторі.

Відмінною рисою рідин є їхня **плинність**, яка зв'язана із малими силами тертя при відносному русі дотичних шарів. Зміні об'єму суцільного середовища перешкоджають *сили пружності*, які завжди *перпендикулярні* площі взаємодії шарів рідини та газу між собою або із твердими тілами.

Взаємодії у гідроаеростатиці характеризуються **тиском** p – фізичною величиною, рівною відношенню модуля сили F , яка діє перпендикулярно поверхні, до її площі S :

$$[p] = \frac{F}{S} \left[\frac{H}{m^2} \right] = [Pa].$$

Позасистемна одиниця тиску - мм.рт.ст. (760 мм.рт.ст.=1,01 · 10⁵ Па).

occur forces or moments of forces tending to move the body into its initial state.

Equilibrium of a body in some position is called **unstable**, if at some small deviations of the body from this position, there occur forces or moments of forces tending *more and more to move the body from its initial position*.

Equilibrium of a body in some position is called **indifferent**, if at any small deviations of the body from this position, there occur *no forces or moments of forces* causing the body to move into its initial state or to move it further from its initial position.

1.10 Elements of Fluid Aerostatics

Fluid Aerostatics deals with the conditions and mechanism of the equilibrium of liquids and gases affected by the forces imposed on them, and with the conditions of equilibrium of solids in liquids (gases). A concrete structure of a liquid or gas is *neglected*, and they are considered as **continuous media** continuously distributed in the space.

A distinctive feature of liquids is their **fluidity** that is related to small frictional forces under a relative motion of contacting layers. A change in the volume of a continuous medium is impeded by *elastic forces* that are *always perpendicular* to the square of interaction of a liquid and gas layers between each other or with solids.

Interactions in Fluid Aerostatics are characterized by **pressure** p – a physical quantity equal to the ratio of a modulus of the force F acting perpendicularly to the surface to its square S :

$$[p] = \frac{F}{S} \left[\frac{N}{m^2} \right] = [Pa].$$

The off-system unit of pressure is mm.Hg. (760 mm.Hg=1.01·10⁵ Pa).

Закон Паскаля: всі рідини та гази передають здійснюваний на них тиск *в усіх напрямках однаково*. На основі закону Паскаля працюють **гідравлічні машини** (домкрати, преси та інші). В гідравлічних машинах *виграш у силі* відбувається у стільки разів, у скільки площа великого поршня S_2 більша за площу малого поршня S_1 , тобто:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Гідростатичним називається тиск, спричинений силою тяжіння рідини і залежний від глибини під поверхнею рідини:

$$p = \rho \cdot g \cdot h,$$

де ρ - густина рідини, g - прискорення вільного падіння, h - висота стовпа рідини.

Посудини довільної форми, з'єднані у нижній своїй частині, називаються **сполученими посудинами**.

Закон сполучених посудин: висоти стовпів *різнорідних рідин* у сполучених посудинах *обернено пропорційні* густинам цих рідин:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

Закон Архімеда: на тіло, яке занурене у рідину або газ, діє виштовхуюча сила, яка спрямована *вертикально вгору* та дорівнює *вазі рідини*, витісненої цим тілом:

$$F_A = \rho_p \cdot g \cdot V,$$

де ρ_p - густина рідини, V - об'єм зануреного тіла.

Умова плавання тіл: тіло, занурене в рідину, перебуває у *рівновазі*, якщо сила

The Pascal law: all liquids and gases transfer the pressure imposed on them *to all directions equally*. **Hydraulic machines** used as presses, jacks, as well as in breaking systems etc. operate on the base of the Pascal law. A hydraulic machine *advantage in force* is the square of a large piston S_2 to the square of a small piston S_1 , that is:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Hydrostatic pressure is the pressure caused by a liquid gravitational force and dependent on *the depth* below the liquid surface:

$$p = d \cdot g \cdot h,$$

where d is a liquid density, g is free fall acceleration; h is the height of the liquid.

Vessels of an arbitrary form having their bottoms connected are called **communicating vessels**.

The law of communicating vessels states that the heights of *heterogeneous liquids* in the communicating vessels are *inversely proportional* to the densities of these liquids:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_1}{d_2}.$$

Archimedes' principle states that a body immersed into a liquid or gas is acted by a buoyancy force directed *vertically upward* and equal to *the weight of the liquid*, displaced by this body:

$$F_A = d_L \cdot g \cdot V,$$

where d_L is the liquid density, V is a body volume.

A condition of bodies swimming: a body immersed in a liquid is *in equilibrium*.

тяжіння P **урівноважується** виштовхуючою силою F_A , тобто:

$$P=F_A.$$

При $P>F_A$ - тіло тоне (опускається вниз).
При $F_A>P$ - тіло спливає вгору доти, поки не буде виконана умова:

$$P=\rho_p g \cdot V_3,$$

де V_3 - об'єм зануреної в рідину частини тіла.

Розділ 2 ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ

2.1 Молекулярно-кінетична теорія

Молекулярно-кінетична теорія - це учення, що пояснює будову і властивості тіл рухом та взаємодією атомів і молекул, із яких складаються тіла. У її основі лежать *три основних положення*:

- 1) Всі тіла складаються із частинок – атомів і молекул.
- 2) Всі ці частинки перебувають у неперервному хаотичному русі.
- 3) Між частинками тіла існують сили взаємодії - притягання та відштовхування.

Атомом називається *найменша частинка* даного хімічного елемента, яка може брати участь у хімічній реакції.

Молекулою називається найменша стійка частка даної речовини, яка володіє її основними хімічними властивостями.

Кількість речовини - фізична величина, обумовлена кількістю атомів або молекул, із яких складається речовина. Одиниця кількості речовини - *моль*. Число атомів або молекул у *1 молі* будь-якої речовини однакове і називається **сталю Авогадро** N_A .

$$N_A=6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль.}$$

Молярна маса речовини – це маса одного її моля: $\mu = m_0 N_A$, де m_0 – маса

um if a gravitational force P is *counter-balanced* by a buoyancy force F_A , that is

$$P=F_A.$$

If $P>F_A$, a body *sinks* (goes down). If $F_A>P$, a body *comes to the surface* (goes up) until the condition is satisfied:

$$P=d_L g \cdot V_i,$$

where V_i is a volume of the body part *immersed* in a liquid.

Section 2 FUNDAMENTALS OF MOLECULAR PHYSICS

2.1 Molecular-kinetic theory

Molecular-kinetic theory is the teaching which explains the structure and properties of bodies by the motion and interaction of atoms and molecules bodies consist of. It is based on *three main statements*: 1) All bodies consist of particles – atoms and molecules.

2) All these particles are in a continuous random motion.

3) Between bodies particles there are interacting forces that is attractive and repulsive forces.

Atom is the *smallest amount* of a chemical element that can take part in a chemical reaction.

Molecule is the smallest amount of a chemical compound that is capable of independent existence.

Amount of substance is a physical quantity determined by the number of atoms or molecules present. Amount of a substance is always measured *in moles*. The number of atoms or molecules *in 1 mole* of any substance is the same and is called the **Avogadro constant** N_A .

$$N_A=6.02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol.}$$

Molar mass of a substance $\mu = m_0 N_A$ is the mass of its one mole, where m_0 is

атома (або молекули) речовини. *Кількість молів* речовини ν масою M визначається так:

$$\nu = \frac{M}{\mu} \left[\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right].$$

Тепловим рухом називається хаотичний рух атомів і молекул у газах, рідинах, твердих тілах. Швидкість теплового руху частинок речовини *зростає* при *підвищенні* температури.

Ідеальним газом називається газ, молекули якого *не мають розмірів* (є матеріальними точками) та між якими *відсутні* сили взаємодії.

Для сукупності всіх молекул вводяться поняття **середніх швидкостей**, які характеризують газ при даній температурі:

1) **Середня арифметична швидкість**:

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}},$$

де R – універсальна газова стала. $R=8,31$ Дж/моль·К.

2) **Середня квадратична швидкість**:

$$V_{кв} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}},$$

де μ – молярна маса.

Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів (рівняння Клаузіуса):

$$p = \frac{1}{3} n \cdot m_0 \cdot V_{кв}^2 \quad \text{або} \quad p = \frac{2}{3} n \cdot \bar{E}$$

де p – тиск газу, n – концентрація його молекул ($n=N/V$ – кількість молекул у одиниці об'єму), m_0 – маса однієї молекули, \bar{E} – середнє значення кінетичної енергії молекул.

Фізичні величини, які *однозначно* визначають стан системи тіл (або частинок) називаються **термодинамічними параметрами**.

Стан системи називається **рівноваж-**

an atom (or molecule) mass of the substance. A number of moles ν of a substance of the mass M is found to be:

$$\nu = \frac{M}{\mu} \left[\frac{\text{кг}}{\text{mol}} \right].$$

Thermal motion is the random motion of atoms and molecules in gases, liquids and solids. Velocity of thermal motion of particles is proportional to temperature increase.

Ideal gas (perfect gas) is a gas whose molecules have no sizes (they are material points) and between them there are no forces of interaction.

For a set of all molecules there are concepts of **average velocities** characterizing a gas at a given temperature:

1) **An average arithmetic velocity**:

$$V_{av} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}},$$

where R is a gas constant. $R=8.31$ J/mol×K.

2) **A root-mean-square velocity**:

$$V_{sq} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}},$$

where μ is a gas molar mass.

The basic equation of the molecular-kinetic theory of gases is

$$p = \frac{1}{3} n \cdot m_0 \cdot V_{sq}^2 \quad \text{or} \quad p = \frac{2}{3} n \cdot \bar{E}$$

where p is pressure caused by gas, n is concentration of gas molecules ($n=N/V$ – a number of molecules in a volume unit), m_0 is one molecule mass, \bar{E} – average kinetic energy of molecules.

Physical quantities *uniquely* determining the state of a system of bodies (or particles) are called **thermodynamical parameters**.

The state of the system is called **equi-**

ним, якщо система може знаходитись в ньому як *завгодно довго*. Стан системи характеризується основними **трьома термодинамічними параметрами стану**: об'ємом V , тиском p і температурою T .

Об'єм V характеризує частину простору, яку займає система.

Тиск p – це фізична величина, що дорівнює силі F , яка діє при зіткненні з боку молекул газу на одиницю площі поверхні S стінок **сосуду, у якому знаходиться газ**.

Температура T є мірою *середньої кінетичної енергії* теплового руху молекул системи. Абсолютна (термодинамічна) температура $T(K)=t(^{\circ}C)+273$.

Будь-яку зміну стану системи називають **термодинамічним процесом**. **Ізопроцесами** називаються термодинамічні процеси, які відбуваються в системі з незмінною масою *при сталому* значенні одного із параметрів стану.

Ізотермічний – це процес, який відбувається *при сталій температурі*. В ідеальному газі виконується **закон Бойля-Маріотта**: для даної маси газу добуток тиску газу на його об'єм при $T=const$ є сталою величиною:

$$p \cdot V = const \text{ або } p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2.$$

Ізобаричний – це процес, який відбувається *при сталому тиску*. Для ідеального газу існує **закон Гей-Люссака**: для даної маси газу при $p=const$ об'єм газу *пропорційний* його термодинамічній температурі:

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \text{ або } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},$$

де α – *термічний коефіцієнт об'ємного розширення*, який вважається *однаковим* для всіх ідеальних газів:

$$\alpha = \frac{1}{273} [K^{-1}].$$

librium if the system can preserve it *unlimitedly long*. An equilibrium state is characterized by **three main parameters of the state**: volume V , pressure p , and temperature T .

Volume V is a part of the space occupied by the system.

Pressure p is the force F acting per unit of a body surface area S perpendicular to it.

Temperature T is a measure of an *average kinetic energy* of thermal motion of system molecules. *Absolute (thermodynamic) temperature* $T(K)=t(^{\circ}C)+273$.

Any change in a system state is called **thermodynamic process**. **Isoprocesses** are thermodynamic processes proceeding in a system in which no change occurs and the value of one of its state parameters is *constant*.

An isothermal process is the one in which *no change occurs in the temperature*. In an ideal gas it obeys **Boyle's law**: for a given mass of a gas the product of the gas pressure and its volume at $T=const$ is constant:

$$p \cdot V = const \text{ or } p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2.$$

An isobaric process is the one proceeding at the *constant pressure*. In the ideal gas it obeys **Charles' law (the law of combining volumes)**: for a given mass of a gas if $p=const$ the gas volume is *proportional* to its thermodynamic temperature:

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \text{ or } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},$$

where α is the *thermal coefficient of a volumetric expansion*, which is considered *being the same* for all ideal gases

$$\alpha = \frac{1}{273} [K^{-1}].$$

Ізохоричний – це процес, який відбувається при сталому об'ємі. В ідеальному газі виконується **закон Шарля**: для даної маси газу при $V=\text{const}$ тиск газу пропорційний його термодинамічній температурі:

$$p=p_0(1+\alpha t) \text{ або } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2},$$

де α - термічний коефіцієнт тиску, рівний $1/273 \text{ K}^{-1}$.

Закон Авогадро: при однакових тисках і температурах молі різних ідеальних газів займають однакові об'єми.

Число Лошмідта n_0 - концентрація молекул ідеального газу при нормальних умовах ($t=0^\circ\text{C}$, $p=1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$). $n_0=2,69 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

Рівняння стану ідеального газу (Менделєєва-Клапейрона) для довільної маси газу M :

$$p \cdot V = \frac{M}{\mu} \cdot R \cdot T,$$

де p - тиск газу, V - його об'єм, T - температура, R - універсальна газова стала, яка чисельно дорівнює роботі, здійснюваній одним молем ідеального газу при його ізобарному нагріванні на 1°C .

Інший вид рівняння стану ідеального газу Менделєєва-Клапейрона:

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T,$$

де N - загальна кількість молекул газу, $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ - стала Больцмана. Оскільки $N/V=n$, то $p=n \cdot k \cdot T$ - формула, яка зв'язує тиск газу p із концентрацією його молекул n .

2.2 Основи термодинаміки

Внутрішня енергія U - енергія, яка залежить тільки від характеру руху і взаємодії частинок у системі. Вона складається з кінетичної енергії хаотичного руху молекул, потенціальної енергії їх-

An isochoric process is the one proceeding at the constant volume. In the ideal gas it obeys the **Charles law**: for a given mass if $V=\text{const}$ the gas pressure is proportional to its thermodynamic temperature:

$$p=p_0(1+\alpha t) \text{ or } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2},$$

where α is the thermal coefficient of pressure equal to $1/273 \text{ K}^{-1}$.

Avogadro law: at equal pressures and temperatures one mole of different ideal gasses fills the same volume.

Loschmidt's number n_0 is the concentration of molecules of an ideal gas at standard conditions ($t=0^\circ\text{C}$, $p=1.013 \cdot 10^5 \text{ Па}$). $n_0=2.69 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$.

Equation of the ideal gas state (Mendeleev-Clapeyron equation) for an arbitrary mass M of the ideal gas:

$$p \cdot V = \frac{M}{\mu} \cdot R \cdot T,$$

where p is the gas pressure, V is volume, T is temperature, R is the universal gas constant numerically equal to the work done by one mole of the ideal gas in its isobar heating by 1°C .

Another form of the Mendeleev-Clapeyron equation is:

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T,$$

where N is a total number of gas molecules, $k=1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ is Boltzmann's constant. As $N/V=n$, then $p=n \cdot k \cdot T$, - this formula connects gas pressure p and the concentration of its molecules n .

2.2 Principles of Thermodynamics

Internal energy U is the energy which depends only on the character of motion and interaction of particles in a system. It consists of kinetic energy of a random motion of molecules, potential energy of

ної взаємодії, енергії електронів у атомах та внутрішньоядерної енергії. Внутрішня енергія визначається *станом системи* і не пов'язана із процесом зміни цього стану (є *функцією стану*). Внутрішня енергія *одноатомного ідеального газу*:

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{M}{\mu} \cdot R \cdot T = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T.$$

Роботою розширення ідеального газу називають роботу, яку здійснює газ *проти зовнішнього тиску*. Елементарна робота:

$$\Delta A = p \cdot \Delta V,$$

де p – тиск газу, ΔV – зміна його об'єму. При *розширенні* газу $\Delta V = V_2 - V_1 > 0$, робота газу *позитивна* $\Delta A > 0$. При його *стисканні* $\Delta V < 0$ робота приймає *негативне* значення $\Delta A < 0$.

Здійснювана системою робота є *мірою зміни її енергії* і залежить від характеру процесу – є *функцією процесу*.

При **ізохоричному процесі** $\Delta V = 0$, тому $A = 0$.

При **ізобаричному процесі**:

$$A = p (V_2 - V_1) = \nu R (T_2 - T_1).$$

При **ізотермічному процесі**:

$$A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \text{ або } A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right).$$

Адіабатичним називають процес, що відбувається в системі без її теплообміну із навколишніми зовнішніми тілами. *Реальні адіабатичні процеси* – це *швидкоплинні процеси*. Робота при **адіабатичному розширенні** здійснюється за рахунок *зменшення внутрішньої енергії* газу – при цьому відбувається його *охолодження*.

Теплообміном називається процес *зміни внутрішньої енергії системи без здійснення роботи*.

their interaction, energy of electrons in atoms and intranuclear energy. Internal energy is determined by a system state and is not connected with the process of changing this state (it is a state function). Internal energy of a one-atomic ideal gas is:

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{M}{\mu} \cdot R \cdot T = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T.$$

Work of an ideal gas expansion is the work done by a gas *against an external pressure*. An elementary work is:

$$\Delta A = p \cdot \Delta V,$$

where p is a gas pressure, ΔV is a change of its volume. At expansion of a gas $\Delta V = V_2 - V_1 > 0$, a gas work is *positive* $\Delta A > 0$. At its compression $\Delta V < 0$ and $\Delta A < 0$ it is *negative*.

Work done by a system is a *measure of its energy change* and is dependent on the process character and is a *function of the process*.

For **the isochoric process** $\Delta V = 0$, so $A = 0$.

For **the isobaric process**

$$A = p (V_2 - V_1) = \nu R (T_2 - T_1).$$

For **the isothermal process**

$$A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \text{ or } A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right).$$

An adiabatic process is the one proceeding in a system *without its heat exchange* with surrounding external bodies. *Real adiabatic processes are quickly preceding processes*. At an adiabatic expansion the work is done by *decreasing internal energy* of gas, and its *cooling* takes place.

Heat exchange is the process of *changing internal energy* of a system *without doing any work*.

Теплота Q – міра енергії, передана системі в процесі теплообміну. *Теплота*, як і *робота*, на відміну від внутрішньої енергії є *функцією процесу* – залежить від процесу зміни стану системи. Одиниця виміру кількості теплоти – *Джоуль*, а позасистемна – *калорія*.

$$1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж} -$$

механічний еквівалент теплоти.

$$1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал} -$$

тепловий еквівалент роботи.

Питома теплоємність c є однорідною речовини – фізична величина, що чисельно дорівнює кількості теплоти Q , яку необхідно надати *одинаці маси* цієї речовини для її нагрівання на $\Delta T = 1 \text{ K}$:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} \right].$$

Молярна теплоємність C однорідної речовини - це теплоємність кількості $\nu = 1$ моль цієї речовини:

$$C = \frac{Q}{\nu \cdot \Delta T} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \right].$$

Зв'язок *питомої* c та *молярної* C теплоємностей:

$$C = c \cdot \mu,$$

де μ - молярна маса.

Перший закон термодинаміки: кількість отриманої тілом (системою) теплоти Q , витрачається на зміну внутрішньої енергії ΔU і на роботу A , здійснювану тілом (системою) проти зовнішніх сил:

$$Q = \Delta U + A.$$

Для **ізоtermічного** ($T = \text{const}$) **процесу** $\Delta U = 0$, і $Q = A$ – *тепло витрачається на здійснення роботи*.

Для **ізохоричного** ($V = \text{const}$) **процесу**

Heat Q is the measure of energy transferred to the system *in the process of heat exchange*. Both *heat* and *work*, but not internal energy, are *process functions*, they depend on system state changing. Heat is measured in *Joules*, although heat units' *calories* are used.

$$1 \text{ cal} = 4.19 \text{ J} -$$

that is a *mechanical equivalent of heat*.

$$1 \text{ J} = 0.239 \text{ cal} -$$

that is a *heat equivalent of work*.

Specific heat capacity s of a homogeneous substance is a physical quantity numerically equal to the amount of heat Q required to raise the temperature of *unit mass* by $\Delta T = 1 \text{ Kelvin}$:

$$s = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right].$$

Molar heat capacity S of a homogeneous substance is the heat capacity of a number $\nu = 1$ mole of a given substance:

$$S = \frac{Q}{\nu \cdot \Delta T} \left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right].$$

Relation of *specific* s and *molar* S heat capacity is

$$S = s \cdot \mu,$$

where μ is a molar mass.

The 1st law of thermodynamics: a quantity of heat Q absorbed by a body (system) is equal to the change in its internal energy ΔU plus the work A done by the body (system) against external forces:

$$Q = \Delta U + A.$$

For **the isothermal** ($T = \text{const}$) **process** when $\Delta U = 0$ and $Q = A$, - *heat is spent to do work*.

For **the isochoric process** ($V = \text{const}$)

$A=p \cdot \Delta V=0$, тоді $Q=\Delta U$ – тепло йде на збільшення внутрішньої енергії тіла.

Для **ізобаричного** ($p=\text{const}$) процесу отримане тепло витрачається на роботу розширення газу проти зовнішнього тиску та на збільшення внутрішньої енергії:

$$Q=\Delta U+A.$$

При **адіабатичному процесі** $Q=0$, і при **адіабатичному розширенні** перший закон термодинаміки набуває вигляду:

$$+A = -\Delta U,$$

тобто робота розширення здійснюється за рахунок зменшення внутрішньої енергії газу та його охолодження. При **адіабатичному** стиску газу зовнішніми силами:

$$-A = +\Delta U,$$

внутрішня енергія газу збільшується (відбувається його нагрівання).

Перший закон термодинаміки стверджує, що **неможливий вічний двигун першого роду** – такий періодичний двигун, який здійснював би роботу A більшу за енергію Q_1 , що поступає до нього ззовні.

Термодинамічний процес називають **оборотним**, якщо при здійсненні його спочатку у *прямому*, а потім у *зворотному* напрямку, після повернення системи у початковий стан, ні в ній самій, ні в навколишніх тілах *не відбувається* ніяких змін.

Необхідною і достатньою умовою оборотності процесу є **його рівноважність**. Всі *реальні процеси* протікають не нескінченно повільно, а із кінцевою швидкістю та супроводжуються тертям і теплообміном. Тому всі реальні процеси є *нерівноважними*, а отже, **необоротними**.

Круговим процесом або **циклом** називається термодинамічний процес, після якого система повертається у *початко-*

$A=p \cdot \Delta V=0$, then $Q=\Delta U$, - heat is spent to raise the internal energy of a body.

For **the isobaric process** ($p=\text{const}$) heat is spent to do work to expand gas against external pressure and to raise internal energy:

$$Q=\Delta U+A.$$

For **the adiabatic process** $Q=0$, and at the *adiabatic expansion* the 1st law of thermodynamics takes the form:

$$+A = -\Delta U,$$

the expansion work is done by decreasing internal energy of a gas and by its cooling. At the *adiabatic compression* of a gas by impressed forces

$$-A = +\Delta U,$$

internal energy of a gas increases (its heating takes place).

The 1st law of thermodynamics states that **it is impossible to get a perpetual motion machine of the first kind**, such a periodic engine which could do a larger work A than the energy Q_1 applied from without.

The thermodynamic process is called **reversible** if under its proceeding first *in the forward*, and then *in the return* direction, when the system returns to its initial state, *changes take place neither* in the system itself *nor* in the surrounding bodies.

A necessary and sufficient condition of the process reversibility is **its equilibrium**. All *real processes* do not proceed infinitely slow but with a finite velocity and they are accompanied with friction and heat exchange. That's why all real processes are *non-equilibrium* and, hence, **irreversible**.

A *circular process* or **a cycle** is a thermodynamic process after which a system returns *into its initial state*. These

вий стан. Такі процеси є основою **теплових двигунів**.

Цикл називається **прямим**, якщо система здійснює роботу $A > 0$ за рахунок наданої їй теплоти. На діаграмі p - V такі цикли зображуються замкнутими кривими із обходом *за годинниковою стрілкою*.

Цикл називається **зворотним**, якщо система здійснює роботу $A < 0$. Це означає, що над нею здійснюється робота *зовнішніми силами*, і від неї *відводиться* еквівалентна кількість теплоти. На діаграмі p - V такі цикли зображуються замкнутими кривими із обходом *проти годинникової стрілки*.

Термічним **коефіцієнтом корисної дії** (ККД) циклу називається відношення роботи A , що здійснена системою у прямому циклі, до кількості теплоти Q_1 , що система здобула від *нагрівача*:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

де Q_2 - кількість теплоти, що віддається системою холодильнику при її стиску.

Циклом Карно називається *прямий оборотний* круговий процес, який складається із *двох ізотерм* і *двох адіабат*. Особливість циклу Карно в тому, що він має *максимально можливий* ККД.

Теорема Карно: ККД циклу Карно не залежить від природи робочого тіла, а визначається *тільки* температурами *нагрівача* T_1 та *холодильника* T_2 :

$$\eta_k = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

ККД **довільного** оборотного або необоротного циклу *завжди менший* за ККД оборотного циклу Карно, проведеного між тими ж температурами *нагрівача* T_1 і *холодильника* T_2 , тобто:

$$\eta < \eta_k, \text{ або } \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

processes are the basis **of heat engines**.

A cycle is called **direct** if a system does a work $A > 0$ by a heat transformed to it. On the diagrams p - V these cycles are shown as closed curves *in tracing clockwise*.

A cycle is called **reversible** if a system does a work $A < 0$. It means that work is done *by external forces*, and an equivalent amount of heat is *removed* from it. On the diagrams p - V these cycles are shown as closed curves *in tracing counter-clockwise*.

A thermal **coefficient of efficiency** of a cycle is a relationship between work A done by a system in a direct cycle and heat amount Q_1 given off *by a heater*:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

where Q_2 is an amount of heat given off by system at its compression *to a cooler*.

Carnot's cycle is a *direct reversible* circular process consisting of *two isotherms* and *two adiabats* (*adiabatic lines*). A special feature of this cycle is that it has a *maximum possible* efficiency.

Carnot's theorem: the efficiency of Carnot's cycle *doesn't depend* on a working substance and is determined *only* by *heater* T_1 and *cooler* T_2 temperatures:

$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

The efficiency **of an arbitrary** reversible or irreversible cycle *is always less* than the efficiency of Carnot's reversible cycle carried out between the same temperatures of heater T_1 and cooler T_2 , that is

$$\eta < \eta_c, \text{ or } \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Другий закон термодинаміки установлює неможливість створення **вічного двигуна другого роду** – такого двигуна, який би всю енергію, що поступає ззовні у вигляді теплоти Q_1 , повністю перетворював би у роботу A .

Формулювання Клаузіуса: неможливий термодинамічний процес, єдиним результатом якого є передача енергії у формі теплоти від менш нагрітого тіла до більш нагрітого.

Формулювання Кельвіна: неможливий періодичний процес, єдиним результатом якого є перетворення отриманої від нагрівача теплоти у еквівалентну їй роботу.

Другий закон термодинаміки указує на **необоротність процесу перетворення роботи A – однієї форми передачі енергії, у теплоту Q – іншу форму передачі енергії.**

2.3 Взаємні перетворення твердих тіл, рідин і газів

Пароутворення – це процес переходу речовини із *рідкого* стану у *газоподібний*.

Сукупність молекул, які вилетіли із рідини *при пароутворенні*, називають **парою** даної рідини. Пароутворення, яке відбувається *при будь-якій температурі* із вільної поверхні рідини, називається **випаровуванням**.

Конденсація - процес перетворення пари на рідину.

Якщо процес пароутворення відбувається у *закритій посудині*, через деякий час *наступає динамічна рівновага* між процесами пароутворення та конденсації, а кількості рідини і пари *перестають змінюватись*. Пара, яка перебуває у *рівновазі зі своєю рідиною*, називається **насиченою парою**.

Кипінням називається процес інтенсивного пароутворення *в усьому об'ємі* рідини, а не тільки *на її поверхні*. **Температура кипіння** t_k - температура рідини,

The 2nd law of thermodynamics states that it is impossible to make a **perpetual motion machine of the second kind**, that is such an engine which could *fully* change the energy supplied in the form of heat Q_1 into work A .

The Clausius statement: there cannot be a thermodynamic process the only result of which is transformation of energy supplied in the form of heat from a less heated body to a more heated one.

Kelvin's statement: there cannot be a periodic process the only result of which is transformation of heat released from a heater into its equivalent work.

The 2nd law of thermodynamics implies **irreversibility of the process of work A transformation** - one form of energy transfer, into heat Q - another form of energy transfer.

2.3 Mutual Transformations of Solids, Liquids and Gases

Evaporation is the process of conversion of substance *from a liquid state into a gaseous one*.

A set of molecules having escaped from a liquid *in the process of evaporation* is called **vapors** of this liquid. Evaporation taking place *at any temperature* from a free surface of a liquid is called **vaporization**.

Condensation is the process of transformation *of vapor into liquid*.

If evaporation takes place *in a closed vessel*, in some time there is **dynamic equilibrium** between the processes of evaporation and condensation, and quantities of liquid and vapor *stop changing*. The vapor which is *in equilibrium with its liquid* is called a **saturated vapor**.

Boiling is the process by which a liquid changes into a gas when its vapor pressure equals the external pressure. When this occurs, small bubbles of vapor can

при якій тиск її насиченої пари дорівнює зовнішньому тиску. У процесі кипіння t_k залишається *сталю* для даної рідини. При цьому теплота, що підводиться ззовні до рідини, витрачається на пароутворення. Кількість теплоти, необхідної для перетворення у пару одиниці маси рідини, нагрітої до t_k , називається **питомою теплотою пароутворення** r :

$$r = \frac{Q}{m} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right].$$

Плавлення – процес переходу речовини із *твердого стану* в *рідкий* при підвищенні її температури. У процесі плавлення відбувається руйнування кристалічної ґратки твердого тіла. Воно відбувається за певної температури з назвою **температура плавлення** t_n . При цьому вся теплота Q , яка підводиться до твердого тіла, витрачається на руйнування його кристалічної ґратки.

Кількість теплоти, **необхідне** для переходу одиниці маси *твердої речовини* в *рідкий стан* при t_n , називається **питомою теплотою плавлення** λ :

$$\lambda = \frac{Q}{m} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right].$$

Процес переходу речовини із *рідкого стану* у *твердий* називається **кристалізацією**. Цей процес також відбувається при *сталій температурі* t_n і супроводжується виділенням теплоти.

Сублімація - процес безпосереднього відриву молекул від поверхні твердого тіла і їхній перехід у *газоподібний стан*. **Питома теплота випаровування твердого тіла** - кількість теплоти, яка необхідна для **випару** одиниці маси тіла.

form in the liquid and rise to the surface. **The boiling temperature** t_b is the point at which the pressure of a liquid saturated vapor is *higher* than the external pressure. In the process of boiling, t_b is *constant*. The heat applied from without to the liquid is consumed for evaporation. A heat amount which is needed to transform a unit of a liquid mass heated up to t_b into vapor is called **specific heat of vaporization** r :

$$r = \frac{Q}{m} \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right].$$

Melting is the process of substance changing from a *solid state* to a *liquid one* as its temperature rises. In melting, a solid crystal lattice destructs. Melting takes place at a *definite temperature*, which is called **melting temperature** t_m . In melting, a body temperature is constant, equals to t_m , and the heat Q applied to the solid state is consumed to *destruct its crystal lattice*.

Heat amount needed for a unit of a *solid mass* to transform into a *liquid state* at melting temperature t_m is called **specific melting heat** λ :

$$\lambda = \frac{Q}{m} \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right].$$

Process of changing from a *liquid state* to a *solid one* is called **crystallization**. This process also takes place at *constant temperature* t_m and is accompanied by *heat release*.

Sublimation is the passage of certain sub-stances from a *solid state surface* into a *gaseous state* without any intermediate li-liquid state being produced. **Specific evaporation heat** of a solid is a heat amount needed to evaporate a *unit of a body mass*.

Розділ 3 ОСНОВИ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ

3.1 Електростатика

Електростатика – розділ електродинаміки, у якому вивчаються властивості і взаємодії *нерухомих заряджених тіл*, або частинок, що мають *електричний заряд*.

Електричний заряд – фізична величина, яка характеризує здатність тіл і частинок вступати у *електромагнітні взаємодії*. Електричні заряди умовно діляться на *позитивні* та *негативні*. Найменшою стійкою частинкою, яка несе на собі *негативний заряд* та входить до складу будь-якої речовини, є **електрон**. Подібна *позитивна* частинка - **протон**. Їхній заряд e за абсолютним значенням дорівнює $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл і називається **елементарним зарядом**.

У електрично *нейтральній (незарядженій)* системі містяться *рівні кількості* елементарних зарядів *протилежних знаків*. Такими системами є атоми, молекули, їхні колективи – макроскопічні тіла. Якщо електронейтральність тіла порушена, воно називається **наелектризованим**. Для електризації тіла необхідно, щоб на ньому був створений надлишок (або **недолік**) електричних зарядів того чи іншого знаку. Електричний заряд q будь-якого зарядженого тіла дорівнює цілому числу елементарних зарядів e . Найпростіший спосіб електризації тіл - **їхнє стикання**. При контакті двох **різновідних тіл**, валентні **електрони атомів одного тіла переходять на інше** - обидва тіла заряджаються **рівними зарядами протилежного знаку**.

Закон збереження електричного заряду: при всіх явищах, пов'язаних із *перерозподілом електричних зарядів в ізолюваній системі* взаємодіючих тіл, алгебраїчна сума електричних зарядів **зберігається постійною**.

Section 3 PRINCIPLES OF ELECTRODYNAMICS

3.1 Electrostatics

Electrostatics is a part of electrodynamics to study properties and interactions of *stationary electrically charged bodies or particles*, which possess an *electric charge*.

Electric charge is a physical quantity which characterizes the property of bodies or particles to attract or repel one another by the *electromagnetic interaction*. Electric charges are conventionally designated as *positive* or *negative*. The least stationary particle possessing a *negative charge* and being a part of any substance is **electron**. The like *positive charge* is **proton**. Their electric charge e by the *absolute value* is equal to $1.6 \cdot 10^{-19}$ Coul and is called **elementary**.

An *electrically neutral (discharged)* system contains the *same number of elementary charges of an opposite sign*. Such systems are atoms, molecules, their collectives that are macroscopic bodies. If a body electrical neutrality is disturbed, the body is **electrified**. To *electrify a body*, an excess (or a deficiency) of electric charges of a positive (negative) sign should be created on it. An electric charge q of any charged body is equal to *the whole number of elementary charges e* . The simplest way of electrization of bodies is *their being in contact*. In this process, the valence electrons of one body atoms go over into the other substance, the both bodies are thereat charged with **the same charges of the opposite sign**.

Law of conservation of an electric charge: any phenomenon concerned with the *redistribution of electric charges in an isolated system* of interacting bodies has the algebraic sum of electric charges **being constant**.

Закон Кулона

Електричні *заряди* називаються **точковими**, якщо вони розподілені на тілах, лінійні розміри яких *малі* у порівнянні із відстанями між ними. Сили електростатичної взаємодії *залежать від* форми, розмірів тіл і характеру розподілу зарядів на них. Для *нерухомих точкових* зарядів q_1 і q_2 , або для заряджених тіл сферичної форми при *рівномірному розподілі* зарядів по їхніх поверхнях або об'ємах, справедливий **закон Кулона**: сила електростатичної взаємодії між зарядами у вакуумі *прямо пропорційна* добутку модулів зарядів і *обернено пропорційна* квадрату відстані між ними:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

де k – коефіцієнт пропорційності. В системі СІ $k=1/4\pi\epsilon_0=9\cdot10^9$ Н·м²/Кл², $\epsilon_0=8,85\times10^{-12}$ Ф/м – *електрична стала*. Силу **F** називають **кулонівською**. Досвід показує, що *різноміненні* заряди **притягаються**, а *одноміненні* – **відштовхуються**. Сила електростатичної взаємодії зарядів у *однорідному діелектричному середовищі* (рідкому або газоподібному) *зменшується* у ϵ разів, де ϵ називається **відносною діелектричною проникністю середовища**:

$$F_k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}.$$

Електричне поле. Напруженість

Електромагнітну називається **взаємодія** між *електрично зарядженими* частками або макроскопічними тілами. Розділ фізики, який вивчає електромагнітні взаємодії, називають **електродинамікою**.

Електромагнітне поле – це форма матерії, за допомогою якої здійснюються

Coulomb's Law

Electric **charges** are called **point** if they are distributed on the bodies whose linear dimensions *are small* in comparison with the distances between them. Forces of the electrostatic interaction *are dependent on* the form, dimensions of bodies and on the character of charge distribution on them. **Coulomb's law** is correct for *unmovable point* charges q_1 and q_2 , or for charged bodies of a spherical shape at a *uniform distribution* of charges on their surfaces or volumes: the force of the electrostatic interaction between charges in vacuum is *proportional* to the product of charge moduli and *inversely proportional* to the square of the distance between them:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

where k is the coefficient of proportionality. In the SI system $k=1/4\pi\epsilon_0=9\cdot10^9$ N×m²/Coul², $\epsilon_0=8.85\cdot10^{-12}$ F/m is an *electric constant*. The force **F** is called **Coulomb**. As the practice shows the *unlike* charges **attract**, and the *like* ones **repel**. The force of the electrostatic interaction of charges in a *uniform dielectric medium* (liquid or gaseous) *decreases* by ϵ times, where ϵ is a **relative dielectric permittivity of a medium**:

$$F_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}.$$

Electric Field. Field Density

Electromagnetic interaction is an interaction between *electrically charged* particles or macroscopic bodies. A part of physics which studies electromagnetic interactions is called **electrodynamics**.

Electromagnetic field is a form of a matter by which *electromagnetic interact-*

електромагнітні взаємодії заряджених часток або тіл. **Електричне поле** – одна з частин електромагнітного поля, яке утворюється електричними зарядами та діє на них *незалежно від того*, рухаються вони або нерухомі. Якщо заряджені тіла *нерухомі* в даній системі відліку, то їхня взаємодія здійснюється за допомогою **електростатичного поля**. Воно не змінюється в часі - є *стаціонарним*.

Напруженість електричного поля E є його *силовою характеристикою*. Напруженість поля в даній точці простору чисельно дорівнює силі F , яка діє на *одичинний позитивний заряд*, поміщений в цю точку, і *збігається* із нею за напрямком:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \left[\frac{H}{K_L} \right].$$

Сила, що діє на заряд q , який знаходиться у будь-якому електричному полі з напруженістю E , дорівнює:

$$F = q \cdot E.$$

Електричне поле називається **однорідним**, якщо вектор його напруженості *однаковий* у всіх точках поля. Приклад такого поля – електричне поле між пластинами плоского конденсатора *вдалині від країв його обкладок*.

Для *графічного* зображення електричних полів використовують **силові лінії** – уявлювані лінії, дотичні до яких у кожній точці збігаються із напрямком вектора напруженості. Силкові лінії – **розімкнуті**: вони *починаються на позитивних та закінчуються на негативних зарядах*.

Принцип суперпозиції (накладання) електричних полів: напруженість електричного поля, яке створене системою з N зарядів, дорівнює *векторній сумі* напруженостей N полів, які створені кожним із зарядів окремо:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i.$$

tions of charged particles or bodies operate. **Electric field** is a part of the electromagnetic field which is produced by electric charges and affects on them *irrespective* of either they move or are stationary. If charged particles *are stationary* in a given frame of references, their interaction is done by the **electrostatic field**. The latter doesn't change in time - it is *stationary*.

Density of electric field E is *its force characteristic*. Density of electric field in a given point of space is numerically equal to the force F effecting on an *isolated positive charge* placed into a given point and *coincides* with it in direction:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \left[\frac{N}{Coul} \right].$$

The force having an effect on charge q placed into any electric field of the density E is:

$$F = q \cdot E.$$

Electric field is **homogeneous** if its field vector *is the same* in all points of the field. The electric field between the plates of a flat capacitor far off the edges of its plates could be an example of such a field.

To show electric field *graphically*, **lines of force** are used, these lines are imaginary, tangents to which in each point coincide with the direction of the field vector. The lines of force **are broken**: they *start on positive charges and end on negative charges*.

Superposition principle (superposition theorem) of electric fields: density of the electric field of the system of charges N is equal to the *vector sum* of densities of the fields produced by each of them separately:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i.$$

Напруженість \vec{E} електричного поля при заданому розташуванні зарядів у *ізотропному однорідному діелектрику* у ε разів *менша*, ніж у вакуумі \vec{E}_0 :

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon},$$

де ε - *діелектрична проникність середовища*.

Модуль вектора напруженості поля *точкового заряду* q на відстані r від нього:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \cdot \frac{q}{r^2}.$$

Речовина в електростатичному полі

Провідники – це речовини, які мають *вільні* електричні заряди, які можуть *упорядковано* переміщуватись. *Провідниками* є метали, водні розчини солей і кислот, **іонізовані** гази. Під дією зовнішнього електростатичного поля електрони провідності в металевому провіднику *перерозподіляються* так, що напруженість результуючого поля у будь-якій точці *усередині* провідника *дорівнює нулю*, а некомпенсовані заряди розташовуються *тільки на його поверхні*. Явище перерозподілу зарядів у провіднику у зовнішньому електростатичному полі називається **електростатичною індукцією**. Воно полягає у розділенні позитивних і негативних зарядів, які містяться у провіднику *в однакових кількостях*. У всіх точках поверхні зарядженого провідника напруженість поля E *перпендикулярна до поверхні*.

Діелектриками називаються речовини, які *не проводять* електричний струм, тому що в них практично *відсутні вільні електрони*. Залежно від будови молекул розрізняють **полярні** і **неполярні** діелектрики. У відсутності зовнішнього електричного поля центри мас позитивних і негативних зарядів у молекулі *неполяр-*

Density of the electrostatic field \vec{E} at a given equiposition of charges in an *isotropic uniform dielectric* is ε times less than in vacuum \vec{E}_0 :

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon},$$

where ε is a *medium dielectric permittivity*.

Scalar of a field vector *of a point charge* q at the distance r from it is:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \cdot \frac{q}{r^2}.$$

Substance in Electrostatic Field

Conductors are substances having *got free* electric charges, which can move *orderedly*. *Conductors* are metals, aqueous solutions of salts and acids, ionized gases. Under the influence of the external electrostatic field conduction electrons in a metallic conductor rearrange in such a way that the intensity of a resultant field in any point *inside* the conductor *is equal to zero*, and unbalanced charges are disposed only *on its surface*. The phenomenon of the charge rearrangement in a conductor in the external electrostatic field is called **electrostatic induction**. This phenomenon presupposes the separation of positive and negative charges which are in a conductor *in equal quantities*. In all points of the surface of a charged conductor the field intensity E *is perpendicular to the surface*.

Dielectrics are substances which are *non-conductors* of electricity, as they practically *have no free electrons*. Depending on the structure of molecules dielectrics can be **polar** and **non-polar**. If there is no external electric field, the centers of mass of positive and negative charges in a molecule of a *non-polar die-*

ного діелектрика *співпадають*, а при знаходженні його у зовнішньому полі відбувається деформація електронної орбіти і виникає наведений (*індукований*) електричний *дипольний момент*. Молекули *полярних* діелектриків незалежно від зовнішніх електричних полів являють собою *електричні диполі*. Якщо зовнішнє поле відсутнє, тепловий рух молекул приводить до відсутності упорядкованості у розташуванні диполів. Тому сумарна напруженість поля у діелектрику *дорівнює нулю*. У зовнішньому електричному полі відбувається *поляризація* – орієнтація молекул-диполів, в результаті чого у діелектрику виникає *власне* електричне поле, *протилежне* зовнішньому полю.

Потенціал електричного поля

Енергетичною характеристикою електростатичного поля є його *потенціал*. **Потенціалом поля** в даній точці називають *скалярну величину*, яка чисельно дорівнює потенціальній енергії *П* *одиничного позитивного заряду*, що знаходиться в цієї точці:

$$\varphi = \frac{P}{q} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \right] = [B] \text{ (Вольт)}.$$

Робота електростатичного поля по переміщенню заряду *q* із точки 1 у точку 2 дорівнює:

$$A = -(P_2 - P_1) = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2).$$

Якщо точка 2 перебуває у *нескінченності*, то $P_2=0$ і $\varphi_2=0$, тому $\varphi_1=A/q$, або потенціал поля φ_1 *чисельно дорівнює роботі*, яку здійснюють електростатичні сили по переміщенні *одиничного позитивного заряду* із даної точки поля 1 у *нескінченність*. **Потенціал** електростатичного поля *точкового заряду* *q* у точці, видаленій на відстань *r* від нього дорівнює:

electric coincides, and when being placed into the external field, there takes place the deformation of an electron orbit and there emerges an induction electric *dipole moment*. Irrespective of the external electric fields, molecules of the *polar* dielectrics represent *the electric dipoles*. If there is no external field, heat motion of molecules results in the absence of the degree of order in the arrangement of dipoles. So, the total intensity of the field in a dielectric *is equal to zero*. When placing a dielectric into the external electric field, there takes place its *polarization*, that is molecules are polarized, so they act as dipoles, and in the result the *internal* electric field *opposite* to the external one emerges in the dielectric.

Potential of Electric Field

An energetic characteristic of the electrostatic field is its *potential*. **Field potential** in a given point is called a *scalar value* numerically equal to the potential energy *P* of a *unit positive charge* placed into this point:

$$\varphi = \frac{P}{q} \left[\frac{J}{Coul} \right] = [V] \text{ (Volt)}.$$

The work of electrostatic field to move the charge *q* from point 1 to point 2 is equal:

$$A = -(P_2 - P_1) = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2).$$

If point 2 is *at infinity*, then $P_2=0$ and $\varphi_2=0$, then $\varphi_1=A/q$, or field potential φ_1 *is numerically equal to the work* done by electrostatic forces when moving a unit positive charge from a given point 1 *into infinity*. **Potential** of the electrostatic field *of a point charge* *q* in a specified point removed from the charge on the distance *r* is:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{r}.$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{r}.$$

Еквіпотенціальною поверхнею називають геометричне місце точок електростатичного поля із *рівними потенціалами*. У кожній точці такої поверхні вектор напруженості поля *перпендикулярний до неї* і спрямований у бік *спадання потенціалу*. Поблизу будь-якої точки поля потенціал *найшвидше* змінюється у напрямку силової лінії. *Напруженість E* у довільній точці поля чисельно дорівнює зміні *потенціалу*, яка припадає на одиницю довжини силової лінії:

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta r} \left[\frac{B}{m} \right].$$

Equipotential surface is a geometric place of points of the electrostatic field *with the same electric potential*. In every point of such a surface an intensity vector *is perpendicular to it* and is directed *to the potential decrease*. By any point of the field a potential changes *most quickly* in the direction of a field line. *Intensity E* in an arbitrary point of the field is numerically equal *to the potential change* falling at a length unit of a field line:

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta r} \left[\frac{V}{m} \right].$$

3.2 Електроємність. Конденсатори

Електрична ємність C провідника характеризує його здатність *накопичувати електричний заряд*. Це фізична величина, яка чисельно дорівнює заряду, що змінює потенціал відокремленого провідника на одиницю. Вимірюється у *фарадах*.

$$C = \frac{q}{\varphi} \left[\frac{Kл}{B} \right] = [F] \text{ (Фарад)}.$$

3.2 Capacitance. Capacitors

Capacitance C is the ability of a system *to store electric charge* or a measure of this for a particular system, equal to the charge stored to raise the system's potential *by one unit*. The unit of capacitance is *the farad*.

$$C = \frac{q}{\varphi} \left[\frac{Coul}{V} \right] = [F] \text{ (Farad)}.$$

Ємність провідника *залежить від* його *лінійних розмірів і геометричної форми*. Ємність *відокремленої кулі* радіуса R :

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R.$$

A conductor capacitance *depends on* its *linear dimensions and geometrical form*. The capacitance of a *solitary sphere* is:

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R.$$

Взаємна електроємність двох провідників – це фізична величина, що *чисельно дорівнює заряду q* , який потрібно перенести із одного провідника на інший, щоб змінити різницю потенціалів між ними *на одиницю*:

$$C = \frac{q}{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{q}{U}.$$

Mutual capacitance of two conductors is a physical quantity *numerically equal* to the charge q which should be transmitted from one conductor to the other to change the difference of potentials *by one unit*:

$$C = \frac{q}{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{q}{U}.$$

Вона також **залежить від** геометричної форми, лінійних розмірів і взаємного розташування провідників.

Конденсатор – пристрій для накопичування електричної енергії. Він складається із двох провідників – обкладок, заряджених рівними різнойменними зарядами. *Плоский конденсатор* являє собою дві паралельні плоскі пластини площею S , розташовані на відстані d одна від одної. Ємність такого конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d},$$

де ε - діелектрична проникність середовища між пластинами конденсатора.

При **паралельному підключенні** конденсаторів електрична ємність всієї батареї:

$$C_{об} = C_1 + C_2 + \dots + C_m.$$

При **послідовному підключенні**:

$$\frac{1}{C_{об}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Власна енергія зарядженого провідника - це *потенціальна енергія* взаємодії зарядів, які містяться на провіднику:

$$П = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{q^2}{2C},$$

де C – ємність провідника, q і φ – його заряд і потенціал, відповідно.

Енергія зарядженого конденсатора - це повна енергія системи двох провідників, яка обчислюється по формулі:

$$П = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{q \cdot U}{2} = \frac{q^2}{2C},$$

де U - різниця потенціалів між обкладками конденсатора.

It also **depends on** a geometrical form, linear dimensions and mutual position of conductors.

Capacitor is a device consisting of two conductors and insulators with the property of storing electric charge. In the *parallel-plane capacitor* air or some other insulator separates two parallel metal plates. If S is the area of plates, d is the distance between them, capacity of such a capacitor is:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d},$$

where ε is a dielectric permittivity of a medium between the capacitor plates.

At the **parallel combination** of capacitors the capacity of the whole battery is:

$$C_{wh} = C_1 + C_2 + \dots + C_m.$$

At the **series combination**:

$$\frac{1}{C_{wh}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

A self energy of a charged conductor is a *potential energy* of interaction of charges on a conductor:

$$P = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{q^2}{2C},$$

where C is a conductor capacity, q and φ are its charge and potential, respectively.

Energy of a charged capacitor is a total energy of the system of two conductors and is calculated by formula:

$$P = \frac{C \cdot V^2}{2} = \frac{q \cdot V}{2} = \frac{q^2}{2C},$$

where V is a difference of potentials between the plates.

Енергія однорідного електричного поля, зосередженого в об'ємі V ізотропного середовища становить:

$$\Pi = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2} \cdot V,$$

де E - напруженість поля.

Об'ємна густина енергії електричного поля - це енергія, зосереджена у одиниці об'єму поля:

$$w = \frac{\Pi}{V} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}.$$

3.3 Постійний електричний струм

За здатністю проводити електричний струм всі речовини діляться на **провідники** (метали, електроліти, іонізовані гази), **діелектрики** (ізолятори) і **напівпровідники**.

Електричним струмом називається упорядкований рух електричних зарядів. Струмами у провідниках - **струмами провідності** - є: у металах - упорядкований рух вільних електронів; у електролітах - упорядкований рух іонів; у газах - рух іонів і електронів. Напрямок електричного струму вважають напрямком руху позитивних зарядів.

Силою струму називається скалярна величина, що дорівнює кількості електрики, яка переноситься через поперечний переріз провідника за одиницю часу:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \left[\frac{Кл}{с} \right] = [A] \text{ (Ампер)}.$$

Постійним називається електричний струм, сила та напрямок якого не змінюються із часом:

$$I = \frac{q}{t}.$$

Сила постійного струму в металевому провіднику із площею поперечного перерізу S :

Energy of a homogeneous electric field concentrated in the volume V of an isotropic medium is:

$$P = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2} \cdot V,$$

where E is a field intensity.

A space-charge density of the energy of an electric field is the energy concentrated per unit of field volume:

$$w = \frac{P}{V} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}.$$

3.3 Direct electric current

As to their ability to conduct electric current all substances are divided into **conductors** (metals, electrolytes, ionized gases), **dielectrics** (isolators), and **semi-conductors**.

Electric current is an ordered flow of electric charges. Current in conductors - **conduction current** - is: in metals - an ordered flow of free electrons; in electrolytes - an ordered flow of ions, in gases - a flow of ions and electrons. A direction of the flow of positive charges is taken as a direction of an electric current.

Current strength is a scalar quantity equal to the amount of electricity transferred through the conductor cross-section per unit time:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \left[\frac{Coul}{c} \right] = [A] \text{ (Amper)}.$$

Direct current is an electric current that has a fairly constant value and always flows in the same direction:

$$I = \frac{q}{t}.$$

Direct current strength in a metallic conductor with a cross-section S is:

$$I = e \cdot n \cdot V_{\text{сеп}} \cdot S,$$

де e - значення заряду електрона, n - концентрація носіїв заряду, $V_{\text{сеп}}$ - середня швидкість їхнього упорядкованого руху.

Густина струму - векторна фізична величина, що дорівнює силі струму, припадаючого на одиницю площі поперечного перерізу провідника:

$$\vec{j} = e \cdot n \cdot \vec{V}_{\text{сеп}} \left[\frac{A}{m^2} \right], \text{ оскільки } |\vec{j}| = \frac{I}{S}.$$

Наявність електричного струму у провіднику виявляється за його **тепловою**, **хімічною** та **магнітною** діями. Для існування у провіднику струму провідності, необхідне виконання наступних умов: 1) наявність у провіднику **електричного поля**; 2) електричне коло мусить бути замкненим; 3) до кола мусить бути включене **джерело струму** – пристрій, усередині якого за рахунок **сторонніх сил** електричні заряди переміщуються в напрямку, **протилежному** дії електростатичного поля. Завдяки цьому, на кінцях зовнішнього кола, яке підключене до полюсів джерела, підтримується різниця потенціалів і у колі виникає електричний струм.

Електрорушійна сила (ЕРС) джерела струму - це фізична величина, чисельно дорівнює **роботі сторонніх сил** (будь-яких сил неелектростатичної природи) по переміщенню **одичинного позитивного заряду** уздовж замкненого кола:

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{q} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \right] = [B] \text{ (Вольт)}.$$

Напругою (спад напруги) на ділянці електричного кола називається фізична величина, чисельно рівна **роботі кулонівських** (електростатичних) сил по переміщенню **одичинного позитивного заряду** уздовж даної ділянки кола:

$$I = e \cdot n \cdot V_{\text{ав}} \cdot S,$$

where e is an electron charge value, n is a concentration of the charge carriers; $V_{\text{ав}}$ is an average velocity of their ordered motion.

Current density is a vector physical quantity equal to the strength of current flowing *per unit area* of the conductor cross-section:

$$\vec{j} = e \cdot n \cdot \vec{V}_{\text{ав}} \left[\frac{A}{m^2} \right], \text{ as } |\vec{j}| = \frac{I}{S}.$$

Electric current presence in a conductor is detected by its **heating**, **chemical** and **magnetic** effect. The following conditions should be fulfilled to make the existence of conduction current possible in a conductor: 1) If there is an **electric field** in a conductor; 2) An electric circuit *should be closed*; 3) If the circuit contains a **current source** which is a device inside which the **external forces** make electric charges move in the direction *opposite* the action of the electrostatic field. Due to this, a difference of potentials is kept on the ends of the external circuit connected to the terminals of the current source, and electric current flows in the circuit.

Electromotive force (EMF) of a current source is a physical quantity numerically equal to the *work of the external forces* (that is any forces of a *nonelectrostatic origin*) making an individual positive charge move along a closed circuit:

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ext}}}{q} \left[\frac{J}{\text{Coul}} \right] = [V] \text{ (Volt)}.$$

Voltage (drop of voltage) in the section of an electric circuit is a physical quantity numerically equal to the *work of Coulomb* (electrostatic) forces to transfer an individual positive charge across a given section of the circuit:

$$U = \frac{A_{el}}{q} [B].$$

Електричним опором R ділянки кола називають фізичну величину, що є мірою протидії цієї ділянки кола протіканню в ній електричного струму. Опір залежить від **матеріалу** провідника, його **геометричної форми** і **розмірів**, а також від **температури**. Для однорідного циліндричного провідника довжиною l і площею поперечного перерізу S :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} [Om],$$

де ρ - **питомий опір** матеріалу провідника. Величину $\sigma = 1/\rho$ називають його **питомою провідністю**.

Залежність опору провідника від його **температури**:

$$R = R_0 (1 + \alpha t),$$

де R_0 - опір при 0°C , t° - температура за шкалою Цельсія, α - **температурний коефіцієнт опору** - відносна зміна опору провідника при нагріванні його на 1°C . Звичайно для чистих металів в інтервалі $0 \div 100^\circ \text{C}$ приймається $\alpha = 1/273 \text{ град}^{-1}$.

Закон Ома для ділянки кола: сила струму на ділянці кола **прямо пропорційна** напрузі на його кінцях і **обернено пропорційна** опору цієї ділянки:

$$I = \frac{U}{R} \left[\frac{B}{Om} \right] = [A].$$

Закон Ома для повного (замкнутого) електричного кола: сила струму у колі **прямо пропорційна** ЕРС джерела, яке діє у колі, і **обернено пропорційна** повному опору кола:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

де r - **внутрішній опір** джерела струму.

$$V = \frac{A_{el}}{q} [V].$$

Electric resistance R of a circuit section is a physical quantity which is a *measure of the ability* of a given circuit section to resist the flow of current across the section. Resistance *depends on* a conductor **material**, its **geometrical form** and **dimensions** as well as on **temperature**. For a *homogeneous cylinder* conductor of the length l and the cross-section area S it is:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} [Ohm],$$

where ρ is a *specific resistance* of a conductor material. The value $\sigma = 1/\rho$ is a **conductor conductivity**.

Conductor resistance as a function of its **temperature** is:

$$R = R_0 (1 + \alpha t),$$

where R_0 is resistance at 0°C , t° is temperature by the Celcius scale, α is a *temperature coefficient of resistance*, that is a relative change of a conductor resistance under its heating by 1°C . Usually for pure metals at temperatures in the range of $0 \div 100^\circ \text{C}$, $\alpha = 1/273 \text{ degree}^{-1}$.

Ohm's law for a circuit section: the strength of current flowing across the circuit section is *directly proportional* to the voltage on its ends and *inversely proportional* to the resistance of this section:

$$I = \frac{V}{R} \left[\frac{V}{Ohm} \right] = [A].$$

Ohm's law for a complete (closed) electric circuit: strength of current in a circuit is *directly proportional* to the source EMF in the circuit, and *inversely proportional* to the circuit impedance:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

where r is an *internal resistance* of a current source.

Закон Ома в електронній теорії для густини постійного струму в металах: густина постійного струму *прямо пропорційна* напруженості електричного поля в даній точці усередині металевого провідника зі струмом і *обернено пропорційна* його питомому опору:

$$\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho} = \sigma \cdot \vec{E},$$

де σ - питома провідність.

Електричне коло - це сукупність провідників та джерел струму.

Вузлом розгалуженого електричного кола називають точку, у якій сходяться *не менше трьох* провідників. Для розрахунків розгалужених кіл застосовують правила вузлів і контурів.

Правило вузлів (перше правило Кірхгофа): алгебраїчна сума струмів, що сходяться у вузлі, дорівнює нулю:

$$\sum_{i=1}^n I_n = 0,$$

де n - число провідників, які сходяться у вузлі. (Струми вважаються *позитивними*, якщо вони *втікають* у вузол, і *негативними* - якщо вони витікають із вузла).

Правило контурів (друге правило Кірхгофа): у будь-якому довільно обраному замкнутому контурі розгалуженого електричного кола, алгебраїчна сума спадів напруги на всіх його ділянках дорівнює алгебраїчній сумі наявних у контурі ЕРС:

$$\sum_{i=1}^n I_i \cdot R_i = \sum_{k=1}^m \mathcal{E}_k.$$

Якщо струми I_i *збігаються* з обраним напрямком обходу контуру, то вони вважаються *позитивними*. ЕРС \mathcal{E}_k вважаються *позитивними*, якщо вони утворюють струми, спрямовані *убік обходу* контуру.

Ohm's law in the electronic theory for density of direct current in metals: density of direct current is *directly proportional* to the intensity of an electric field in a given point inside a metallic conductor alive, and *inversely proportional* to its resistivity:

$$\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho} = \sigma \cdot \vec{E},$$

where σ is specific conductivity.

An electric circuit is a set of conductors and current sources.

A node of a tree electric circuit is a place where *at least three* conductors meet. To calculate tree circuits, the rules of nodes and loops are used.

The rule of nodes (the first Kirchhoff's law): an algebraic sum of the currents at any point in the node is equal to zero:

$$\sum_{i=1}^n I_n = 0,$$

where n is a number of conductors meeting in the node. (A current flowing towards the node is *positive* and the one flowing away from the node is *negative*).

The rule of loops (the second Kirchhoff's law): an algebraic sum of the products of the currents and the resistances, through which they flow, is equal to the algebraic sum of the EMFs in any closed loop of the circuit, that is:

$$\sum_{i=1}^n I_i \cdot R_i = \sum_{k=1}^m \mathcal{E}_k.$$

If the currents I_i *coincide* with a taken direction of a loop tracing, they are taken as having a *positive sign*. EMF \mathcal{E}_k is taken *as positive* if they produce the currents directed to the side of a loop tracing.

При збиранні електричних кіл провідники можуть з'єднуватись *послідовно* або *паралельно*.

При **послідовному з'єднанні**:

а) Сила струму у всіх частинах кола *однакова*:

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n = \text{const.}$$

б) Спад напруги у електричному колі дорівнює *сумі* спадів напруги на окремих ділянках цього кола:

$$U_{\text{заг}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n.$$

в) Загальний опір кола, яке складається із *n*-провідників, дорівнює *сумі* опорів окремих провідників:

$$R_{\text{заг}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

При **паралельному з'єднанні**:

а) Сила струму в нерозгалуженій частині кола дорівнює *сумі сил струмів*, які течуть у розгалужених ділянках цього кола:

$$I_{\text{заг}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n.$$

б) Спади напруги на паралельно з'єднаних ділянках кола *однакові*:

$$U_{\text{заг}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n.$$

в) Загальний опір кола, яке складається із *n*-паралельно з'єднаних провідників, визначається за формулою:

$$\frac{1}{R_{\text{заг}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

При протіканні електричного струму у провіднику, **кулонівські електричні сили протягом** часу *t* здійснюють **роботу**:

$$A = I \cdot U \cdot t, [A \cdot B \cdot c] = [Дж],$$

де *I* - сила струму, *U* - спад напруги на провіднику. **Потужність** електричного струму дорівнює роботі, яка здійснюється ним за *одиницю часу*:

When making an electric circuit, conductors can be connected either *in a series* or *in parallel*.

At a **series combination** of conductors:

а) Current strength in all points of the circuit *is the same*:

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n = \text{const.}$$

б) A drop of voltage in the electric circuit is equal *to the sum* of voltage drops on separate circuit sections:

$$V_{\text{av}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n.$$

с) The total resistance of a circuit consisting of *n*-conductors is equal *to the sum* of resistances of separate conductors:

$$R_{\text{av}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

At a **parallel combination**:

а) Current strength in a parallel section of a circuit is equal *to the sum of currents* flowing in the parallel sections of the circuit:

$$I_{\text{av}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n.$$

б) Drops of voltage in parallel circuit sections *are the same*:

$$V_{\text{av}} = V_1 = V_2 = \dots = V_n.$$

с) The total resistance of a circuit consist of *n*-conductors connected in parallel is found by the formulae:

$$\frac{1}{R_{\text{av}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

When an electric current flows across a conductor, the Coulomb electrostatic forces perform **the work** during the time *t*:

$$W = I \cdot V \cdot t, [A \cdot V \cdot s] = [J],$$

where *I* is current strength, *V* is a drop of voltage on a conductor. **Power** of an electric current is equal to the work operated *per unit time*:

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U [A \cdot B] = [Bm](Bamm).$$

Якщо електричний струм *постійний*, а провідники у колі *нерухомі*, то **робота сторонніх сил у джерелі струму повністю необоротно перетворюється в результаті зіткнень електронів із позитивними іонами вузлів кристалічної ґратки: кінетична енергія електронів витрачається на нагрівання провідника** - перетворюється на внутрішню енергію.

Закон Джоуля-Ленца: кількість теплоти, яка виділяється струмом у провіднику, *прямо пропорційна силі струму, часу його проходження та спаду напруги на його кінцях:*

$$Q = I \cdot U \cdot t [\text{Дж}] = 0,24 \cdot I \cdot U \cdot t [\text{кал}].$$

Електричний струм в електролітах

Електролітами називають речовини, у яких електричний струм здійснюється **іонами** під дією електричного поля. **Іонами** називаються атоми або молекули, які втратили або приєднали кілька електронів. **Позитивні іони** називаються **катионами**, а **негативні** - **аніонами**. Електричне поле створюється в рідині **електродами** - провідниками, з'єднаними із джерелом струму. **Позитивно** заряджений електрод називається **анодом**, а **негативно** заряджений - **катодом**.

Виникнення **іонів** в електролітах обумовлене явищем **електролітичної дисоціації** - *розпадом* молекул розчинної речовини на позитивні та негативні **іони** в результаті взаємодії із розчинником. Процес *возз'єднання іонів* протилежних знаків у нейтральні молекули, називається **рекомбінацією іонів**.

Пройсходження електричного струму через рідину супроводжується **електролізом** - *виділенням* на електродах речовин, які входять до складу електроліту.

Перший закон електролізу (*перший закон Фарадея*): маса речовини, що виді-

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot V [A \cdot V] = [W](Watt).$$

If electric current is *direct* and conductors making a circuit are *immovable*, the work of external forces in a current source will *irreversibly convert* in the result of electron collisions with positive ions of a crystalline lattice node: kinetic energy of electrons **is responsible for a conductor heating** - it is converted into internal energy.

Joule's law: an amount of heat released by a current flowing through a conductor is *directly proportional* to the current strength, the time of its flowing and the drop of voltage at its ends:

$$Q = I \cdot V \cdot t [J] = 0,24 \cdot I \cdot V \cdot t [cal].$$

Electric Current in Electrolytes

Electrolytes are substances in which electric current is carried by *ions* drifting under the influence of an electric field. **Ion** is an atom or molecule with a net positive or negative charge. **Positive ions (cations)** have a deficiency of electrons, and **negative ions (anions)** - have an excess. An electric field emerges in a liquid under the influence of *electrodes*- conductors connected to a current source. A *positively* charged electrode is called **anodes**, a *negatively* charged one is called **cathode**.

Emergence of ions in electrolytes is caused by **electrolytic dissociation** that is a *decay* of molecules of a dissolved substance into positive and negative ions in the result of their interacting with a solvent. The process when ions of the opposite signs *join together* into neutral molecules is called ion **recombination**.

Electric current flowing through liquids is accompanied by **electrolysis**, that is *deposition* of substances, which are parts of an electrolyte, on the electrodes.

The first law of electrolysis (*the 1st Faraday's law*): a mass of the substance

лена на електроді, *прямо пропорційна* електричному заряду q , який пройшов через електроліт:

$$m = k \cdot q \text{ або } m = k \cdot I \cdot t.$$

k називається **електрохімічним еквівалентом** речовини. Він чисельно дорівнює масі речовини, яка виділиться при проходженні через електроліт *одиночного заряду*.

Другий закон електролізу (другий закон *Фарадея*): електрохімічні еквіваленти речовин *прямо пропорційні* відношенням їхніх атомних (молярних) мас A до їхніх валентностей n :

$$k = C \cdot \frac{A}{n} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n}.$$

Величина $F = 1/C = 9,648 \cdot 10^7$ Кл/моль називається **числом** (сталюю) **Фарадея**.

Об'єднаний закон Фарадея:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot q = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot I \cdot t.$$

Електричний струм у газах

Носії електричного струму у газах можуть виникнути тільки під час **іонізації газів** – *відриві* від їхніх атомів або молекул електронів. При цьому нейтральні атоми газів перетворюються на *позитивні іони*. Електричний струм у газах називають **газовим розрядом**. Для його одержання до трубки з **іонізованим** газом (*газорозрядної*) мусить бути прикладене електричне поле. **Іонізація** газів може відбуватись під дією *зовнішніх іонізаторів*: сильного нагрівання, ультрафіолетового, рентгенівського або радіоактивного випромінювань, бомбардування атомів газів швидкими електронами або іонами.

Види газового розряду.

- 1) **Несамостійний газовий розряд** – це електропровідність газів, спричинена *зовнішніми іонізаторами*.
- 2) **Самостійний газовий розряд** підтри-

deposited on an electrode is *directly proportional* to the quantity q of electricity which passed through the electrolyte:

$$m = k \cdot q \text{ or } m = k \cdot I \cdot t.$$

k is an **electrochemical equivalent** of the substance. It is *numerically equal* to the amount of the substance deposited when a *solitary charge* was passing through the electrolyte.

The second law of electrolysis (*Faraday's law*): electrochemical equivalents of substances *are directly proportional* to the ratio of their atomic (molar) masses A to their valences n :

$$k = C \cdot \frac{A}{n} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n}.$$

The quantity $F = 1/C = 9.648 \cdot 10^7$ Coul/mol is called the **Faraday constant**.

The united Faraday's law is:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot q = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot I \cdot t.$$

Electric Current in Gases

Electric current carriers in gases can emerge only in the process **of gases ionization** that is electron *detachment* from their atoms or molecules. Thereat, neutral atoms of gases are transferred *into positive ions*. Electric current in gases is called a **gaseous discharge**. Gaseous discharges are usually produced by applying electric field to the tube with an ionized gas (*a discharge tube*). Gas ionization can occur under the influence *of external ionizers* – great heating, ultra-violet radiation, X-radiation, radioactive radiations, fast electron or ion bombardment of gases atoms.

Types of Gaseous Discharge.

- 1) **Semi-self-maintained gaseous discharge** is gas conductivity caused by *external ionizers*.
- 2) **Self-maintained gaseous discharge** is

мується і розвивається за рахунок іонів і електронів, які виникли в результаті ударної іонізації після припинення дії зовнішнього іонізатора.

Ударною іонізацією називається відрив від атома (або молекули) газу одного або декількох електронів, спричинений співудараннями із атомами (або молекулами) газу електронів або іонів, розігнаних електричним полем у розряді. Розрізняють декілька видів самостійного розряду в газах залежно від тиску газу і прикладеної до електродів напруги:

1) **Тліючий розряд** - при тисках газу до декількох мм.рт.ст. (у газосвітлових трубках, газових лазерах).

2) **Коронний розряд** - при нормальних тисках у газах, які перебувають у сильно неоднорідних електричних полях (біля гострокінцевих споруд, проводів ліній високої напруги та ін.).

3) **Іскровий розряд** - при нормальних тисках: при великій напруженості поля між електродами спостерігається яскраве світіння газу у вигляді переривчастих яскравих ниток та виділяється велика кількість теплоти (блискавка).

4) **Дуговий розряд** - при нормальних тисках: при великій густині струму і напрузі між електродами порядку декількох десятків вольт. Основна причина дугового розряду - інтенсивна емісія розжареного катоду. Електрична дуга використовується за потужне джерело світла у прожекторах, проєкційній та кіноапаратурі.

Електричний струм у вакуумі

Вакуумом називають такий рівень розрідження газу, коли середня довжина вільного пробігу молекул перевищує лінійні розміри посудини, у якій перебуває газ ($\lambda > d$). Провідність між електродами у вакуумі може виникати лише за допомогою заряджених часток, що з'являються під час емісійних явищ на електродах.

supported and developed by ions and electrons which resulted from the collision ionization when an external ionizer stopped working.

Collision ionization is a detachment of one or some electrons from the atom (or molecule) caused by collisions of gas electrons or ions accelerated by the electric field in a charge with gas atoms (or molecules). There are some kinds of self-maintained gaseous discharge depending on gas pressure and voltage applied to electrodes:

1) **Glow discharge** - at gas pressures up to some Hg.mm. (in gaslight tubes, gas lasers).

2) **Corona discharge** - at normal pressures in gases which are in a greatly non-homogeneous electric field (close to points, medium-voltage line wires etc.).

3) **Spark discharge** - at normal pressures: at a large intensity of the field there is observed a bright glow between the electrodes in the form of interrupted bright lines, and a great amount of heat is released (lightning).

4) **Arc discharge** - at normal pressures: it is a luminous electrical discharge between two electrodes at high current density and low potential difference. The main reason of an arc discharge is an intensive thermoelectric emission of a red-hot cathode. It is used as a powerful source of light in searchlights, projection and cinema.

Electric Current in Vacuum

Vacuum is a level of gas rarefaction when a mean length of a molecule free path is more than linear dimensions of a vessel d containing gas (i.e. $\lambda > d$). Conductivity between electrodes in vacuum can be ensured only by charged particles which resulted from emission phenomena on electrodes.

Явище **фотоелектронної емісії** (зовнішнього фотоефекту) полягає у вириванні електронів із поверхні електрода (фотокатода) під дією світла.

Явище **термоелектронної емісії** полягає у випусканні електронів твердими і рідкими тілами при їхньому нагріванні. Для вильоту електронів із речовини потрібно, щоб їхня кінетична енергія була достатня для подолання їхнього зв'язку із речовиною - для здійснення **роботи виходу A** . Електричний струм у вакуумній газорозрядній трубці (**термоелектронний струм**) обумовлений явищем термоелектронної емісії із нагрітого катода.

The phenomenon of **photoemission** (external photoelectric effect) is a breaking of electrons away of an electrode (photocathode) surface in light.

The phenomenon of **thermionic** (thermal electron) **emission** is the emission of electrons by solids or liquids when being heated. To make electrons emit from a substance, kinetic energy of electrons should be sufficient enough to overcome their bonds with a substance – to fulfill **work on escaping A** . Electric current in a vacuum discharged tube (**thermionic current**) is caused by the phenomenon of thermionic emission out of a heated cathode.

Розділ 4 ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ

Section 4 PRINCIPLES OF ELECTROMAGNETISM

Магнітним полем називається **одна із частин електромагнітного поля**. Магнітні поля **створюються**:

- 1) Провідниками зі струмами;
- 2) Рухомими електрично зарядженими тілами або частинками;
- 3) Намагніченими тілами;
- 4) Змінними електричними полями.

Магнітне поле **діє тільки** на рухомі частинки і тіла, які мають електричний заряд. На намагнічені тіла магнітне поле діє незалежно від того – рухаються вони чи ні.

Magnetic field is one of the parts of **electromagnetic field**. A magnetic field **can be produced by**:

- 1) A current flowing in a conductor;
- 2) Moving electrically charged bodies or particles;
- 3) Magnetized bodies;
- 4) Alternative electric fields.

Magnetic field **works only** with moving particles and bodies, having an electric charge. As to magnetized bodies magnetic field works with them **independently** whether they move or do not.

4.1 Властивості магнітного поля

4.1 Properties of magnetic field

Силовою характеристикою магнітного поля є **вектор магнітної індукції B** . Поняття про вектор індукції магнітного поля вводиться на підставі **одного із трьох** дослідних фактів:

- а) **Орієнтуючої дії** магнітного поля на замкнутий плоский контур (рамку зі струмом);
- б) **Відхилення** провідника зі струмом у магнітному полі;
- в) **Відхилення** пучка заряджених частинок у магнітному полі.

Magnetic field is characterized by its **magnetic induction vector B** . A concept of a magnetic induction vector is introduced on the basis of **one of the following** experimental facts:

- a) Magnetic field **action is orientated** onto a closed flat circuit (a frame with current);
- b) **Deviations** of a conductor with current in a magnetic field;
- c) **Deviations** of a beam of electrically charged particles in a magnetic field.

Якщо значення і напрямки вектора магнітної індукції \mathbf{B} не змінюються у кожній точці простору із часом, таке поле називається **стаціонарним**. У протилежному випадку воно є змінним (*нестационарним*).

Магнітним моментом p_m замкнутого плоского контуру зі струмом I називають **вектор**

$$p_m = I \cdot S \cdot \mathbf{n}_0,$$

де S – площа охопленої контуром поверхні, \mathbf{n}_0 – одиничний вектор *позитивної* нормалі: модуль його дорівнює одиниці, а за напрямком – він *перпендикулярний* до площини контуру таким чином, щоб, дивлячись із його кінця, напрямок струму у контурі був *проти годинникової стрілки*.

Напрямок вектора p_m (і \mathbf{n}_0) також визначається **правилом правого гвинта**: якщо рукоятку гвинта із правою різьбою обертати за напрямком струму в контурі, то поступальний рух його вістря *співпадає* із напрямком вектора p_m .

За напрямком вектора \mathbf{B} у даній точці магнітного поля вибирають напрямок вектора p_m малої рамки зі струмом (яка не створює магнітного поля) поблизу даної точки. Напрямок вектора \mathbf{B} співпадає також із напрямком прямої, проведеної через центр малої магнітної стрілки від її південного полюса S до північного N .

Магнітне поле називається **однорідним**, якщо вектори \mathbf{B} у всіх його точках *однакові* за величиною та напрямком.

На рамку зі струмом, що знаходиться в однорідному магнітному полі \mathbf{B} , діє **момент сил** M , модуль якого дорівнює:

$$M = p_m \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

де α – кут між векторами p_m і \mathbf{B} . Магнітне поле здійснює на рамку зі струмом **орієнтуючу дію**: вона буде повертатись, доки кут α не стане рівним $\pi/2$.

Графічно магнітне поле зображують у вигляді ліній магнітної індукції – уяв-

If values and directions of a magnetic induction vector \mathbf{B} do not change in every point of space in time, the magnetic field is called **stationary**. Otherwise, it is **alternating** (*non-stationary*).

Magnetic moment p_m of a closed flat circuit with the current I is **vector**

$$p_m = I \cdot S \cdot \mathbf{n}_0,$$

where S is an area of the surface surrounded by the circuit, \mathbf{n}_0 is a solitary vector of a *positive* normal: its modulus is *equal to unity*, and its direction is *perpendicular* to the circuit plane in such a way that looking from its end the current direction in the circuit would be *counter-clockwise*.

Vector p_m (and \mathbf{n}_0) direction is also determined by **the right-hand screw rule**: a right-hand screw being rotated *along the current direction*, a reciprocating motion of a screw will *coincide* with the direction of vector p_m .

The vector p_m direction of a small circuit with the current flowing through (the circuit *does not distort* a magnetic field) at a given point is taken as the *direction of vector* \mathbf{B} in a given point. The vector \mathbf{B} direction also *coincides* with the direction of a straight line drawn through the centre of a magnetic needle from its S to N poles.

Magnetic field is called **homogeneous** if vectors \mathbf{B} in all its points *are equal* in value and direction.

A circuit with current placed in a homogeneous magnetic field \mathbf{B} is affected by **the moment** M the modulus of which is

$$M = p_m \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

where α is an angle between vectors p_m and \mathbf{B} . Magnetic field gives **an orientating action** on a circuit with current: the latter will rotate till α is equal to $\pi/2$.

Graphically a magnetic field is represented as **magnetic induction lines**,

люваних ліній, дотичні до яких у кожній точці збігаються із напрямками вектора **B**. Лінії магнітної індукції **замкнуті**, а це означає, що в природі **відсутні** вільні магнітні заряди (на відміну від вільних електричних зарядів). На відміну від електростатичного поля, магнітне поле є **непотенціальним** (вихровим).

Потоком магнітної індукції (магнітним потоком) $\Delta\Phi$ крізь поверхню із площею ΔS називається **скалярна величина**, що дорівнює:

$$\Delta\Phi = B_n \cdot \Delta S \cdot \cos\alpha = B_n \Delta S \text{ [B6] (Вебер),}$$

де $B_n = B \cdot \cos\alpha$ - проекція вектора **B** магнітної індукції на напрямок нормалі до площадки. **Позитивний знак** магнітного потоку відповідає **гострому куту** α (або умові $B_n > 0$), **негативний** - **тупому куту** α (або $B_n < 0$). Магнітний потік Φ через поверхню S визначається **алгебраїчним сумуванням** потоків $\Delta\Phi$ крізь ділянки поверхні ΔS . Якщо магнітне поле **однорідне**, то магнітний потік через плоску поверхню площею S дорівнює:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha.$$

На провідник зі струмом, що знаходиться у магнітному полі, діє **сила Ампера**.

Закон Ампера: на провідник довжиною l зі струмом I , що знаходиться в однорідному магнітному полі з індукцією **B**, діє сила, модуль якої дорівнює:

$$F_A = I \cdot l \cdot B \cdot \sin\alpha,$$

де α – кут між вектором **B** і напрямком струму у провіднику. Сила Ампера **перпендикулярна** до провідника зі струмом і до вектора магнітної індукції **B**. Напрямок цієї сили визначається **за правилом лівої руки**: якщо долоню лівої руки розташувати так, щоб перпендикулярна до провідника складова B_n вектора магніт-

these are imaginary lines tangents to which in every point *coincide* with the direction of vector **B**. Magnetic induction lines are **closed**, that means that in the nature *there are no* free magnetic charges (in contrast to free electric charges). Unlike electrostatic field, magnetic field is **non-potential** (rotational).

Flux of magnetic induction (magnetic flux) $\Delta\Phi$ through the surface of ΔS square is a **scalar quantity** which is equal to

$$\Delta\Phi = B_n \cdot \Delta S \cdot \cos\alpha = B_n \Delta S \text{ [Web] (Weber),}$$

where $B_n = B \cdot \cos\alpha$ is a projection of the magnetic induction vector **B** on the direction of a normal to the place. A **positive sign** of the magnetic flux corresponds to an **acute angle** α or to the condition $B_n > 0$, a **negative sign** corresponds to an **obtuse angle** α or $B_n < 0$. Magnetic flux through the surface S is determined by the **algebraic summation** of fluxes $\Delta\Phi$ through parts of the surface ΔS . If magnetic field is **homogeneous**, magnetic flux through the surface S is equal to

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha.$$

A conductor with current inside placed in the magnetic field is affected by **Ampere's force**.

Ampere's law: a conductor as long as l with current I inside placed into homogeneous magnetic field **B** is affected by the force the modulus of which is equal to

$$F_A = I \cdot l \cdot B \cdot \sin\alpha,$$

where α is an angle between vector **B** and the current direction in a conductor. This force is **perpendicular** to a conductor and to the vector **B**. The direction of this force is determined by **Fleming's rule (left-hand rule)**: if a left palm is placed in such a way that a **perpendicular** to a conductor component of the magnetic field

ної індукції *входила у долоню*, а чотири витягнуті пальця *показували напрямок струму*, то відігнутий на 90° великий палець покаже напрямок сили Ампера, яка діє з боку поля на провідник зі струмом.

Закон Ампера може бути використано для визначення магнітної індукції: у даній точці однорідного магнітного поля модуль вектора \mathbf{B} чисельно дорівнює силі, яка діє на провідник одиничної довжини, який знаходиться у даній точці та по якому перпендикулярно лініям індукції тече струм у одиницю сили струму, тобто:

$$B = \frac{F}{I \cdot l} \left[\frac{\text{H}}{\text{A} \cdot \text{m}} \right] = [\text{Tл}] \text{ (Тесла)}.$$

Якщо деякий провідник зі струмом силою I створює в даній точці у вакуумі магнітне поле \mathbf{B}_0 , то у однорідному ізотропному середовищі, що заповнює весь простір, у цій же точці буде утворюватись магнітне поле з індукцією \mathbf{B} :

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{B}_0,$$

де μ - відносна магнітна проникність середовища. μ середовища може бути >1 і <1 і показує, у скільки разів в даній точці простору магнітна індукція у середовищі \mathbf{B} більша (або менша), ніж у вакуумі \mathbf{B}_0 .

Індукція магнітного поля, яке створене нескінченно довгим прямолінійним провідником зі струмом I , на відстані r від нього дорівнює:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r},$$

де μ - відносна магнітна проникність середовища, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнітна стала.

Індукція магнітного поля в центрі кругового витка зі струмом I радіуса R становить:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2R}.$$

\mathbf{B}_n goes into a palm and four stretched fingers point the direction of the current, then a 90° unbent thumb will indicate the direction of Ampere's force acting on the conductor from the field side.

Ampere's law can be used to **determine magnetic induction**: a modulus of vector \mathbf{B} at a point of a homogeneous magnetic field is numerically equal to the force which acts on a conductor per unit length placed in a given point perpendicularly to induction lines, a current flowing through a conductor per unit strength of force, that is

$$B = \frac{F}{I \cdot l} \left[\frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \right] = [\text{Tл}] \text{ (Tesla)}.$$

If a conductor with current I makes a magnetic field \mathbf{B}_0 in a given point in vacuum, then in a homogeneous isotropic medium which fills up the whole space a magnetic field with \mathbf{B} induction will be produced in this very point:

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{B}_0,$$

where μ is a relative magnetic permeability of a medium. μ can be both >1 and <1 , and it shows how many times in the given point of space magnetic induction in the medium \mathbf{B} is larger (or smaller) than in vacuum \mathbf{B}_0 .

Induction of a magnetic field produced by an infinitely long straight-line conductor with current I at a distance r is:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r},$$

where μ is magnetic permeability of a medium, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Hn/m is magnetic constant.

Magnetic induction in the centre of a circular coil with current I of the R radius is:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2R}.$$

Соленоїд – циліндрична котушка, що складається з деякої кількості витків проволу зі струмом, які утворюють гвинтову лінію. Для досить *довгого* соленоїда із числом витків N і довжиною l індукція *однорідного магнітного поля* у його середині:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot n \cdot I,$$

де $n = N/l$ - кількість витків дроту на одиницю довжини соленоїда (*концентрація намотування*).

У всіх випадках *напрямок магнітної індукції* поля, створеного провідником зі струмом, визначається *за правилом правого гвинта (буравчика)*.

Між двома паралельними нескінченно довгими провідниками зі струмами I_1 і I_2 виникає *сила взаємодії*. Якщо струми мають *однакові напрямки*, провідники *притягуються*, якщо *протилежні* – *відштовхуються*. Модуль сили взаємодії між провідниками на одиницю довжини:

$$\frac{F}{l} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi d},$$

де d - відстань між провідниками.

На електричний заряд q , що *рухається* зі швидкістю V у магнітному полі з індукцією B , діє *сила Лоренца*:

$$F_L = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

де α – кут між векторами V і B .

Напрямок сили Лоренца, яка діє на *позитивний заряд*, визначається *за правилом лівої руки*. Якщо у *однорідному магнітному полі* вектор індукції B *перпендикулярний* до напрямку швидкості зарядженої частинки V , то вона буде *рухатись по колу* з радіусом R , *плщина* якого *перпендикулярна* до вектора B :

$$R = \frac{m \cdot V}{q \cdot B},$$

де m - маса частинки, q - її заряд.

Solenoid is a long spiral coil of wire, usually cylindrical, through which an electric current is passed. For a sufficiently long solenoid with an N -number of coils and a length l , an induction of *homogeneous magnetic field* inside is:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot n \cdot I,$$

where $n = N/l$ is a number of coils *per unit* the solenoid length (*concentration of coiling*).

In all cases the *direction of a field magnetic induction* produced by a conductor with current is determined *by the right-hand screw rule* (Maxwell).

Between two *parallel infinitely long* conductors with currents I_1 and I_2 , there originates *an interacting force*. If currents have *the same direction*, conductors *attract*, if their *directions are opposite* they *repel*. The modulus of the interacting force of two conductors *per unit length* is

$$\frac{F}{l} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi d},$$

where d is a distance between conductors.

An electric charge q *moving* at the velocity V in the magnetic field with the induction B is acted by the *Lorentz force*:

$$F_L = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

where α is the angle between V and B .

The *direction of the Lorentz force* acting on a *positive charge* is determined by *the left-hand rule*. If in a *homogeneous magnetic field* the vector B is *perpendicular* to the direction of a charged particle velocity V , it will pass *round a circle* which is *perpendicular* to the vector B with the radius R :

$$R = \frac{m \cdot V}{q \cdot B},$$

where m is a particle mass, q is its charge.

У цьому випадку сила **Лоренца є доцентровою силою** і не здійснює роботи при русі частинки. **Період обертання** по колу зарядженої частки у однорідному магнітному полі:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{q \cdot B}.$$

4.2 Явище електромагнітної індукції

Якщо провідний замкнутий контур перебуває у змінному магнітному полі, то в ньому виникає електричний струм, який має назву **індукційного струма**, а саме явище має назву **електромагнітна індукція (ЕМІ)**. Явище було виявлене М.Фарадеєм дослідним шляхом.

Закон Фарадея для ЕМІ: ЕРС індукції в контурі ε_i чисельно дорівнює швидкості зміни магнітного потоку через площу поверхні, обмеженої цим контуром і взятої із протилежним знаком:

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

Сила індукційного струму I_i у замкнутому провідному контурі із опором R становить:

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}.$$

Електричний заряд, який протікає у контурі із опором R при явищі ЕМІ:

$$q = - \frac{\Delta \Phi}{R}.$$

Знак "-" у законі Фарадея виникає у зв'язку з **правилом Ленца**: індукційний струм у замкнутому контурі завжди має такий напрямок, що створюваний ним магнітний потік **перешкоджає** зміні магнітного потоку, який спричиняє цей струм.

При русі провідника довжиною l зі

In this case the Lorentz force is **a centripetal force** and it **does not do work** when a particle moves round a circle. **An orbital period** of a charged particle in a homogeneous magnetic field is:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{q \cdot B}.$$

4.2 The phenomenon of Electromagnetic Induction

If a conducting closed circuit is in the *alternating magnetic field*, the electric current is produced in it. This current is called **induction current**, and this phenomenon is called **electromagnetic induction (EMI)**. M.Faraday originally observed the phenomenon.

Faraday's law for EMI: EMF of the induction in the circuit ε_i is numerically equal to the rate of change of the magnetic flux through the surface limited by this circuit and taken with the opposite sign:

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

The force of the induction current I_i in the closed conducting circuit of the resistance R is:

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}.$$

At the EMI, **an electric charge** flowing in the circuit of the resistance R is:

$$q = - \frac{\Delta \Phi}{R}.$$

The sign "-" in Faraday's law confirms **the Lenz's rule**: if the magnetic flux changes with respect to a conductor the current induced in the conductor tends to flow in such a direction *as to oppose* the change.

When a conductor of the length l mo-

швидкістю V у однорідному магнітному полі, ЕРС електромагнітної індукції ε_i у провіднику дорівнює:

$$\varepsilon_i = B \cdot l \cdot V \cdot \sin \alpha,$$

де α - кут між векторами V і B .

Під дією сили Лоренца у провіднику відбувається **роз'єднання зарядів**: *позитивні* і *негативні* заряди накопичуються на *протилежних кінцях провідника*, утворюючи всередині нього кулонівське поле.

У плоскій прямокутній рамці, яка *обертається* у однорідному магнітному полі B із кутовою швидкістю ω так, що вісь обертання лежить у площині рамки *перпендикулярно* до вектора магнітної індукції B , в рамці виникає ЕРС ЕМІ, яка дорівнює:

$$\varepsilon_i = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t),$$

де S - площа рамки.

Явищем самоіндукції називають виникнення ЕРС індукції у електричному колі в результаті *зміни сили струму* у цьому колі. *Власне магнітне поле* цього струму в контурі утворює магнітний потік Φ_c крізь площу поверхні, обмежену контуром, який є *пропорціональним* силі струму у контурі:

$$\Phi_c = L \cdot I.$$

Величина L називається **індуктивністю** контуру і є його *електричною характеристикою*. Значення L *залежить від розмірів і форми провідника*, а також від магнітних властивостей середовища, у якому знаходиться контур. Наприклад, *для соленоїда довжиною l і площею перерізу витка S із загальним числом витків N індуктивність дорівнює:*

$$L = \mu \cdot \mu_0 \frac{N^2 \cdot S}{l} = \mu \cdot \mu_0 \cdot n^2 \cdot V,$$

де μ - магнітна проникність середовища,

ves at a velocity V in a homogeneous magnetic field, the EMF of the electromagnetic induction ε_i in a conductor is equal to:

$$\varepsilon_i = B \cdot l \cdot V \cdot \sin \alpha,$$

where α is the angle between V and B .

Under the influence of the Lorentz force, **charge separation** takes place in a conductor: *positive* and *negative* charges are stored *on the opposite ends of a conductor* creating the Coulomb field within a conductor.

In a flat rectangular frame which *rotates* in a homogeneous magnetic field B at the angular velocity ω in such a way that its axis of rotation is within the frame plane and is *perpendicular* to the vector B , then EMF of the EMI is:

$$\varepsilon_i = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t),$$

where S is the frame area.

Self-induction is an emergence of an EMI of the induction in an electric circuit as the result of changing the electric current in this circuit. *The self-magnetic field* of the current in the circuit produces a magnetic flux Φ_s passing through the surface area which is limited by a circuit which is *proportional* to the strength of the current in the circuit:

$$\Phi_s = L \cdot I.$$

The quantity L is called a circuit **inductance** and is its *electric characteristic*. The value of L *depends on the dimensions and shape of a conductor as well as on the magnetic properties of the medium the circuit is in*. For example, the inductance *of a solenoid as long as l and having the surface of a turn section S and the total number of turns N is equal to*

$$L = \mu \cdot \mu_0 \frac{N^2 \cdot S}{l} = \mu \cdot \mu_0 \cdot n^2 \cdot V,$$

where μ is a medium magnetic permea-

$n=N/l$ - число витків на одиницю довжини, $V=S \cdot l$ - об'єм соленоїда. У системі СІ одиниця виміру індуктивності – Генрі. $[L]=[Hn]$.

За законом ЕМІ, якщо індуктивність контуру *постійна*, то **ЕРС самоіндукції** пропорційна *швидкості зміни струму* у контурі:

$$\varepsilon_{ci} = -\frac{\Delta \Phi_c}{\Delta t} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Індуктивність контуру є мірою його "інертності" стосовно зміни струму в цьому контурі.

Власною енергією струму силою I називається величина, чисельно рівна роботі, яку необхідно здійснити на подолання ЕРС самоіндукції для створення струму I в контурі з індуктивністю L . Вона дорівнює енергії магнітного поля, створеного провідником зі струмом:

$$W_M = \frac{L \cdot I^2}{2}.$$

Розділ 5 КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ

5.1 Коливальні рухи

Коливальні рухи (коливання) – це такі рухи, які мають деякий ступінь *повторюваності* у часі. Коливання називаються **періодичними**, якщо вони повторюються через *рівні проміжки часу*.

Періодом коливань T називається проміжок часу, за який коливальна система здійснює *одне повне коливання*.

Частотою коливань ν називається число повних коливань, які відбуваються за *одиницю часу*:

$$\nu = \frac{1}{T} \left[\frac{1}{c} \right] = [Hz] \text{ (Герц)}.$$

Циклічна частота ω – це число пов-

бility, $n=N/l$ is a number of turns per unit length, $V=S \cdot l$ is a solenoid volume. The SI unit of inductance is *Henry*.

$[L]=[Hn]$.

According to the EMI law, if a circuit inductance is *constant*, the **EMF of self-induction** is proportional to the rate of change of the electric current in the circuit:

$$\varepsilon_{si} = -\frac{\Delta \Phi_s}{\Delta t} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

A circuit *inductance* is a measure of its "inertness" as to a change of the electric current in the circuit.

Self-energy of the current of the strength I is called a value *numerically equal to the work* which should be done to overcome the self-induction EMF to produce the current I in a circuit of the inductance L . It is equal to the energy of the magnetic field produced by a conductor with the current:

$$W_M = \frac{L \cdot I^2}{2}.$$

Section 5 OSCILLATIONS AND WAVES

5.1 Oscillatory motions

Oscillatory motion (or *oscillations*) is the motion possessing this or that degree of recurrence in time. Oscillatory motions are called **periodic** if they recur in right intervals of time.

Period of oscillations T is a time interval *one complete oscillation* is done by an oscillatory system.

Oscillation frequency f is a number of complete oscillations done *per unit time*:

$$f = \frac{1}{T} \left[\frac{1}{c} \right] = [Hz] \text{ (Hertz)}.$$

Angular frequency ω is a number of

них коливань, які відбуваються за 2π -секунд:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{2\pi}{T} \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right].$$

Гармонічні коливання – такі коливання, при яких величина, що коливається, змінюється з часом за законом синуса (або косинуса):

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0).$$

Величина A , яка дорівнює *максимальному абсолютному значенню* фізичної величини x , що коливається, називається **амплітудою коливання**.

Вираз $\varphi = (\omega \cdot t + \varphi_0)$ визначає значення x у будь-який момент часу t і називається **фазою коливання**. Величина φ_0 визначає значення x_0 у *початковий момент* часу $t=0$ і називається **початковою фазою**.

Вільними називаються коливання, які виникають у системі в результаті будь-якого *одноразового початкового відхилення* цієї системи від стану стійкої рівноваги. Якщо система *консервативна* (у ній відсутні сили тертя або сили опору), то при коливаннях *не відбувається розсіювання енергії*, і вільні коливання називаються **незагасаючими**.

Пружинний маятник – це вантаж масою m , який здійснює вільні коливання під дією *сили пружності пружини*, з коефіцієнтом пружності k . **Період коливань** пружинного маятника становить:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Математичний маятник – це матеріальна точка масою m , яка підвішена на *невагомій нерозтяжній нитці* довжиною l , та здійснює вільні коливання у вертикальній площині під дією *сили тяжіння*. **Період коливань** математичного маятника:

complete oscillations done per 2π -second:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{2\pi}{T} \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right].$$

Harmonic oscillations are the oscillations when an oscillating quantity changes by the sine or cosine law:

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0).$$

The quantity A , equal to a *maximum absolute meaning* of an oscillating physical quantity x , is called an **oscillation amplitude**.

The expression $\varphi = (\omega \cdot t + \varphi_0)$ determines the value x at any time t and is called an **oscillation phase**. The quantity φ_0 determines the value x_0 at zero time $t=0$ and is called an **initial phase**.

Free oscillations are those which occur in a system as the result of some *single initial deviation* of this system from the state of a stable equilibrium. If a system is *conservative* (there is no frictional or other forces of resistance), then oscillating, there is *no energy dissipation*, and free oscillations are called **continuous oscillations**.

A **spring pendulum** is a plummet of mass m that makes free oscillations under the influence of the *elastic force* of a spring as *rigid* as k . A **period of oscillations** of a spring pendulum is:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

A **simple pendulum** is a material point of the mass m suspended by a *weightless inextensible thread* of l in length and making free oscillations in a vertical plane by *gravity*. A **period of oscillations** of a simple pendulum is

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}},$$

де g - прискорення вільного падіння.

Повна механічна енергія гармонічного коливального руху дорівнює:

$$W = K + \Pi = \frac{mV^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2}.$$

Коливальним контуром називається електричне коло, яке складається із послідовно з'єднаних конденсатора ємністю C і котушки індуктивності L . У коливальному контурі можуть відбуватись вільні електромагнітні коливання заряду, різниці потенціалів на обкладках конденсатора і електричного струму у колі. **Період** цих коливань визначається формулою Томсона:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}.$$

5.2 Хвильові рухи

Хвильовим процесом (пружними хвилями) називають процес поширення коливань у пружному середовищі із часом.

Електромагнітні хвилі - це поширювані у просторі коливання *напруженості* E і *індукції* B електромагнітного поля.

Хвиля називається **поперечною**, якщо частинки середовища коливаються у напрямках, *перпендикулярних* до напрямку поширення хвилі.

Хвиля називається **поздовжньою**, якщо коливання часток середовища відбуваються у *напрямку* поширення хвилі.

У **твердих тілах** можливе поширення як поздовжніх, так і поперечних хвиль. У **газах** і **рідинах** поширюються *тільки* поздовжні хвилі.

Довжиною хвилі λ називається відстань між двома *найближчими* точками, які коливаються у *однаковій фазі*. Або λ - це відстань, на яку пошириться хвиля за

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}},$$

where g is free fall acceleration.

The full mechanical energy of a harmonic oscillatory motion is equal

$$W = K + \Pi = \frac{mV^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2}.$$

An oscillatory (resonant) circuit is an electric circuit consisting of a capacitor of a capacity C and an inductance coil L connected in a series. *Free electromagnetic oscillations* of a charge, potential differences on capacitor plates and the electric current in a circuit can take place in the oscillatory circuit. **A period** of this oscillations is expressed by *Thomson's formula*:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}.$$

5.2 Wave motions

A wave process (elastic waves) is the process of oscillations propagation in an elastic medium in time.

Electromagnetic waves are the space propagation of oscillations of the intensity E and induction B of the electromagnetic field.

A wave is called **transverse** if medium particles oscillate in the directions *perpendicular* to the direction of wave propagation.

A wave is called **longitudinal** if medium particles oscillate *in the direction* of wave propagation.

In solids there can be propagation of both *longitudinal* and *transverse* waves. **In gases** and **liquids** only *longitudinal* waves propagate.

A wave length λ is called a distance between two *adjacent* points with the *same phase* in a wave, i.e. the distance between *adjacent peaks*. The wave length is

один період T коливань джерела хвилі:

$$\lambda = V \cdot T = \frac{V}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega} \cdot V,$$

де V - швидкість поширення хвилі.

Рівняння плоскої хвилі, яка поширюється уздовж осі x :

$$S = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0),$$

де S - значення коливної величини, x - відстань від джерела хвилі, k - **хвильове число**:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{V}.$$

У деякому об'ємі V пружного середовища, у якому поширюється хвиля, міститься **середня енергія**:

$$W_{\text{сер}} = \frac{M \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2},$$

де M - маса виділеного об'єму.

Середня густина енергії хвилі складає:

$$\varpi_{\text{сер}} = \frac{W_{\text{сер}}}{V} = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2},$$

де ρ - густина середовища.

Електромагнітна (ЕМ) хвиля - змінне електромагнітне поле, яке поширюється у просторі. ЕМ хвилі діляться на *радіо* - та *світлові* хвилі. Швидкість V поширення ЕМ хвилі у середовищі (формула Максвелла):

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}},$$

де ε і μ - відносні діелектрична і магнітна проникності середовища, c - швидкість поширення світла у вакуумі.

ЕМ хвилі є **поперечними**, тобто коливання векторів напруженості змінного електричного поля \mathbf{E} та індукції змінного магнітного поля \mathbf{B} *взаємно перпендику-*

related to its velocity V and frequency f ,

$$\lambda = V \cdot T = \frac{V}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \cdot V,$$

where T is the period of oscillations.

The equation of a plane wave propagating along the axis x :

$$S = A \cdot \cos(\omega t - kx + \varphi_0),$$

where S is a value of an oscillating quantity, x is the distance from the wave source, k is a **wave number**:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{V}.$$

In some volume V of an elastic medium a wave is propagating in, there is **an average energy**:

$$W_{\text{av}} = \frac{M \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2},$$

where M is a mass of a released volume.

An **average density of a wave energy** is

$$\varpi_{\text{av}} = \frac{W_{\text{av}}}{V} = \frac{d \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2},$$

where d is a medium density.

Electromagnetic (EM) wave is a diverging in space *alternating electromagnetic field*. EM waves are divided into *radio-* and *light waves*. An EM wave velocity V in a medium (Maxwell's formula) is:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}},$$

where ε and μ are relative dielectric and magnetic permeabilities of the medium, c is light velocity in vacuum.

EM waves are **transverse**, that is oscillations of intensity vectors \mathbf{E} of an alternating electric field and induction \mathbf{B} of an alternating magnetic field *are mutually*

лярні і лежать у площині, перпендикулярній вектору швидкості поширення хвилі V . Ці хвилі *переносять енергію* ЕМ поля у напрямку свого поширення (вектора V). *Об'ємна густина енергії* ЕМ поля хвилі:

$$\omega = \omega_{el} + \omega_m = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu\mu_0} \left[\frac{Дж}{м^3} \right].$$

де ε_0 і μ_0 - електрична та магнітна сталі в системі СІ.

Розділ 6 ОПТИКА

Оптикою називають розділ фізики, який вивчає явища і закономірності, пов'язані із виникненням, поширенням та взаємодією світлових ЕМ хвиль із речовиною.

6.1. Геометрична оптика

У *геометричній оптиці* розглядаються закони поширення світла у прозорих середовищах на основі уявлень про світло, як про сукупність **світлових променів** - ліній, уздовж яких поширюється енергія світлових ЕМ хвиль. Тут *не враховуються* хвильові властивості світла і пов'язані із ними дифракційні явища.

Абсолютний показник заломлення середовища n показує, у скільки разів швидкість поширення світла у *вакуумі* більша за швидкість світла у *цьому середовищі*, тобто:

$$n = \frac{c}{V} = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu},$$

де ε та μ - відносні діелектрична і магнітна проникності середовища. Для *будь-якого* середовища, крім вакууму, $n > 1$, і величина n *залежить від* частоти світла ν та стану середовища - її густини і температури.

Відносний показник заломлення n_{21} другого середовища відносно першого показує, у скільки разів швидкість поши-

perpendicular and are in the plane which is perpendicular to the vector V of a wave propagation. These waves *transfer energy* of the EM field at the direction of wave propagation (vector V). *The volume density of energy* of the wave EM field is:

$$\omega = \omega_{el} + \omega_m = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu\mu_0} \left[\frac{J}{m^3} \right].$$

where ε_0 and μ_0 are respectively electric and magnetic constants in the SI system.

Section 6 OPTICS

Optics is a branch of physics to study phenomena and regularities connected with emergence, propagation and interaction of light EM waves with a substance.

6.1. Geometric Optics

Geometric optics studies the laws of light wave propagation in transparent media on the base of the ideas of light as a set **of light beams** that is *lines* along which the energy of light EM waves propagates. Geometric optics *doesn't consider* the wave properties of light and diffraction phenomena related to them.

An absolute index of a medium refraction n shows what times the velocity of light wave propagation *in vacuum* is larger than the velocity of light in *a given medium*, i.e.

$$n = \frac{c}{V} = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu},$$

where ε and μ are relative dielectric permittivity and magnetic permeability of the medium. *Any medium*, but vacuum, has $n > 1$, and quantity n *depends on* the light frequency f and the medium state, that is its density and temperature.

A relative index of refraction n_{21} of an other medium as to the first one shows *what times* the velocity of light wave

рення світла у першому середовищі більша, ніж у другому:

$$n_{21} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

де n_1 та n_2 - абсолютні показники заломлення першого і другого середовищ відповідно.

Середовище називається **оптично однорідним**, якщо його показник заломлення *скрізь однаковий*. У оптично однорідному середовищі світло поширюється **прямолінійно** (закон прямолінійного поширення світла).

Пучки світлових променів при **перетинанні** поширюються **незалежно один від другого** (закон незалежності світлових пучків).

При падінні світлових променів на *ідеально плоску межу* розділу двох прозорих середовищ, відбуваються явища **відбивання** і **заломлення** світла. Напрямок поширення світла *змінюється* при переході його в друге середовище, за виключенням випадку *перпендикулярного* падіння променів на межу **розподілу**. **Кутом падіння** α називається кут між падаючим променем і перпендикуляром до границі **розподілу**, проведеним у **точці** падіння. **Кутом відбивання** α' називається кут між відбитим променем і тим самим перпендикуляром. **Кутом заломлення** β називається кут між заломленим променем і цим перпендикуляром.

Закон відбивання світла: падаючий промінь, відбитий промінь і перпендикуляр до межі **розподілу** двох середовищ, відновлений із точки падіння, *лежать у одній площині*, при цьому кут відбивання α' *дорівнює* куту падіння α .

Відбивання світла, яке задовольняє цьому закону, називається **дзеркальним**. Якщо умова дзеркальності *не виконується*, закон відбивання несправедливий, а відбивання світла називається **дифузним**.

propagation in the first medium is larger than the one in the second medium:

$$n_{21} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

where n_1 , n_2 are absolute indices of refraction of the first and second media, respectively.

A medium is called **optically homogeneous** if its index of refraction is *the same everywhere*. In an optically homogeneous medium light propagates **straight** (the law of the straight light wave propagation).

When crossing, light beams propagate **independently of each other** (the law of light beams independence).

When light beams are incident on a *perfectly plane boundary* of two transparent media, the phenomena of light **reflection** and **refraction** take place. The direction of light propagation changes when passing into the other medium, *except* when light beams are incident on the boundary perpendicularly. **The angle of incidence** α is the angle between an incident beam and a perpendicular to the boundary restored in the point of incidence. **The angle of reflection** α' is the angle between a reflected beam and the perpendicular. **The angle of refraction** β is the angle between a refracted beam and this perpendicular.

The law of light reflection: an incident beam, a reflected beam and the perpendicular to the boundary of two media restored in the point of incidence are *within one plane*, the angle of reflection α' being equal to the angle of incidence.

Light reflection answering this law is called **mirror reflection**. If a mirror reflection condition *is not satisfied*, the law of reflection is invalid, and light reflection is called **diffuse**.

Закон заломлення світла: падаючий і заломлений промені, а також перпендикуляр, проведений у **точці** падіння, *лежать у одній площині*. Відношення синусів кутів падіння та заломлення для двох середовищ є величиною, що дорівнює відносному показнику заломлення цих середовищ:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Закони *відбивання* і *заломлення* світла справедливі для **однорідних ізотропних середовищ** у відсутності поглинання світла. Якщо $n_{21} > 1$, то друге середовище називається *оптично більш густим*. Якщо світлові промені із оптично більш густого середовища падають на границю розподілу із оптично менш густим середовищем (наприклад, зі скла у воду), то кут заломлення β буде *більшим* за кут падіння α . При збільшенні кута падіння, для деякого α_{\max} кут заломлення β стане рівним 90° , і світло *не перейде у друге середовище*. Це явище називається **повним відбиванням**. Кут α_{\max} називається *граничним кутом повного відбивання*. Якщо світло переходить із середовища з показником заломлення n_1 у повітря з $n_2=1$, то граничний кут повного відбивання можна визначити із умови:

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{1}{n_1}.$$

6.2 Лінзи

Лінзою називають прозоре тіло, обмежене з двох боків криволінійними поверхнями. В окремому випадку одна із поверхонь може бути *плоскою*. У більшості випадків обидві поверхні, які обмежують лінзу, *сферичні*. Лінза вважається **тонкою**, якщо її товщина *набагато менша* за радіуси **кривини** R_1 та R_2 її поверхонь.

The law of light refraction: an incident beam and a refracted beam as well as the perpendicular restored in the point of incidence *are within one plane*. The relation of sines of the angles of incidence and refraction for two given media *is constant* and equal to a relative refractive index of these media:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}.$$

The laws of light *reflection* and *refraction* are valid for **homogeneous isotropic media** when there is no light absorption. If $n_{21} > 1$, the other medium is called *optically denser*. If light beams from an *optically denser medium* are incident on the boundary of an *optically less dense medium* (for example, from glass into water), the angle of refraction β will be *larger* than the angle of incidence α . When increasing the angle of incidence, for some α_{\max} the angle of refraction β turns to be equal to 90° and light *does not pass into the other medium*. This phenomenon is called **total reflection**. The angle α_{\max} is called a *critical angle of total reflection*. If light passes from a medium with an index of refraction n_1 into the air with $n_2=1$, then α_{\max} can be found from the formulae:

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{1}{n_1}.$$

6.2 Lenses

Lens is a transparent glass limited on both sides *by a curvilinear surface*. In a particular case one of the surfaces may be *flat*. In most cases both surfaces limiting a lens *are spherical*. A lens **is thin** if its thickness is *much less* than the radii of curvature R_1 and R_2 of its both surfaces.

Пряму, проведену через центри кривини обох поверхонь, називають **головною оптичною віссю** лінзи. У тонкій лінзі точки перетину головної оптичної осі із обома поверхнями O_1 та O_2 можна вважати сполученими у одній точці O , яка називається **оптичним центром лінзи**. Будь-який промінь світла, що проходить через оптичний центр лінзи, не змінює свого напрямку, не заломлюється лінзою.

Промені параксiального (приосcового) пучка, що поширюються паралельно головній оптичній осі, перетинаються у точці, яка лежить на цій осі і називається **фокусом лінзи**. У будь-якої лінзи існують два фокуси по обидва боки від неї.

Площина, проведена через фокус лінзи перпендикулярно до її головної оптичної осі, називається **фокальною площиною**.

Відстань від оптичного центру лінзи до її фокусів називається **фокусною відстанню лінзи F** :

$$\frac{1}{F} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right),$$

де n_1 і n_2 - абсолютні показники заломлення для матеріалу лінзи та оточуючого середовища, R_1 та R_2 - радіуси кривини передньої і задньої (відносно предмета) поверхонь лінзи.

Формула тонкої лінзи, справедлива для параксiальних променів:

$$\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F},$$

де d і f - відстані до предмета та його зображення, які відраховуються від оптичного центра лінзи уздовж її головної оптичної осі, F - фокусна відстань лінзи. Знак "+" - для збірної лінзи, а знак "-" - для розсіювальної.

Лінза називається **збірною**, якщо її краї тонші за середину. Для скляних лінз

A straight line drawn through the centers of curvature of both surfaces is called a lens **principal optical axis**. In a *thin lens* the points of intersection of the principal optical axis and both surfaces O_1 and O_2 may be considered as merging into one point O which is called **the lens optical centre**. Any light beam passing through the lens optical centre *doesn't change* its direction (*it is not refracted by a lens*).

Beams of a paraxial (*biaxial*) light beam propagating in parallel with the principal optical axis, cross in the point on this axis and are called **a lens focus**. Any lens has *two focuses* on its both sides.

A plane passing through the lens focus *perpendicular* to the principal optical axis is called **a focal plane**.

The distance between the lens optical centre and its focuses is called **a lens focal distance F** :

$$\frac{1}{F} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right),$$

where n_1 and n_2 are absolute refractive indices for a lens material and the environment, R_1 and R_2 are the radii of curvature of the front and back (as to the object) surfaces of a lens.

A thin lens formula is true for paraxial rays:

$$\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F},$$

where d and f are distances to the object and to its image which are counted off from the lens optical centre along its principal optical axis, F is a lens focal distance. The sign "+" is for a *converging lens*, the sign "-" is for a *diverging lens*.

A lens is called **converging** if its edges are *thinner* than its centre. For glass

у повітрі ($n_2 > n_1$) збірними є *двоопуклі*, *плоско-опуклі* та *вгнуто-опуклі* лінзи.

Лінза називається *розсіювальною*, якщо її середина *тонша*, ніж краї. Розсіювальними є *двовгнуті*, *плоско-вгнуті* та *опукло-вгнуті* лінзи.

Для збірних лінз фокуси *дійсні*, а для розсіювальних - *уявні*.

Величина $D=1/F$ називається *оптичною силою* лінзи. Для збірних лінз $D > 0$, а для розсіювальних $D < 0$. Оптична сила вимірюється в *діоптріях*:

$$1 \text{ Дітр} = 1 \text{ м}^{-1}.$$

Зображення будь-якої точки предмету в лінзі знаходиться у *точці перетину двох променів* (або їхніх *продовжень*), які вийшли із цієї точки і пройшли через лінзу. Звичайно для побудови зображень використовуються *два із трьох* променів:

- 1) промінь, який проходить без заломлення *через оптичний центр* лінзи;
- 2) промінь, який падає *паралельно головній оптичній вісі* – після заломлення в лінзі цей промінь (або його продовження) проходить через задній відносно до предмету *головний фокус*;
- 3) промінь (або його продовження), який проходить через *передній головний фокус*, а після заломлення в лінзі йде *паралельно головній оптичній вісі*.

Лінійним поперечним збільшенням тонкої лінзи Y називається відношення лінійних розмірів *зображення* h_z та *предмету* h_{np} , розташованих перпендикулярно до головної оптичної *вісі*:

$$Y = \frac{h_z}{h_{np}}.$$

Знак "+" ($Y > 0$) відповідає *прямому зображенню*, а знак "-" ($Y < 0$) – *оберненому* (перевернутому) *зображенню*. Із подібності трикутників, отриманих при побудові

lenses in the air ($n_2 > n_1$) converging lenses are *biconvex*, *plano-convex* and *concavo-convex*.

A lens is called *diverging* if its centre is *thinner* than its edges. Diverging lenses are *biconcave*, *plano-concave* and *convexo-concave*.

For *converging* lenses focuses *are real*, and for *diverging* lenses - *imaginary*.

The quantity $D=1/F$ is called *a lens focal power*. For *converging* lenses $D > 0$, for *diverging* ones $D < 0$. The focal power is measured in *dioptrs*:

$$1 \text{ Dptr} = 1 \text{ m}^{-1}.$$

An image of any point of a subject is *in the point of intersection of two beams* (or *their length*) coming out of this point and passing through a lens. To draw images *two (out of three)* beams are used:

- 1) a beam passing *through a lens optical centre* without refraction;
- 2) a beam falling down *in parallel with the principal optical axis* - after refraction in a lens this beam or its length passes through the back as to the subject *principal focus*;
- 3) a beam (or its length) which passes through *the front principal focus* and after refracting in the lens goes *in parallel with the principal optical axis*.

A linear lateral magnification of a thin lens m is called a relation of linear dimensions of an image h_{im} and a subject h_s , which are placed perpendicurlry to the principal optical axis.

$$m = \frac{h_{im}}{h_s}.$$

The sign "+" ($m > 0$) corresponds to the *direct image*, and the sign "-" ($m < 0$) corresponds to the *reversed* (inverted) *image*. Out of the similarity of the trian-

дові зображення у лінзі, для лінійного збільшення виходить:

$$Y = \frac{f}{d}.$$

З урахуванням правила знаків для f і d , для дійсних зображень $Y < 0$, тобто, вони **обернені**, для уявних зображень $Y > 0$ - вони **прямі**.

6.3 Хвильова оптика

Хвильовою оптикою називається розділ учення про світло, у якому воно розглядається як **електромагнітні хвилі**, які займають певний інтервал на шкалі ЕМ хвиль. У хвильовій оптиці розглядаються закони **випромінювання, поширення і взаємодії** світлових хвиль із речовиною.

Швидкість світла визначається аналогічно швидкості поширення хвилі будь-якої природи. Швидкість поширення світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Виміри швидкості світла V у різних прозорих середовищах підтвердили, що вона зменшується у порівнянні зі швидкістю c у вакуумі відповідно із формулою:

$$V = \frac{c}{n},$$

де $n = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}$ - абсолютний показник заломлення даної речовини.

Інтерференція світла

Інтерференцією хвиль називається явище накладання хвиль, при якому відбувається їхнє **взаємне посилення** у одних точках простору і **ослаблення** - у інших. Результат інтерференції залежить від **різниць фаз** $\Delta\varphi$ хвиль, які накладаються. Інтерферувати можуть тільки **когерентні хвилі**, у яких коливання відбуваються уздовж **одного напрямку**. Хвилі (та збуджуючі їх джерела) називаються

gles having resulted from drawing an image in a lens, it follows for linear magnification:

$$Y = \frac{f}{d}.$$

Taking into account the rule of signs for f and d , for **real images** $m < 0$, that is they **are reversed**, for **imaginary ones** $m > 0$, that is they **are direct**.

6.3 Wave Optics

Wave optics is a part of the study of light in which it is considered as **electromagnetic waves** taking a certain interval on the scale of the EM waves. In wave optics there are considered the laws of **radiation, propagation, and interaction** of light waves and a substance.

Velocity of light is determined in the same way as the wave velocity of any type. Light velocity in vacuum is equal to $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Measurements of light velocity V in different transparent media have confirmed that it **slows down** in comparison with the velocity c in vacuum according to the formula:

$$V = \frac{c}{n},$$

where $n = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}$ is an absolute refractive index of a given substance.

Interference of Light

Wave interference is the phenomenon of wave superposition when their **mutual amplification** takes place in some points of the space and **their attenuation** takes place in the other points. The result of interference is **dependent on the difference of phases** $\Delta\varphi$ of superimposed waves. Only **coherent waves** in which oscillations are set up along **the same direction** can interfere. Waves (and sources exiting

когерентними, якщо різниця фаз хвиль не залежить від часу (залишається постійною):

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \text{const.}$$

Дві синусоїдальні хвилі **когерентні**, якщо їхні частоти однакові ($\omega_1 = \omega_2$).

Інтерференцією світла називають явище інтерференції ЕМ хвиль *оптичного діапазону*, у яких коливання відбуваються у *однакових площинах*. Результат накладання когерентних світлових хвиль, спостережуваний на екрані у вигляді максимумів і мінімумів освітленості, що чергуються між собою, називають *інтерференційною картиною*. При накладанні некогерентних світлових хвиль відбувається тільки *посилення світла*, а інтерференція не спостерігається.

Швидкість V поширення ЕМ хвилі в речовині зменшується у n -разів: $V = c/n$. Тому,

$$\lambda = V \cdot T = \frac{c}{n} \cdot T = \frac{\lambda_0}{n},$$

тобто, довжина світлової хвилі λ у речовині із показником заломлення n зменшується у порівнянні із довжиною хвилі λ_0 у вакуумі. На відстані d , яку проходить ЕМ хвиля у речовині, укладається кількість довжин хвиль у n -разів *більша*, ніж у вакуумі. У оптиці вводиться поняття **оптичної довжини хвилі** $\Delta = n d$, де d – геометрична довжина шляху хвилі, n – показник заломлення середовища. *Оптична довжина шляху* Δ характеризує кількість довжин хвиль, які укладаються у даному середовищі на геометричному шляху хвилі. Світлові хвилі, випущені когерентними джерелами S_1 і S_2 , можуть поширюватись в різних речовинах із показниками заломлення n_1 і n_2 . Різниця δ оптичних довжин шляхів двох променів називається **оптичною різницею ходу**:

$$\delta = \Delta_2 - \Delta_1 = n_2 \cdot d_2 - n_1 \cdot d_1.$$

them) are called **coherent** if the phase difference of waves is not dependent on time (it remains constant):

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \text{const.}$$

Two sinusoidal waves are **coherent** if their frequencies are the same $\omega_1 = \omega_2$.

Interference of light is the phenomenon of interference of EM waves of an optical band in which oscillations take place in the identical planes. The result of superposition of coherent light waves observed on the screen in the form of alternating maxima and minima of illuminance is called the *interference (fringe) figure*. On superposing incoherent light waves, only *light amplification* takes place and no interference is observed.

The velocity V of an EM wave propagation in a substance decreases by n -times: $V = c/n$. So,

$$\lambda = V \cdot T = \frac{c}{n} \cdot T = \frac{\lambda_0}{n},$$

i.e., a light wavelength λ in a substance with refractive index n decreases in comparison with the wavelength λ_0 in vacuum. Within the distance d which an EM wave passes in a substance a number of wavelengths is n -times *more* as in vacuum. In optics there is introduced a concept of **a wave optical path length** $\Delta = n d$, where d is a geometrical path length of a wave, n is a refractive index. An optical path length Δ characterizes the number of wavelengths which are present within a given medium along the geometrical path length of a wave. Light waves emitted by coherent sources S_1 and S_2 can propagate in different substances having the refractive indices n_1 and n_2 . The difference δ of optical path lengths of two beams is called **the optical-distance difference**:

$$\delta = \Delta_2 - \Delta_1 = n_2 \cdot d_2 - n_1 \cdot d_1.$$

Умова посилення хвиль: на оптичній різниці ходу мусить укладатись *парна* кількість півхвиль (або ціла кількість довжин хвиль):

$$\delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ де } k=0, 1, 2, \dots$$

Умова ослаблення хвиль: на оптичній різниці ходу мусить укладатись *непарна* кількість півхвиль:

$$\delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}, k=0, 1, 2, \dots$$

Для інтерференції світла потрібно, щоб світлові хвилі були *когерентні*. **Методом її спостереження є розщеплення хвилі, яка випускається одним джерелом світла** на дві або декілька хвиль. Після проходження *різних* оптичних довжин шляхів, ці хвилі накладаються в точках спостереження і, маючи деяку *оптичну різницю ходу*, дають інтерференційну картину.

Дифракція світла

Дифракцією світла називається *огинання* світловими хвилями перешкод. Це явище указує на *порушення* законів геометричної оптики. Умовою спостереження дифракції є:

$$l \approx \frac{D^2}{4 \cdot \lambda},$$

де l - відстань від перешкоди, D - лінійні розміри перешкоди, λ - довжина хвилі світла.

Принцип Гюйгенса: кожна точка хвильового фронту є *джерелом вторинних сферичних хвиль*. Нове положення хвильового фронту через час Δt являє собою *обвідну поверхню* вторинних хвиль. Цей принцип є *чисто геометричним*, і дозволяє пояснити закони *відбивання* і *заломлення* світла.

Принцип Гюйгенса-Френеля: всі вторинні сферичні хвилі, що випромінені кожною точкою хвильового фронту, є

The condition of wave amplification: an optical-distance difference must contain an *even number* of half-waves (or an *integral number* of wave lengths):

$$\delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ where } k=0, 1, 2, \dots$$

The condition of wave attenuation: an optical-distance difference must contain an *odd number* of half-waves:

$$\delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}, k=0, 1, 2, \dots$$

To interfere light, it is necessary that light waves are *coherent*. The method of interfering light is *splitting* a wave emitted by one source of light into two or more waves. After covering *different* optical path lengths these waves superpose in the points of observation and, having some *optical-distance difference*, result in an interference (fringe) figure.

Light Diffraction

Light diffraction is the phenomenon of *bending around* an object by light waves. This phenomenon points to the *violation* of the laws of geometrical optics. The condition of diffraction is:

$$l \approx \frac{D^2}{4 \cdot \lambda},$$

where l is a distance from an obstacle, D are linear dimensions of an obstacle, λ is a light wave length.

Huygens principle states that every point of a wave front is a *source of secondary spherical waves*. A new position of a wave front in the time Δt is a *bending surface* of secondary waves. This principle is *geometrical only*, and it may explain the laws of *light reflection* and *refraction*.

Huygens-Fresnel principle states that all secondary spherical waves emitted by every point of a wave front are *coherent*

когерентними та інтерферують між собою. Цей принцип дозволяє пояснити закон *прямолінійного поширення світла*.

При дифракції світла на вузькій щілині, посилення світла (**дифракційні максимуми**) спостерігаються під кутами φ , які задовольняють умові:

$$b \cdot \sin \varphi = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

де b - ширина щілини, φ - кут дифракції (кут відхилення променя), k - порядок спектру ($k=0, 1, 2, \dots$).

Умова ослаблення світла (**дифракційні мінімуми**):

$$b \cdot \sin \varphi = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}.$$

Дифракційними ґратами у оптиці називається сукупність великої кількості *перешкод і отворів*, зосереджених на обмеженому просторі, на яких відбувається дифракція світла. Найпростішими дифракційними ґратами є система із N однакових *паралельних щілин* у плоскому непрозорому екрані шириною " b ", які розташовані на *рівних непрозорих* проміжках " a " одна від другої. Величина $d = a + b$ називається *сталого (періодом)* дифракційних ґрат. За принципом Гюйгенса-Френеля, кожна щілина ґрат є джерелом когерентних вторинних хвиль, здатних інтерферувати одна із одною. **Головні максимуми** при дифракції на ґратах спостерігаються під кутами φ , які задовольняють умові:

$$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda,$$

де $k=0, 1, 2, \dots$ - порядок спектру, φ - кут дифракції (кут відхилення світлового променя при дифракції).

6.4 Квантова оптика

Квантовою оптикою називають розділ учення про світло, у якому вивчають *дискретний характер* випромінювання,

and interfere between each other. This principle may explain the law of a *light rectilinear propagation*.

At a light diffraction on a narrow slot light amplification (**diffraction maxima**) are observed at the angles φ fulfilling the condition:

$$b \cdot \sin \varphi = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

where b is a slot width, φ is a *diffraction angle* (an angle of a beam deflection), $k = 0, 1, 2, \dots$ is a *spectrum order*.

The condition of light attenuation (**diffraction minima**) is

$$b \cdot \sin \varphi = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}.$$

Diffraction grating in optics is called a set of a large number of *obstacles and holes* concentrated within a limited space and on which light diffraction takes place. **The simplest** diffraction grating is the system of N separate closely spaced *parallel slots* (lines) in a flat opaque screen; every slot has a width " b " and they are placed at *equal opaque* distances " a " from one another. The quantity $d = a + b$ is called the *constant (the period)* of a diffraction grating. According to the Huygens-Fresnel principle every slot of a grating is a source of *coherent secondary waves* which can interfere between each other. **The principal maxima** under diffraction on the grating are observed at the angles φ which fulfill the condition:

$$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda,$$

where $k=0, 1, 2, \dots$ is a spectrum order, φ is a diffraction angle (the angle of a light beam deviation).

6.4 Quantum optics

Quantum optics is a branch of the theory of light in which they study a *discrete character* of radiation, propagation,

поширення і взаємодії світла із речовиною.

У квантовій оптиці світло розглядають як *потік особливих частинок - фотонів*, які не мають маси спокою і рухаються зі швидкістю світла у вакуумі c . Основні характеристики фотону - його енергія ε та імпульс p :

$$\varepsilon = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}, \quad p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda},$$

де ν - частота світлової ЕМ хвилі, λ - довжина хвилі у вакуумі, h - стала Планка ($h=6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж с).

Фотон має *масу* $m=E/c^2=h\nu/c^2$, яка є масою ЕМ поля і не пов'язана з масою спокою, оскільки *фотонів у спокої не існує*. У будь-якій інерціальній системі відліку швидкість світла у вакуумі дорівнює c . У речовині із показником заломлення n фотони завжди рухаються зі швидкістю світла у вакуумі, хоча швидкість V світлової хвилі у речовині у n -разів менша: $V=c/n$. Не можна змішувати швидкість V поширення фронту ЕМ хвилі у речовині зі швидкістю фотонів: фотони у речовині рухаються від одного її атома до іншого ніби у вакуумі, а "падаючи" у атом, поглинаються ним, а потім знову виникають.

Фотони випромінюються при переходах атомів, молекул, іонів та атомних ядер зі збуджених енергетичних станів - станів із більшою енергією - у стани із меншою енергією. Фотони випромінюються також при *прискоренні* і *гальмуванні* заряджених частинок, при *розпаді* деяких частинок та *знищенні пари* електрон-позитрон. Процес **поглинання світла** речовиною зводиться до того, що фотони повністю передають свою енергію частинкам речовини.

Енергія, імпульс і маса фотону виражаються через характеристики ЕМ хвилі - частоту або довжину хвилі у вакуумі.

and interaction of light and a substance.

In quantum optics light is considered as a *flux of special particles - photons*, having a zero rest mass and moving at the light velocity in vacuum c . The basic characteristics of a photon are its **energy** ε and **momentum** p :

$$\varepsilon = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}, \quad p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda},$$

where ν is a frequency of a light EM wave, λ is a wavelength in vacuum, h is the Planck constant ($h=6.63 \cdot 10^{-34}$ J·s).

A photon has **mass** $m=E/c^2=h\nu/c^2$ which is the mass of an EM field and has nothing in common with the rest mass as *there are no resting photons*. In any inertial reference frame a velocity of light in vacuum is equal to c . In a substance with a refractive index n photons *always move at a velocity of light in vacuum*, though the velocity V of a light wave in a substance is n -times the velocity in vacuum: $V=c/n$. *Do not confuse the velocity of propagation V of an EM wave front in a substance and the velocity of photons: in substance they pass from one atom to the other as in vacuum, and "running" into an atom they are absorbed by the atom and appear again.*

Photons are emitted when atoms, molecules, ions and nuclei transfer from excited energy states (states with a higher energy) into the states with a lower energy. Photons are also emitted at the acceleration and deceleration of charged particles, at the decay of some particles, and at the elimination of an electron-positron pair. The process of **light absorption** by a substance comes to the process, when photons *wholly transfer* their energy to substance particles.

Photon energy, momentum, and mass are expressed in terms of characteristics of an EM wave, i.e. a wave frequency or

У цьому проявляється **корпускулярно-хвильовий дуалізм** властивостей світла. З одного боку, світло має *хвильові властивості*, які виявляються у явищах інтерференції і дифракції, з іншого боку, світло являє собою *потік фотонів*. При *малих частотах ν* переважну роль грають хвильові властивості світла, а при *великих частотах* – його квантові властивості. Квантові та хвильові властивості світла *взаємно доповнюють* одне одного та відбивають закономірності поширення світла та його взаємодії з речовиною.

Явище фотоелектру

Фотоефектом називають явище взаємодії світла із речовиною, в результаті якого енергія фотонів передається електронам речовини. Для твердих і рідких тіл розрізняють **зовнішній і внутрішній** фотоефект. При *зовнішньому фотоефекті* поглинання фотонів супроводжується **вилітанням** електронів за межі тіла. При *внутрішньому фотоефекті* електрони, вивільнені з іонів, атомів або молекул, *залишаються усередині речовини*, але енергії електронів змінюються. У газах фотоефект полягає у явищі **фотоіонізації** – вивільненні електронів з атомів і молекул газу під дією світла.

Явище *зовнішнього фотоефекту* винайдене Г.Герцем, детально вивчене А.Г. Столетовим, а виявляється дослідями по вивільненню електронів із поверхні металів, опромінених короткохвильовим світлом. Електрони, які вилітають із поверхні тіла при зовнішньому фотоефекті, мають назву **фотоелектрони**. Фотоелектрони, прискорені електричним полем між катодом і анодом, утворюють **фотострум**. При збільшенні напруги U між катодом і анодом, фотострум зростає, але при заданій освітленості катоду при деякому значенні $U_{\text{нас}}$ сила фотоструму досягає **найбільшого значення $I_{\text{нас}}$** , яке на-

length of in vacuum. This is the idea of the **corpuscular-wave dualism** of light properties. On the one hand, light has *wave properties* which become evident in the phenomena of interference and diffraction, on the other hand, light is *a flux of photons*. At *low frequencies ν* wave properties prevail, and at *high frequencies* quantum properties of light do. Quantum and wave properties of light *are mutually complementary* and show interrelated regularities of light propagation and its interrelation with a substance.

Photo-effect Phenomenon

Photo-effect is a phenomenon of light interrelation with a substance in the result of which the energy of photons is transferred to substance electrons. Solids and liquids have both an **external** and **internal** photoeffect. Under *external photoeffect* photon absorption is accompanied by *the removal of electrons* outside a body. Under *internal photoeffect* electrons removed out of ions, atoms or molecules *stay inside a substance*, but their energies change. In gases, photoeffect means **photoionization**, i.e. a removal of electrons out of a gas atoms and molecules under light.

The phenomenon of an *external photoeffect* was discovered by H.Hertz and was studied in details by A.Stoletov. This phenomenon is detected by experiments to extract electrons out of the surface of metals radiated by a short-wave light. Electrons escaping out of a body surface under the external photoeffect are called **photoelectrons**. Photoelectrons accelerated by the electric field between cathode and anode form a **photocurrent**. As the voltage U between cathode and anode increases, a photocurrent grows up, but at a given cathode illuminance at some value of U_{sat} , a photocurrent power reaches its

зивається **фотострумом насичення**. При $U=U_{\text{нас}}$ всі електрони, які вилітають із катоду при його освітлюванні, досягають аноду. Існування фотоструму при негативних напругах від 0 до $-U_3$ пояснюється тим, що фотоелектрони, вибиті світлом із катоду, мають початкову кінетичну енергію, найбільше значення якої E_{max} дорівнює $mV_{\text{max}}^2/2$. Завдяки їй, електрони здійснюють роботу проти сил затримуючого електричного поля та досягають негативно зарядженого аноду. Згідно закону збереження енергії:

$$\frac{m \cdot V_{\text{max}}^2}{2} = e \cdot U_3,$$

де U_3 - **затримуюча напруга**, при якій фотострум **припиняється**. При всіх значеннях $U_3 < U$, фотострум відсутній.

Закони зовнішнього фото ефекту

- 1) **Максимальна швидкість** фотоелектронів V_{max} залежить від частоти світла та властивостей поверхні металу, і не залежить від освітленості катоду.
- 2) Сила **фотоструму насичення** $I_{\text{нас}}$ прямопропорційна **освітленості катоду**.
- 3) Для кожної речовини існує **порог (червона границя)** фото ефекту – така найменша частота ν_{min} , при якій фото ефект ще можливий.

Всі закони фото ефекту пояснюються **рівнянням Ейнштейна**:

$$h\nu = A_{\text{вих}} + \frac{mV_{\text{max}}^2}{2},$$

де $h\nu$ – енергія фотону, $A_{\text{вих}}$ – робота виходу електронів із металу, $mV_{\text{max}}^2/2$ – максимальна кінетична енергія E_{max} фотоелектрону, який вилетів із катоду.

Зовнішній фото ефект можливий **лише за умови $h\nu > A_{\text{вих}}$** . Червона границя фото ефекту $\nu_{\text{min}} = A_{\text{вих}}/h$ залежить від хімічної природи металу і стану його поверхні.

largest value I_{sat} that is called **saturation photocurrent**. If $U=U_{\text{sat}}$, all electrons escaping out of a cathode at its illuminance reach an anode. The existence of photocurrent at negative voltages from 0 up to $-U_d$ is explained by the fact that photoelectrons liberated by light out of a cathode have an initial kinetic energy, which largest value is $E_{\text{max}} = mV_{\text{max}}^2/2$. Due to this energy, electrons perform a work against the forces of a delaying electrical field and reach a negatively charged anode. By the law of conservation of energy:

$$\frac{m \cdot V_{\text{max}}^2}{2} = e \cdot U_d,$$

where U_d is the value of a **delaying voltage** when a photocurrent stops. At $U_d < U$, photocurrent is absent.

Laws of External Photo-effect

- 1) A maximum velocity of photoelectrons V_{max} depends on the light frequency and properties of a metal surface, and doesn't depend on a cathode illuminance.
- 2) A saturated photocurrent power I_{sat} is proportional to a cathode illuminance.
- 3) For each substance there is a threshold (a red boundary) of photo-effect, i.e. the least frequency ν_{min} when photo-effect is still possible.

All laws of photo-effect are explained by the **Einstein equation**:

$$h\nu = A + \frac{mV_{\text{max}}^2}{2},$$

where $h\nu$ is a photon energy, A is an electron work function of a metal, $mV_{\text{max}}^2/2$ is the maximum kinetic energy E_{max} of an outgoing from cathode photoelectron.

An external photo-effect is possible only at $h\nu > A$. A red boundary of photo-effect $\nu_{\text{min}} = A/h$ depends on a chemical nature of a metal and its surface state.

Рівняння Ейнштейна може бути переписане у вигляді:

$$h\nu = h\nu_{\min} + e \cdot U_3.$$

Внутрішній фотоэффект у напівпровідниках приводить до появи в ньому вільних носіїв струму і називається **фотопровідністю**. На явищі фотопровідності заснована будова фоторезисторів та фотоеlementів із внутрішнім фотоэффектом.

Тиск світла

Тиском світла називається тиск, що здійснюють ЕМ світлові хвилі, які падають на поверхню будь-якого тіла. Світловий тиск є наслідком того, що фотони мають імпульс p . При зіткненні фотону із поверхнею тіла, цей імпульс передається атомам або молекулам речовини (аналогічно, як тиск газу є результатом передачі імпульсу молекулами газу поверхні стінки посудини).

Тиск світла визначається **формулою Максвелла**:

$$p = (1+r) \cdot w,$$

де r - коефіцієнт відбивання світла поверхнею, w - об'ємна густина енергії ЕМ поля хвилі.

Тиск світла на ідеально відбиваючу (дзеркальну) поверхню ($r=1$) $p=2w$ удвічі перевищує тиск світла $p=w$ для абсолютно чорного тіла ($r=0$). Різниця тисків в цих двох випадках пояснюється тим, що імпульс фотону $p=h\nu/c$ у випадку поглинаючої поверхні передається атомам тіла. При відбиванні від дзеркальної поверхні імпульс фотону $h\nu/c$ змінюється на протилежний $-h\nu/c$, тому імпульс, переданий частинкам речовини, становить $\Delta p = 2h\nu/c$. Існування світлового тиску і справедливості формули Максвелла були експериментально доведені дослідниками П.Н.Лебедева.

The Einstein equation can be given in the following form:

$$h\nu = h\nu_{\min} + e \cdot U_d.$$

An internal photoeffect in semiconductors results in emerging free current carriers and is called **photoconductivity**. The phenomenon of photoconductivity is the basis of photoresistors and photoelements with the internal photoeffect.

Light Pressure

Light pressure is the pressure produced by EM light waves falling on the surface of some body. Light pressure results from the fact that photons have a momentum p . When a photon collides with a body surface, this momentum goes over to atoms or molecules of the substance (just like pressure of gas is a result of impulsing by gas molecules to the surface of vessel walls).

Light pressure is determined by the **Maxwell formula**:

$$p = (1+r) \cdot w,$$

where r is a coefficient of light reflection by a surface, w is a volumetric energy density of a wave EM field.

Light pressure on a perfectly reflecting (mirror) surface ($r=1$) $p=2w$ is twice of light pressure $p=w$ for an absolutely black body ($r=0$). Differences of pressure in these two cases are explained by the fact that a photon momentum $p=h\nu/c$ in the case with an absorbing surface goes over to body atoms. When reflecting off a mirror surface, a photon momentum $h\nu/c$ changes its sign on the opposite one $-h\nu/c$, so the momentum imparted to substance particles is $\Delta p = 2h\nu/c$. The existence of light pressure and the validity of the Maxwell formula were proved by P. N. Lebedev's experiments.

7.1 Будова атома и ядра

Ядерною (планетарною) моделлю називається така модель структури атома, у якій весь *позитивний заряд* атома зосереджений у *ядрі* - області, яка займає *малий об'єм* порівняно з усім об'ємом атома. Лінійні *розміри ядра складають* приблизно $10^{-15} \div 10^{-14}$ м. Решту частини атому, лінійні *розміри* якого приблизно 10^{-10} м, займає хмара *негативно заряджених електронів*. Абсолютне значення сумарного негативного заряду електронів *дорівнює* позитивному заряду ядра. Кількість *протонів* у ядрі *дорівнює* кількості електронів у негативно зарядженій хмарі та *свівпадає* із порядковим номером атома даного хімічного елементу Z у періодичній системі Менделєєва. Практично вся маса атома *зосереджена у його ядрі*. Ядерна модель з'явилась, як результат дослідів Резерфорда, який вивчав проходження α -частинок через тонкі металеві пластинки.

В основі *квантової теорії будови атома*, розвиненій Н.Бором, лежить ідея об'єднання у єдине ціле:

- 1) закономірностей *лінійчатого спектру* атома водню;
- 2) *ядерної моделі* атома Резерфорда;
- 3) *квантового характеру* випромінювання і поглинання світла.

Для здійснення цієї ідеї Бор висунув *два постулати*, названих його ім'ям:

I. У атомі існують *стаціонарні квантові стани*, кожному із яких відповідає певна енергія E_n ; перебуваючи у стаціонарних станах, атом *не випромінює* ЕМ хвиль.

II. При переході атома із одного стаціонарного стану у інший, *випромінюється* або *поглинається* фотон (квант ЕМ випромінювання). Енергія фотону дорівнює

7.1 The Structure of Atom and Nucleus

A nuclear (planetary) model is called such a model of an atom structure in which the whole *positive charge* of an atom is concentrated *in the nucleus* - in the area taking a *small volume* in comparison with the whole volume of an atom. The linear *dimensions of a nucleus* are $10^{-15} \div 10^{-14}$ m. The rest part of an atom, which *dimensions* are 10^{-10} m, is taken by a cloud of *ne-gatively charged electrons*. An absolute value of a total negative charge of elect-rons *is equal* to a nucleus positive charge. The number *of protons* in a nucleus *is eq-ual* to the number of electrons in a negati-vely charged cloub and *is the same* as the ordinal number of a given chemical element atom Z in the Periodic System of Elements. Practically the whole mass of an atom *is concentrated in its nucleus*. The nuclear model resulted from *Reserford's experiments*, who studied α -partic-les passing through fine metallic plates.

The quantum theory of an atom structure, developed by N.Bohr, has as its basis the idea *of joining together*:

- 1) regularities *of the line spectrum* of a hydrogen atom;
- 2) *Reserford's nuclear model* of an atom;
- 3) *the quantum character* of light radiation and absorption.

To realize this idea, Bohr suggested *two postulates* named after him:

I. Within an atom there are *stationary quantum states* each with its own definite energy E_n ; being in stationary states, an atom *does not radiate* EM waves.

II. A photon (a quantum of EM radiation) *is emitted or absorbed* when an atom makes a transition between two stationary states. A photon energy is equal to energy

різниці енергій атома у двох стаціонарних станах:

$$h\nu = E_m - E_n.$$

Якщо $E_m > E_n$, то фотон **випромінюється**, а якщо $E_m < E_n$, то фотон **поглинається**.

Ядро атома будь-якого хімічного елемента складається із **позитивно заряджених протонів** і **нейтронів**, які не мають електричного заряду. Заряд протону за абсолютною величиною дорівнює заряду електрона. Протон і нейтрон є двома зарядовими станами ядерної частинки, яка називається **нуклоном**. Кількість протонів у ядрі Z (заряд ядра Ze) збігається із атомним номером відповідного хімічного елемента у періодичній системі елементів. Кількість нейтронів у ядрі позначається N .

Масовим числом ядра A називається загальне число нуклонів у ядрі: $A = (Z + N)$. Символ для позначення ядра: ${}_Z^AX$, де X - позначення хімічного елемента у періодичній системі. Ядра із однаковими значеннями зарядового числа Z , але різними значеннями A (відрізняються числом нейтронів), називаються **ізотопами**. Існує близько 300 стійких і близько 2000 нестійких (радіоактивних) ізотопів всіх відомих хімічних елементів.

Маса атомного ядра **практично збігається** із масою всього атома, оскільки маса електронів у атомі мала (маса електрону m_e становить $1/1836$ від маси протону m_p). Маси атомів вимірюють у спеціальних **атомних одиницях маси** (а.о.м.) - $1/12$ маси ізотопу вуглецю ${}^{12}_6\text{C}$: 1 а.о.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг. Масові числа протона та нейтрона **однакові** і рівні 1 а.о.м.

Атомне ядро **не має** різко виражених границь. Це зв'язано із тим, що нуклони володіють **хвильовими властивостями**. Об'єм ядра пропорційний кількості нуклонів у ядрі A . Якщо вважати ядро **сфе-**

difference of an atom in two stationary states:

$$h\nu = E_m - E_n.$$

If $E_m > E_n$, then photon **is released**, if $E_m < E_n$ - **it is absorbed**.

An atomic nucleus of any chemical element atom consists of **positively charged protons** and **neutrons** having no electrical charge. A proton charge is equal in magnitude to the charge of an electron. Proton and neutron are two charge states of a nuclear particle which is called **nucleon**. The number of protons in a nucleus Z (Ze is a nucleus charge) corresponds to the atomic number of a given chemical element in the Periodic System of Elements. The number of neutrons in a nucleus is symbolized with N .

A nucleus **mass number** A is the **number of nucleons** in the nucleus: $A = (Z + N)$. The symbol for a nucleus is ${}_Z^AX$, where X is a symbol of a chemical element in the Periodic System. Nuclei with the same magnitudes of a charge number Z , but with different magnitudes of A (they differ in the number of neutrons) are called **isotopes**. There are about 300 stable and about 2000 unstable (radioactive) isotopes of all known chemical elements.

The mass of an atomic nucleus is **practically the same** as the mass of the whole atom, as the mass of electrons in an atom is small (the mass of an electron m_e is $1/1836$ of a m_p). Atomic masses are measured in a special **atomic mass unit** (a.m.u.) which is $1/12$ of the carbon isotope ${}^{12}_6\text{C}$ mass: 1 a.m.u. = $1.66 \cdot 10^{-27}$ kg. Mass numbers of a neutron and proton **are the same** and are equal to 1 a.m.u.

An atomic nucleus **has no** strict boundaries. It's because nucleons **have wave properties**. The volume of an atom is proportional to the number of nucleons A in a nucleus. If a nucleus is considered be-

пою радіуса R , то R обчислюється за емпіричною формулою:

$$R=R_0 A^{1/3},$$

де $R_0=(1,3\div 1,7)\cdot 10^{-15}$ м. Найбільш важкі ядра мають радіуси, наближені по порядку величини до 10^{-14} м.

Енергією зв'язку атомного ядра $\Delta E_{\text{зв}}$ називається фізична величина, що за абсолютною величиною дорівнює *тієї роботи*, яку треба здійснити для розщеплення ядра на складові нуклони без надання їм кінетичної енергії. Із закону збереження енергії випливає, що при утворенні ядра із складових його нуклонів мусить *виділятися* енергія. Ця енергія має назву енергії зв'язку ядра $\Delta E_{\text{зв}}$. Середня енергія зв'язку, яка припадає на один нуклон, називається **питомою енергією зв'язку**.

Мірою енергії зв'язку атомного ядра є **дефект маси**. Дефектом маси Δm називається *різниця* між сумарною масою всіх нуклонів ядра у вільному стані та масою самого ядра $M_{\text{я}}$:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_{\text{я}}.$$

Тут Z – кількість протонів у ядрі, m_p – маса протону, $(A-Z)$ – кількість нейтронів у ядрі, m_n – маса нейтрону. Якщо $\Delta E_{\text{зв}}$ – енергія зв'язку ядра, яка *виділяється* при його утворенні, то відповідна їй маса $\Delta m = \Delta E_{\text{зв}}/c^2$ характеризує *зменшення* сумарної маси всіх нуклонів при утворенні ядра. Отже,

$$\Delta E_{\text{зв}} = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_{\text{я}}] \cdot c^2.$$

При розрахунках *енергії зв'язку* ядер використовується співвідношення:

$$\Delta E_{\text{зв}} = 931 \cdot \Delta m \text{ (MeV)},$$

де 931 MeV – енергія, яка відповідає *одній атомній одиниці маси*.

ing a sphere of the radius R , then R is calculated by the empirical formula:

$$R=R_0 A^{1/3},$$

where $R_0=(1.3\div 1.7)\cdot 10^{-15}$ m. The heaviest nuclei have the radii approximating by the magnitude order to 10^{-14} m.

A **binding energy** of an atom ΔE_b is called a physical quantity equal by its absolute magnitude to the work, which has to be done to split a nucleus into its constituent nucleons without transferring kinetic energy to them. From the law of conservation of energy it follows that when a nucleus is being formed from its constituent nucleons, energy equal to a binding energy of an atom ΔE_b has to be emitted. An average binding energy of one nucleon is called a **specific binding energy**.

The measure of an atomic nucleus binding energy ΔE_b is **mass defect** Δm , that is a *difference* between the sum of masses of all individual nucleons of a nucleus in a free state and the mass of the nucleus itself M_N

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_N.$$

Here Z and $(A-Z)$ is the number of protons and neutrons in a nucleus, m_p and m_n is the mass of a proton and neutron. If ΔE_b is the nucleus binding energy emitted in its forming, then its corresponding mass $\Delta m = \Delta E_b/c^2$ characterizes a *decrease* of the sum of masses of all nucleons when a nucleus is being formed. Therefore,

$$\Delta E_b = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_N] \cdot c^2.$$

When calculating the binding energy of nuclei, the following formula is used:

$$\Delta E_b = 931 \cdot \Delta m \text{ (MeV)},$$

where 931 MeV is the energy corresponding to one atomic mass unit.

$$1 \text{ eB} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Сили, які діють між нуклонами у ядрі і які забезпечують існування стійких ядер, називаються **ядерними силами**. Ці сили мають ряд **особливих властивостей**:

а) вони **відрізняються** від гравітаційних і електромагнітних сил та є прикладом **сильних взаємодій** між елементарними частинками.

б) вони є **короткодійними**. Відстань, на якій діють ці сили, називається **радіусом дії ядерних сил** r , який порівняльний із лінійними розмірами самих нуклонів ($r \sim 2 \times 10^{-15} \text{ м}$).

в) вони мають властивість **зарядової незалежності**: між двома протонами, двома нейтронами або між протоном і нейтроном ці **сили однакові**. Тому вони **не мають** електромагнітного походження.

г) вони мають **властивість насичення**: кожен нуклон взаємодіє **тільки** із обмеженою кількістю **найближчих** до нього нуклонів, а не з усіма нуклонами ядра.

д) вони **не є центральними** силами на відміну від кулонівських або гравітаційних, які **залежать від відстані** між частинками.

е) вони мають **обмінний характер**: сили взаємодії між двома ядерними частинками розглядають, як результат обміну між ними деякою **проміжною частинкою**.

Forces acting between nucleons in a nucleus and ensuring the existence of stable nuclei are called **nuclear forces**. These forces have **some peculiar properties**:

a) They differ from gravitational and electromagnetic forces and are an example of **strong interactions** between elementary particles.

b) They are **short-range forces**. The distance these nuclear forces act is called a **radius effective range** r which is compared with the linear dimensions of nucleons themselves ($r \sim 2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$).

c) They have the property of **charge independence**: between two protons, two neutrons or between a proton and neutron these forces **are the same**. That's the reason why **they cannot have** the electromagnetic nature.

d) They have the **property of saturation**: each nucleon interacts **only** with a limited number of its **nearest** nucleons but not with all nucleons of a nucleus.

e) They **are not central forces** unlike the Coulomb and gravitational forces which are **dependent on the distance** between particles.

f) They have an **exchangeable character**: forces interacting between two nuclear particles are considered as a result of interchange of some **intermediate particle**.

7.2 Природна радіоактивність

Природною радіоактивністю називається **самочинне** перетворення ядер нестійких ізотопів одного хімічного елементу у ядра ізотопів інших хімічних елементів. Це явище супроводжується **випромінюванням** визначених частинок (α - і β -випромінюваннями), антинейтрино, а також короткохвильового ЕМ випромінювання (γ -випромінювання). Як правило, воно спостерігається у **важких ядер** елементів, які розташовуються у періо-

7.2 Natural Radioactivity

Natural radioactivity is a **spontaneous** transformation of the nuclei of unstable isotopes of one chemical element into the nuclei of isotopes of other chemical elements. This phenomenon is accompanied by **emission** of some particles: α -, β -radiations, antineutrino, as well as a short-wave EM radiation (γ -radiation). As a rule, this phenomenon is observed **with heavy nuclei** of the elements which are arranged after lead *Pb* in the Periodic System of

дичній системі елементів за свинцем Pb , хоча існують також *легкі радіоактивні ядра* ($^{14}_6C$, $^{40}_{19}K$, $^{137}_{87}Rb$ та інші).

Склад радіоактивних α -, β - і γ -випромінювань встановлено *по їхньому відхиленню* у магнітному полі. Відомо, що **α -випромінювання** являє собою потік ядер гелію (α -частинки). **β -частинки** є потоком швидких електронів з енергією, яка досягає значення 10 MeV, і швидкістю, що наближається до швидкості світла у вакуумі. **γ -випромінювання** являє собою жорстке ЕМ випромінювання, яке відрізняється від інших випромінювань максимальною проникаючою здатністю. Частоти γ -випромінювань вищі за частоти найжорсткіших рентгенівських променів.

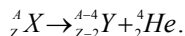
Властивості радіоактивних випромінювань (РВ), установлені за їхньою взаємодією із речовиною:

- а) всі РВ певною мірою мають *хімічну дію*, зокрема, спричиняють почорніння фотопластинок.
- б) РВ викликають *іонізацію газів*, а іноді, і твердих та рідких тіл, крізь які вони проходять.
- в) РВ збуджують *люмінесценцію* твердих і рідких тіл.

Ці властивості лежать в основі експериментальних *методів виявлення* і дослідження РВ: сцинтиляційних лічильників, лічильника Гейгера, камери Вільсона, бульбашкової камери, методу ядерних фотоемулсій.

Перетворення атомних ядер, які супроводжуються випусканням α - та β -випромінювань, називаються відповідно **α - та β -розпадом**. Терміну " γ -розпад" не існує. Ядро, яке розпадається, називається **материнським**, а ядро продукту розпаду – **дочірнім**.

Правила зміщення ядер при радіоактивному розпаді. При α -розпаді:



Elements, though there are *light radioactive nuclei* as well ($^{14}_6C$, $^{40}_{19}K$, $^{137}_{87}Rb$ and others).

The composition of the radioactive α -, β - and γ -radiations has been found by *their deflection* in the magnetic field. It's known that **α -radiation** is the *flux of helium nuclei* (α -particles). **β -particles** are the *flux of fast-moving electrons* which have energies up to 10 MeV and their speed is close to the velocity of light in vacuum. **γ -radiation** is a *hard EM radiation* which is highly penetrating. Frequencies of γ -radiations are *higher than* frequencies of the hardest X-rays.

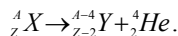
Properties of radioactive radiations (RR) have been fixed by their interaction with a substance:

- a) All RR to this or that degree have *chemical effects*, in particular, they cause the blackening of photo plates.
- b) RR induce *ionization* of gases, and sometimes, of solids and liquids through which they pass.
- c) RR give rise to *luminescence* of solids and liquids.

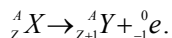
These properties are the basis of the experimental *methods of detection* and investigation of the RR: scintillation counters, Geiger counter, Wilson cloud chamber, bubble chamber, the method of nuclear photo emulsion.

Transformations of atomic nuclei which are accompanied by the emission of α - and β -radiations are called **α - and β -decay**, respectively. There is no term " γ -decay". A decaying nucleus is called a **parent nucleus**, and a nucleus of decay product is called a **daughter nucleus**.

There are **rules of a nuclear shift** under the radioactive decay. At α -decay:



При електронному β -розпаді:



(Існує і позитронний β_+ -розпад). α -розпад зменшує масове число ядра на 4, а заряд ядра - на 2 елементарних позитивних заряди, тобто, змищує хімічний елемент на 2 клітки вліво у періодичній системі. При β -розпаді масове число не змінюється, а заряд ядра збільшується на одиницю. Хімічний елемент переміщується на одну клітку вправо у періодичній системі. Правила зміщення є наслідками законів збереження електричного заряду і кількості нуклонів у ядерних перетвореннях.

Основний закон радіоактивного розпаду являє собою закон зменшення у часі кількості радіоактивних ядер:

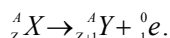
$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Тут N_0 - початкова кількість радіоактивних ядер, яка була у момент часу, прийнятий за початок відрахунку $t=0$, N - кількість радіоактивних ядер (які не здійснили розпаду) у момент часу t , T - **період піврозпаду** - час, за який розпадається половина з початкової кількості ядер: якщо $t=T$, то $N=N_0/2$. Закон радіоактивного розпаду вказує на те, що радіоактивні перетворення атомних ядер є **статистичними процесами**: розпад будь-якого із ядер є **рівноймовірною подією** - неможливо передбачити, яке саме ядро радіоактивного ізотопу розпадається у даний момент часу.

7.3 Ядерні реакції

Ядерними реакціями називають штучні **перетворення атомних ядер**, спричинені їхніми взаємодіями із різними частинками або одне із одним. У більшості випадків у ядерних реакціях беруть участь два ядра та дві частинки: одна

At the *electron* β -decay:



(There is also a positron β_+ -decay). α -decay decreases the mass number of a nucleus by 4, and the charge of a nucleus by 2 elementary positive charges, it shifts a chemical element by 2 squares to the left in the System. At β -decay, the mass number does not change and the charge of nucleus increases by 1. A chemical element moves to the next square to the right in the System. The rules of shift are the consequences of the laws of conservation of an electrical charge and a number of nucleons in nuclear transformations.

The basic law of the radioactive decay is the law of falling with time in the number of radioactive nuclei:

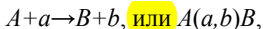
$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Here N_0 is an initial number of radioactive nuclei at the moment of time taken as the zero time reference ($t=0$), N is the number of radioactive nuclei (*not subjected to decay*) at the moment of time t , T is **the period of half-decay**, that is the time for a half of the initial quantity of nuclei to decay: if $t=T$, then $N=N_0/2$. The law of radioactive decay states that radioactive transformations of atomic nuclei are **statistical processes**: decay of any nucleus is an **equiprobable event**, - it's impossible to foresee what nucleus of the radioactive isotope will decay at a given moment of the time.

7.3 Nuclear Reactions

Nucleus reactions are artificial transformations of atomic nuclei caused by their interactions with various particles or with one another. In most cases *two nuclei and two particles* take part in nuclear reactions: one pair "nucleus-particle" is called

пара "ядро-частинка" називається *вихідною парою*, а інша - *кінцевою парою*. Символічний запис ядерної реакції має вигляд:



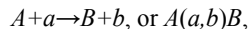
де A і B – вихідне та кінцеве ядра, a і b – вихідна та кінцева частинки в реакції.

Ядерну реакцію характеризують *енергією ядерної реакції Q* , яка дорівнює різниці кінетичних енергій кінцевої і вихідної пар у реакції. При $Q < 0$ реакції відбуваються із поглинанням енергії і називаються *ендотермічними*. При $Q > 0$ реакції супроводжуються виділенням енергії і називаються *екзотермічними*.

Розрізняють ядерні реакції при *малих, середніх і високих* енергіях частинок. Реакції при *малих енергіях* (≈ 1 eV) відбуваються за участю нейтронів. Реакції при *середніх енергіях* (до декількох MeV) відбуваються під дію заряджених частинок, γ -квантів і космічного випромінювання. Реакції при *високих енергіях* приводять до розкладання ядер на складові нуклони, до народження елементарних частинок. Окрім нейтронів, ядерні реакції спричиняються зарядженими частинками: протонами, α -частинками, γ -квантами, багатозарядними іонами важких хімічних елементів.

Штучною радіоактивністю називають радіоактивність ізотопів, отриманих в результаті ядерних реакцій. Легкі ядра ($A < 50$), у яких штучно створюється надлишкова кількість нейтронів у порівнянні із кількістю протонів, є β -радіоактивними (позначення " β ." означає, що такі ядра випускають *електрони*). При введенні у ядро надлишкових протонів, його енергія зростає і з'являється штучна β_+ -радіо-активність, яка пов'язана з викидом з ядра *позитрону* ${}^0_{+1}e$.

an initial pair, the other pair is called *a finite pair*. Symbolically a nuclear reaction can be written as:



where A and B are the initial and finite nuclei, a and b - the initial and finite particles in a reaction.

A nuclear reaction is characterized by *the energy of a nuclear reaction Q* equal to the difference of kinetic energies of the finite and initial pairs in the reaction. At $Q < 0$ reactions proceed *with energy being absorbed*, and they are called *endothermic*. At $Q > 0$ energy is *emitted* and they are called *exothermic*.

There are distinguished nuclear reactions at *small, average* and *high* energies of particles. Reactions *at small* energies (≈ 1 eV) take place at the presence of neutrons. Reactions *at average* energies (up to some MeV) take place by the action of charged particles, γ -quanta and cosmic radiation. Reactions *at high* energies result in decomposition of nuclei into constituting nucleons and in nucleation of fundamental particles. Nuclear reactions are caused not only by neutrons, but also by such charged particles as protons, α -particles, γ -quanta, multicharged ions of heavy chemical elements.

Artificial radioactivity is the radioactivity of isotopes produced in the result of nuclear reactions. Light nuclei, in which there is artificially produced an excessive number of neutrons in comparison with the number of protons, are β -radioactive nuclei (a symbol " β ." means that these nuclei release *electrons*). Excessive protons being introduced into a nucleus, its energy increases and the artificial β_+ -radioactivity connected with the overshoot of *a positron* ${}^0_{+1}e$ out of a nucleus appears.

Важкі ядра, які перевантажені нейтронами, є нестійкими ядрами. **Поділом ядра** називається ядерна реакція розділення важкого ядра, збудженого захопленням нейтрону, на дві приблизно рівні частини - *уламки*. При цьому можливе вивільнення невеликої кількості нейтронів. Поділ важких ядер на уламки супроводжується *виділенням величезної енергії*, основна частина якої прибуває у формі кінетичної енергії уламків поділу. Наприклад, при поділі ядер, які містяться у 1 г урану $^{238}_{92}\text{U}$, виділяється $8 \cdot 10^{10}$ Дж енергії. Для здійснення реакції поділу ядра потрібна витрата деякої кількості енергії, яка називається **енергією активування** (*порогом поділу*). Найважливішим процесом є поділ важких ядер нейтронами, які вносять необхідну енергію активування.

Якщо кожен із нейтронів поділу взаємодіє із сусідніми ядрами речовини, яка ділиться і, в свою чергу, спричиняє їхню реакцію поділу, то відбувається *лавиноподібне* наростання кількості актів поділу. Така реакція поділу називається **ланцюговою реакцією**. Необхідна умова розвитку ланцюгової реакції є вимога $k > 1$, де k – коефіцієнт розмноження нейтронів – відношення кількості нейтронів, які виникли на деякій ділянці реакції, до їхньої кількості на попередній ділянці.

Мінімальні розміри активної зони у просторі, де відбувається ланцюгова реакція, називають **критичними розмірами**. Мінімальну масу речовини, яка ділиться, перебуваючи у активній зоні критичних розмірів, називають **критичною масою**.

Ядерні реактори – це пристрої, у яких здійснюються *керовані* ядерні реакції. **Ядерна енергія** – це енергія, яка виділяється при ланцюгових реакціях поділу важких ядер.

Термоядерними реакціями називають екзотермічні ядерні реакції *синтезу лег-*

Overcharged with neutrons heavy nuclei are unstable. Nuclear fission is a nuclear reaction of splitting a heavy nucleus, excited by trapping a neutron, into two almost equal parts - *fragments*. A small number of neutrons might be released thereat. Fission of heavy nuclei into fragments is accompanied by *emission of a large amount of energy*, the main part of which is emitted in the form of kinetic energy of fragments fission. For example, in the process of nuclear fission of 1 g of uranium $^{238}_{92}\text{U}$, the energy of $8 \cdot 10^{10}$ J is emitted. To initiate a nuclear fission, we should supply some energy which is called **activation energy** (or a *fission threshold*). The most important process is the process of fission of heavy nuclei by neutrons which give the required activation energy.

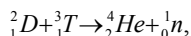
If each fission neutron interacts with the adjacent nuclei of a substance under fission and in its turn causes a fission reaction in them, then *an avalanche-like* rise of the number of fission acts takes place. Such a fission reaction is called a **chain reaction**. A chain reaction could occur if $k > 1$, where k is a *coefficient of neutron multiplication*, that is a relationship of a number of neutrons which occur in a reaction unit and a number of neutrons in a previous unit.

The minimum sizes of a nuclear core (the space where a chain reaction takes place) are called **critical sizes**. A minimum mass of a fissile material which is in an active section (nuclear core) of critical sizes is called a **critical mass**.

Nuclear reactors are devices in which *controllable* chain nuclear reactions take place. **Nuclear energy** is the energy emitted in chain reactions of heavy nuclei fission.

Thermonuclear reactions are exothermal nuclear reactions of light nuclei fusi-

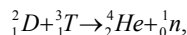
ких ядер у більш важкі. Такі реакції ефективно протікають *при надвисоких* температурах близько $10^7 \div 10^9$ К. Під час термоядерних реакцій виділяється *ще більша енергія*, ніж при поділі важких ядер. Наприклад, при злитті ядер 2_1D дейтерію і 3_1T тритію в ядро гелію:



виділяється енергія близько 3,5 MeV на один нуклон (в реакціях поділу енергія на один нуклон **складає** близько 1,0 MeV).

Термоядерні реакції відбуваються на Сонці та зірках, і є *джерелом енергії*, яка забезпечує їхнє випромінювання. *Щосекунди* Сонце випромінює енергію $3,8 \cdot 10^{26}$ Дж, що відповідає зменшенню його маси на 4,3 мільйони тонн.

on into heavier nuclei. Such reactions effectively proceed *at super-high* temperatures of about $10^7 \div 10^9$ K. At thermonuclear reactions more energy is emitted than even at heavy nuclei fission. For example, when deuterium 2_1D and tritium 3_1T nuclei join to form a helium nucleus,



there is emitted energy of about 3.5 MeV on one nucleon (in fission reactions energy on one nucleon is about 1.0 MeV).

Thermonuclear reactions take place on the Sun and stars and *are the sources of energy* supporting their radiation. *Every second* the Sun emits the energy of 3.8×10^{26} J which corresponds to its mass decrease by 4.3 million of tons.

МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ (SI)
INTERNATIONAL SYSTEM OF MEASURES AND WEIGHTS (SI)

Величина	Unit	Одиниця		Unit	
		Назва	Name	Позначення	Symbol
			Українське	International	
Довжина	Length	Метр	Meter	м	m
Маса	Mass	Кілограм	Kilogram	кг	kg
Час	Time	Секунда	Second	с	s
Сила електричного струму	Strength of current	Ампер	Ampere	А	A
Температура	Temperature	Кельвін	Kelvin	К	K
Кількість речовини	Amount of substance	Моль	Mole	моль	mol
Сила світла	Strength of light	Кандела	Kandela	кд	cd
Плоский кут	Plane (Flat) angle	Радіан	Radian	рад	rad
Тілесний кут	Solid angle	Стерадіан	Steradian	ср	sr
Частота	Frequency	Герц	Herz	Гц	Hz
Сила	Force	Ньютон	Newton	Н	N
Тиск	Pressure	Паскаль	Pascal	Па	Pa
Енергія	Energy	Джоуль	Joule	Дж	J
Потужність	Power	Ватт	Watt	Вт	W
Кількість електрики	Amount of electricity	Кулон	Coulomb	Кл	C
Напруга електрична	Voltage	Вольт	Volt	В	V
Електрична ємність	Capacitance	Фарад	Farad	Ф	F
Опір електричний	Resistance	Ом	Ohm	Ом	Ω
Провідність електрична	Conductivity	Сименс	Siemens	См	S
Потік магнітної індукції	Magnetic flux	Вебер	Weber	Вб	Wb
Магнітна індукція	Magnetic induction	Тесла	Tesla	Тл	T
Індуктивність	Inductance	Генрі	Henry	Гн	H
Світловий потік	Luminous flux	Люмен	Lumen	лм	lm
Освітленість	Illuminance	Люкс	Lux	лк	lx
Активність радіонукліду	Activity	Беккерель	Beckerel	Бк	Bq
Доза випромінювання	Radiation doze	Грей	Grey	Гр	Gy

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ "ОСНОВИ МЕХАНІКИ"

Кінематика рівномірного руху

1. За проміжок часу $t=5$ годин і 30 хвилин велосипедист проїхав відстань $S=99$ кілометрів. Із якою середньою швидкістю $V_{\text{сеп}}$ рухався велосипедист ?

А) $V_{\text{сеп}}=7$ м/с. Б) $V_{\text{сеп}}=3$ м/с. В) $V_{\text{сеп}}=6$ м/с. Г) $V_{\text{сеп}}=5$ м/с. Д) $V_{\text{сеп}}=4$ м/с.

2. Першу *половину шляху* автобус рухався із швидкістю $V_1=40$ км/год, а *другу* - із швидкістю $V_2=60$ км/год. Знайти *середню* швидкість автобуса $V_{\text{сеп}}$.

А) $V_{\text{сеп}}=44$ км/г. Б) $V_{\text{сеп}}=50$ км/г. В) $V_{\text{сеп}}=48$ км/г. Г) $V_{\text{сеп}}=56$ км/г. Д) $V_{\text{сеп}}=54$ км/г.

3. Автомобіль проїхав відстань між пунктами А і В *рівномірно* зі швидкістю $V_1=60$ км/год, а назад - зі швидкістю $V_2=20$ км/год. Визначте *середню* швидкість руху автомобіля $V_{\text{сеп}}$.

А) $V_{\text{сеп}}=30$ км/г. Б) $V_{\text{сеп}}=25$ км/г. В) $V_{\text{сеп}}=40$ км/г. Г) $V_{\text{сеп}}=35$ км/г. Д) $V_{\text{сеп}}=20$ км/г.

4. Між двома пунктами на відстані $S=100$ км один від одного курсує катер, який проходить цю відстань *за течією річки* за проміжок часу $t_1=4$ години, а *проти течії* - за проміжок $t_2=10$ годин. Визначити швидкість течії річки V .

А) $V=9,0$ км/г. Б) $V=7,5$ км/г. В) $V=3,0$ км/г. Г) $V=4,5$ км/г. Д) $V=6,0$ км/г.

5. Першу *третину шляху* автомобіль проїхав зі швидкістю $V_1=10$ км/год, другу - зі швидкістю $V_2=20$ км/год, а третю - зі швидкістю $V_3=60$ км/год. Визначити середню швидкість руху автомобіля на усьому шляху $V_{\text{сеп}}$.

А) $V_{\text{сеп}}=24$ км/г. Б) $V_{\text{сеп}}=12$ км/г. В) $V_{\text{сеп}}=36$ км/г. Г) $V_{\text{сеп}}=18$ км/г. Д) $V_{\text{сеп}}=30$ км/г.

6. Деяку відстань S між населеними пунктами моторний човен пропливає *за течією річки* за проміжок часу $t_1=10$ хвилин, а *проти течії* - за проміжок часу $t_2=30$ хвилин. За який час t_3 пропливе цю відстань рятівний круг ?

А) $t_3=30$ хвил. Б) $t_3=40$ хвил. В) $t_3=35$ хвил. Г) $t_3=20$ хвил. Д) $t_3=25$ хвил.

7. Ескалатор метро піднімає *стоячого пасажир* за проміжок часу $t_1=1$ хвилину. По *нерухомому* ескалатору пасажир піднімається за $t_2=3$ хвилини. Скільки часу t_3 підніматиметься пасажир *по рухомому ескалатору* ?

А) $t_3=35$ с. Б) $t_3=50$ с. В) $t_3=45$ с. Г) $t_3=40$ с. Д) $t_3=55$ с.

Рівномірний обертальний рух

8. За який проміжок часу t колесо, яке обертається із кутовою швидкістю $\omega=4\pi$

TEST PROBLEMS TO THE SECTION “*FUNDAMENTALS OF MECHANICS*”

Kinematics of the uniform motion

1. During the time interval $t=5$ h 30 min a cyclist covered the distance of $S=99$ km. What is the average speed V_{av} of the cyclist ?

A) $V_{av}=7$ m/sec B) $V_{av}=3$ m/sec C) $V_{av}=6$ m/sec D) $V_{av}=5$ m/sec E) $V_{av}=4$ m/sec

2. During *the first half*way a bus moved at a speed $V_1=40$ km/h, during *the second half*way – at a speed $V_2=60$ km/h. Find out *the average* speed of the bus V_{av} .

A) $V_{av}=44$ km/h B) $V_{av}=50$ km/h C) $V_{av}=48$ km/h D) $V_{av}=56$ km/h E) $V_{av}=54$ km/h

3. A car covered the distance between points *A* and *B* *uniformly* at a speed of $V_1=60$ km/h; it returned at a speed of $V_2=20$ km/h. Find out *the average* speed V_{av} of the car.

A) $V_{av}=30$ km/h B) $V_{av}=25$ km/h C) $V_{av}=40$ km/h D) $V_{av}=35$ km/h E) $V_{av}=20$ km/h

4. The distance between two points of $S=100$ km apart a boat runs; it covers this distance *with the stream* for $t_1=4$ h, and *against the stream* – for $t_2=10$ h. Find out the river flow speed V .

A) $V=9.0$ km/h B) $V=7.5$ km/h C) $V=3.0$ km/h D) $V=4.5$ km/h E) $V=6.0$ km/h

5. *The first third* of a path a car moved with speed $V_1=10$ km/h, *the second third* – with speed $V_2=20$ km/h, and *the third part* – with speed $V_3=60$ km/h. Find out the average speed of the car V_{av} for the whole path.

A) $V_{av}=24$ km/h B) $V_{av}=12$ km/h C) $V_{av}=36$ km/h D) $V_{av}=18$ km/h E) $V_{av}=30$ km/h

6. Distance S between two places a motorboat travels for $t_1=10$ min with the stream and for 3a $t_2=30$ min against the stream. For what time t_3 does a life buoy cover this distance?

A) $t_3=30$ min B) $t_3=40$ min C) $t_3=35$ min D) $t_3=20$ min E) $t_3=25$ min

7. A metro escalator takes a *standing passenger* up for $t_1=1$ min. If an escalator *does not move* a passenger goes upstairs for $t_2=3$ min. How long t_3 will a passenger go upstairs *by a moving escalator*?

A) $t_3=35$ sec B) $t_3=50$ sec C) $t_3=45$ sec D) $t_3=40$ sec E) $t_3=55$ sec

Uniform rotary motion

8. For what period of time t will a wheel rotating at angular velocity $\omega=4\pi$ rad/sec per-

рад/с, здійснить $N=100$ обертів навколо своєї осі ?

А) $t=20$ с. Б) $t=50$ с. В) $t=60$ с. Г) $t=30$ с. Д) $t=40$ с.

9. Вал обертається із кутовою швидкістю $\omega=5$ рад/с. Лінійна швидкість точок, які знаходяться на його поверхні $V=1$ м/с. Визначте радіус цього валу R .

А) $R=0,4$ м. Б) $R=1,0$ м. В) $R=0,6$ м. Г) $R=0,8$ м. Д) $R=0,2$ м.

10. Кутова швидкість ω лопатей вентилятора дорівнює 21 рад/с. Визначте кількість його обертів N за проміжок часу $t=30$ с.

А) $N=140$. Б) $N=180$. В) $N=120$. Г) $N=100$. Д) $N=160$.

11. Знайти радіус колеса R , якщо лінійна швидкість V_1 точки на його ободі у 3 рази більша за лінійну швидкість V_2 точки, яка лежить на відстані $\Delta r=6$ см ближче до його осі.

А) $R=12$ см. Б) $R=18$ см. В) $R=9$ см. Г) $R=6$ см. Д) $R=15$ см.

12. Лінійна швидкість точок, розташованих на ободі маховика $V_1=5$ м/с, а точок, які лежать на $\Delta r=20$ см ближче до осі, $V_2=4$ м/с. Визначте радіус маховика R .

А) $R=100$ см. Б) $R=40$ см. В) $R=80$ см. Г) $R=120$ см. Д) $R=60$ см.

13. Лінійна швидкість точок, розташованих на ободі маховика $V_1=5$ м/с, а точок, які лежать на $\Delta r=20$ см ближче до осі, $V_2=4$ м/с. Визначте кутову швидкість маховика ω .

А) $\omega=20$ рад/с. Б) $\omega=5$ рад/с. В) $\omega=10$ рад/с. Г) $\omega=15$ рад/с. Д) $\omega=25$ рад/с.

14. Знайти кутову швидкість ω обертання барабану діаметром $d=16$ см при підйомі вантажу із лінійною швидкістю $V=0,4$ м/с.

А) $\omega=15$ рад/с. Б) $\omega=10$ рад/с. В) $\omega=25$ рад/с. Г) $\omega=5$ рад/с. Д) $\omega=20$ рад/с.

15. Із якою середньою швидкістю V треба рухатись, щоб об'їхати Землю по екватору за проміжок часу $t=80$ діб ? Радіус Землі R_3 вважати рівним 6400 км.

А) $V=15$ км/год. Б) $V=21$ км/год. В) $V=12$ км/год. Г) $V=18$ км/год. Д) $V=24$ км/год.

16. У скільки разів кутова швидкість *годинникової* стрілки ω_z більша за кутову швидкість *добового* обертання Землі ω_θ ?

А) $\frac{\omega_z}{\omega_\theta} = 2,5$. Б) $\frac{\omega_z}{\omega_\theta} = 4,0$. В) $\frac{\omega_z}{\omega_\theta} = 3,0$. Г) $\frac{\omega_z}{\omega_\theta} = 1,5$. Д) $\frac{\omega_z}{\omega_\theta} = 2,0$.

form $N=100$ rotations round its axis?

- A) $t=20$ sec B) $t=50$ sec C) $t=60$ sec D) $t=30$ sec E) $t=40$ sec

9. A shaft rotates at angular velocity $\omega=5$ rad/sec. Linear velocity of points on its surface is $V=1$ m/sec. Find out the shaft radius R .

- A) $R=0.4$ m B) $R=1.0$ m C) $R=0.6$ m D) $R=0.8$ m E) $R=0.2$ m

10. Angular velocity ω of ventilator blades is 21 rad/sec. Find out the number of its rotations N for the time $t=30$ sec.

- A) $N=140$ B) $N=180$ C) $N=120$ D) $N=100$ E) $N=160$

11. Find out a wheel radius R if linear velocity V_1 of point on its rim is 3 time larger the linear velocity V_2 of point which is $\Delta r=6$ cm nearer to its axis.

- A) $R=12$ cm B) $R=18$ cm C) $R=9$ cm D) $R=6$ cm E) $R=15$ cm

12. Linear velocity of points on a flywheel rim is $V_1=5$ m/sec, and of points which are $\Delta r=20$ cm nearer to the axis is $V_2=4$ m/sec. Find out the flywheel radius R .

- A) $R=100$ cm B) $R=40$ cm C) $R=80$ cm D) $R=120$ cm E) $R=60$ cm

13. Linear velocity of points on a flywheel rim is $V_1=5$ m/sec, and points which are $\Delta r=20$ cm nearer to the axis is $V_2=4$ m/sec. Find out a flywheel angular velocity ω .

- A) $\omega=20$ rad/sec B) $\omega=5$ rad/sec C) $\omega=10$ rad/sec D) $\omega=15$ rad/sec E) $\omega=25$ rad/sec

14. Find out angular velocity ω of rotation of a drum of $d=16$ cm in diameter when lifting a load at a linear velocity $V=0.4$ m/sec.

- A) $\omega=15$ rad/sec B) $\omega=10$ rad/sec C) $\omega=25$ rad/sec D) $\omega=5$ rad/sec E) $\omega=20$ rad/sec

15. What should average velocity V be to travel the Earth by the equator for the time $t=80$ days and nights? The Earth radius R_3 is considered equal to 6400 km.

- A) $V=15$ km/h B) $V=21$ km/h C) $V=12$ km/h D) $V=18$ km/h E) $V=24$ km/h

16. How many times is angular velocity of an *hour* hand ω_h larger than the Earth *diurnal* rotation ω_d ?

- A) $\frac{\omega_h}{\omega_d} = 2.5$; B) $\frac{\omega_h}{\omega_d} = 4.0$; C) $\frac{\omega_h}{\omega_d} = 3.0$; D) $\frac{\omega_h}{\omega_d} = 1.0$; E) $\frac{\omega_h}{\omega_d} = 2.0$;

17. *Хвилинка* стрілка годинника у три рази довша за *секунду*. Визначте відношення лінійних швидкостей кінців обох стрілок $V_{\text{хв}}/V_{\text{с}}$.

А) $\frac{V_{\text{хв}}}{V_{\text{с}}} = 0,05$. Б) $\frac{V_{\text{хв}}}{V_{\text{с}}} = 0,15$. В) $\frac{V_{\text{хв}}}{V_{\text{с}}} = 0,01$. Г) $\frac{V_{\text{хв}}}{V_{\text{с}}} = 0,25$. Д) $\frac{V_{\text{хв}}}{V_{\text{с}}} = 0,10$.

Кінематика рівнозмінного руху

18. Рухаючись *рівносповільнено*, тіло пройшло шлях $S=180$ м за проміжок часу $t=8$ с, і після цього ще мало швидкість $V=5$ м/с. Визначити початкову швидкість цього тіла V_0 .

А) $V_0=45$ м/с. Б) $V_0=16$ м/с. В) $V_0=36$ м/с. Г) $V_0=40$ м/с. Д) $V_0=24$ м/с.

19. Рухаючись *рівноприскорено*, тіло, у кінці *першої* секунди від початку руху мало швидкість $V_1=1$ м/с. Якою стане швидкість тіла у кінці *п'ятої* секунди його руху V_5 ?

А) $V_5=5$ м/с. Б) $V_5=15$ м/с. В) $V_5=2,5$ м/с. Г) $V_5=10$ м/с. Д) $V_5=7,5$ м/с.

20. Потяг через $t_1=10$ с після початку руху набуває швидкості $V_1=0,6$ м/с. Через скільки часу від початку руху t_2 швидкість потягу становитиме $V_2=3$ м/с, якщо рух потягу *рівноприскорений* ?

А) $t_2=60$ с. Б) $t_2=40$ с. В) $t_2=20$ с. Г) $t_2=50$ с. Д) $t_2=30$ с.

21. Чому дорівнює швидкість тіла у кінці *шостої* секунди від початку руху V_6 , якщо, рухаючись *рівноприскорено* зі стану спокою, у кінці *першої* секунди воно досягло швидкості $V_1=2$ м/с ?

А) $V_6=24$ м/с. Б) $V_6=15$ м/с. В) $V_6=9$ м/с. Г) $V_6=18$ м/с. Д) $V_6=12$ м/с.

22. Гальмуючи від початкової швидкості $V_0=72$ км/год зі *сталим* прискоренням, автомобіль зупинився через проміжок $t=5$ с. Визначте дистанцію гальмування S .

А) $S=40$ м. Б) $S=55$ м. В) $S=50$ м. Г) $S=45$ м. Д) $S=35$ м.

23. Тіло, рухаючись *рівноприскорено* без початкової швидкості, пройшло від початку руху $S=60$ м і набуло швидкості $V=12$ м/с. Визначити час руху тіла t .

А) $t=7,5$ с. Б) $t=10,0$ с. В) $t=12,5$ с. Г) $t=20,0$ с. Д) $t=15,0$ с.

24. Тіло рухається зі *стану спокою* із *постійним* прискоренням $a=2$ м/с², і пройшло шлях $S=25$ м. Визначити час руху цього тіла t .

А) $t=13$ с. Б) $t=7$ с. В) $t=11$ с. Г) $t=5$ с. Д) $t=9$ с.

17. A *minute* hand is 3 times longer than a *second* one. Find out a relationship of linear velocities of the ends of both hands $V_{\text{min}}/V_{\text{sec}}$.

- A) $\frac{V_m}{V_{\text{sec}}} = 0.05$. B) $\frac{V_m}{V_{\text{sec}}} = 0.15$. C) $\frac{V_m}{V_{\text{sec}}} = 0.01$. D) $\frac{V_m}{V_{\text{sec}}} = 0.25$. E) $\frac{V_m}{V_{\text{sec}}} = 0.10$.

Kinematics of uniformly variable motion

18. Moving *uniformly retarded* a body traveled a path $S=180$ m for $t=8$ sec and after that it still had velocity $V=5$ m/sec. Find out initial velocity V_0 of this body.

- A) $V_0=45$ m/sec B) $V_0=16$ m/sec C) $V_0=36$ m/sec D) $V_0=40$ m/sec E) $V_0=24$ m/sec

19. Moving *uniformly accelerated* a body at the end of the first second of its moving had velocity $V_1=1$ m/sec. What will a body velocity be at the end of the fifth second of its moving V_5 ?

- A) $V_5=5$ m/sec B) $V_5=15$ m/sec C) $V_5=2,5$ m/sec D) $V_5=10$ m/sec E) $V_5=7,5$ m/sec

20. In $t_1=10$ sec after start a train has velocity $V_1=0.6$ m/sec. In what time after start t_2 will a train velocity be equal to $V_2=3$ m/sec if a train motion is *uniformly accelerated* ?

- A) $t_2=60$ sec B) $t_2=40$ sec C) $t_2=20$ sec D) $t_2=50$ sec E) $t_2=30$ sec

21. What is a body velocity at the end of the sixth second after start V_6 if moving *uniformly accelerated* from the rest a body had velocity $V_1=2$ m/sec at the end of the first second ?

- A) $V_6=24$ m/sec B) $V_6=15$ m/sec C) $V_6=9$ m/sec D) $V_6=18$ m/sec E) $V_6=12$ m/sec

22. Braking from the initial velocity $V_0=72$ km/h with a *permanent* acceleration, a car came to a stop in $t=5$ sec. Find out a braking distance S .

- A) $S=40$ m B) $S=55$ m C) $S=50$ m D) $S=45$ m E) $S=35$ m

23. A body moving *uniformly acceleratedly* without initial velocity traveled $S=60$ m after start and got velocity $V=12$ m/sec. Find out the time t of the body motion.

- A) $t=7.5$ sec B) $t=10.0$ sec C) $t=12.5$ sec D) $t=20.0$ sec E) $t=15.0$ sec

24. A body moves *from the rest* with a *permanent* acceleration $a=2$ m/sec² and traveled the path $S=25$ m. Find out the time t of the body motion.

- A) $t=13$ sec B) $t=7$ sec C) $t=11$ sec D) $t=5$ sec E) $t=9$ sec

25. За який проміжок часу t автомобіль, рухаючись із прискоренням $a=0,4 \text{ м/с}^2$, збільшить свою швидкість від $V_1=12 \text{ м/с}$ до $V_2=20 \text{ м/с}$?

А) $t=20 \text{ с.}$ Б) $t=10 \text{ с.}$ В) $t=25 \text{ с.}$ Г) $t=5 \text{ с.}$ Д) $t=15 \text{ с.}$

26. Тіло рухається прямолінійно *без початкової швидкості* із прискоренням $a=0,6 \text{ м/с}^2$. Який шлях ΔS воно пройде за *десяту секунду* свого руху ?

А) $\Delta S=6,4 \text{ м.}$ Б) $\Delta S=3,6 \text{ м.}$ В) $\Delta S=10,4 \text{ м.}$ Г) $\Delta S=5,7 \text{ м.}$ Д) $\Delta S=4,5 \text{ м.}$

27. За *восьму секунду* руху зі *стану спокою* тіло пройшло відстань $\Delta S_8=30 \text{ м}$ Який шлях тіло пройде за *вісім секунд* S_8 , якщо його рух *рівноприскорений* ?

А) $S_8=112 \text{ м.}$ Б) $S_8=128 \text{ м.}$ В) $S_8=84 \text{ м.}$ Г) $S_8=141 \text{ м.}$ Д) $S_8=96 \text{ м.}$

28. Рухаючись *рівномірно* зі швидкістю $V_0=36 \text{ км/год}$, потяг почав рухатись *рівноприскорено*, і на шляху $S=50 \text{ м}$ його швидкість стала рівною $V=15 \text{ м/с}$. Визначте час t *рівноприскореного* руху потягу.

А) $t=4 \text{ с.}$ Б) $t=12 \text{ с.}$ В) $t=15 \text{ с.}$ Г) $t=8 \text{ с.}$ Д) $t=18 \text{ с.}$

29. Тіло, рухаючись *рівноприскорено* зі *стану спокою*, за *п'ят у секунду* свого руху пройшло шлях $\Delta S_5=18 \text{ м}$. Із яким прискоренням a рухалось це тіло ?

А) $a=10 \text{ м/с}^2$. Б) $a=6 \text{ м/с}^2$. В) $a=2 \text{ м/с}^2$. Г) $a=8 \text{ м/с}^2$. Д) $a=4 \text{ м/с}^2$.

30. Тіло, рухаючись *рівноприскорено* зі *стану спокою*, за *п'ят у секунду* свого руху пройшло шлях $\Delta S_5=18 \text{ м}$. Який шлях S пройшло це тіло за проміжок $t=5 \text{ с}$?

А) $S=35 \text{ м.}$ Б) $S=50 \text{ м.}$ В) $S=40 \text{ м.}$ Г) $S=45 \text{ м.}$ Д) $S=60 \text{ м.}$

31. Рухаючись *рівносповільнено*, потяг у момент включення секундоміра мав швидкість $V_1=10 \text{ м/с}$, а через проміжок часу $t=5 \text{ с}$ його швидкість становила $V_2=5 \text{ м/с}$. Визначите прискорення a , із яким рухався потяг.

А) $a=-2 \text{ м/с}^2$. Б) $a=-0,5 \text{ м/с}^2$. В) $a=-1 \text{ м/с}^2$. Г) $a=-1,5 \text{ м/с}^2$. Д) $a=-2,5 \text{ м/с}^2$.

32. Кулька, скочуючись по похилому жолобу зі *стану спокою*, за *першу секунду* руху пройшла шлях $S_1=10 \text{ см}$. Який шлях пройде кулька за *три секунди* свого руху S_3 ?

А) $S_3=60 \text{ см.}$ Б) $S_3=100 \text{ см.}$ В) $S_3=30 \text{ см.}$ Г) $S_3=90 \text{ см.}$ Д) $S_3=70 \text{ см.}$

33. За який проміжок часу t автомобіль, рухаючись *зі стану спокою* із прискоренням $a=0,6 \text{ м/с}^2$, пройде шлях $S=30 \text{ м}$?

А) $t=8 \text{ с.}$ Б) $t=12 \text{ с.}$ В) $t=15 \text{ с.}$ Г) $t=6 \text{ с.}$ Д) $t=10 \text{ с.}$

25. For what time t will a car, moving with acceleration $a=0.4 \text{ m/sec}^2$, increase its velocity from $V_1=12 \text{ m/sec}$ up to $V_2=20 \text{ m/sec}$?

- A) $t=20 \text{ sec}$ B) $t=10 \text{ sec}$ C) $t=25 \text{ sec}$ D) $t=5 \text{ sec}$ E) $t=15 \text{ sec}$

26. A body moves rectilinearly *without initial velocity* with acceleration $a=0.6 \text{ m/sec}^2$. What distance ΔS will it travel *for the tenth second* of its moving ?

- A) $\Delta S=6.4 \text{ m}$ B) $\Delta S=3.6 \text{ m}$ C) $\Delta S=10.4 \text{ m}$ D) $\Delta S=5.7 \text{ m}$ E) $\Delta S=4.5 \text{ m}$

27. *For the eighth second* of its moving *from the rest* a body traveled $\Delta S_8=30 \text{ m}$. What distance will the body travel *for eight seconds* S_8 if its motion is *uniformly accelerated* ?

- A) $S_8=112 \text{ m}$ B) $S_8=128 \text{ m}$ C) $S_8=84 \text{ m}$ D) $S_8=141 \text{ m}$ E) $S_8=96 \text{ m}$

28. Moving *uniformly* with $V_0=36 \text{ km/h}$, a train began moving *uniformly accelerated* and at the distance $S=50 \text{ m}$ its velocity was $V=15 \text{ m/sec}$. Find out the time t of a *uniformly accelerated* motion of the train.

- A) $t=4 \text{ sec}$ B) $t=12 \text{ sec}$ C) $t=15 \text{ sec}$ D) $t=8 \text{ sec}$ E) $t=18 \text{ sec}$

29. Moving *uniformly accelerated* from the rest, for the *fifth second* of its moving a body traveled $\Delta S_5=18 \text{ m}$. What acceleration a did this body travel ?

- A) $a=10 \text{ m/sec}^2$ B) $a=6 \text{ m/sec}^2$ C) $a=2 \text{ m/sec}^2$ D) $a=8 \text{ m/sec}^2$ E) $a=4 \text{ m/sec}^2$

30. Moving *uniformly accelerated* from the rest for the *fifth second* of its moving a body traveled $\Delta S_5=18 \text{ m}$. What distance S did this body travel for $t=5 \text{ sec}$?

- A) $S=35 \text{ m}$ B) $S=50 \text{ m}$ C) $S=40 \text{ m}$ D) $S=45 \text{ m}$ E) $S=60 \text{ m}$

31. Moving *uniformly retarded* at the moment of a stopwatch start a train had velocity $V_1=10 \text{ m/sec}$, and in $t=5 \text{ sec}$ its velocity was $V_2=5 \text{ m/sec}$. Find out acceleration a did the train travel.

- A) $a=-2 \text{ m/sec}^2$ B) $a=-0.5 \text{ m/sec}^2$ C) $a=-1 \text{ m/sec}^2$ D) $a=-1.5 \text{ m/sec}^2$ E) $a=-2.5 \text{ m/sec}^2$

32. Rolling down a shoot *from the rest*, for the *first second* of its moving a ball traveled $S_1=10 \text{ cm}$. What distance S_3 will the ball travel *for three seconds* of its moving ?

- A) $S_3=60 \text{ cm}$ B) $S_3=100 \text{ cm}$ C) $S_3=30 \text{ cm}$ D) $S_3=90 \text{ cm}$ E) $S_3=70 \text{ cm}$

33. For what time t will a car moving *from the rest* with acceleration $a=0.6 \text{ m/sec}^2$ travel the distance $S=30 \text{ m}$?

- A) $t=8 \text{ sec}$ B) $t=12 \text{ sec}$ C) $t=15 \text{ sec}$ D) $t=6 \text{ sec}$ E) $t=10 \text{ sec}$

34. Із яким прискоренням a рухається снаряд у стволі гармати, якщо довжина її ствола $l=3$ м, а час руху снаряду $t=0,009$ с ?
- А) $a=68$ км/с². Б) $a=49$ км/с². В) $a=74$ км/с². Г) $a=56$ км/с². Д) $a=81$ км/с².
35. Якої швидкості V набуде ракета, яка рухається зі *стану спокою* із прискоренням $a=60$ м/с² на шляху $S=750$ м ?
- А) $V=300$ м/с. Б) $V=150$ м/с. В) $V=350$ м/с. Г) $V=250$ м/с. Д) $V=200$ м/с.
36. Куля при вильоті зі ствола автомату має швидкість $V=715$ м/с. Довжина ствола $l=41,5$ см. Із яким прискоренням a рухається куля у стволі автомату ?
- А) $a=484$ м/с². Б) $a=616$ м/с². В) $a=532$ м/с². Г) $a=648$ м/с². Д) $a=581$ м/с².
37. Куля при вильоті зі ствола автомату має швидкість $V=715$ м/с. Довжина ствола $l=41,5$ см. Скільки часу t рухається куля у стволі автомату ?
- А) $t=4,64$ мс. Б) $t=2,32$ мс. В) $t=0,96$ мс. Г) $t=3,48$ мс. Д) $t=1,16$ мс.
38. При швидкості руху $V_1=15$ км/год, гальмівний шлях автомобіля становить $S_1=1,5$ м. Яким буде його гальмівний шлях S_2 при швидкості руху $V_2=90$ км/год при *однаковому* прискоренні a ?
- А) $S_2=45$ м. Б) $S_2=61$ м. В) $S_2=38$ м. Г) $S_2=54$ м. Д) $S_2=32$ м.
39. Маючи початкову швидкість $V_0=36$ км/год, тролейбус пройшов шлях $S=120$ м за проміжок часу $t=10$ с. Із яким прискоренням a рухався тролейбус ?
- А) $a=0,4$ м/с². Б) $a=0,8$ м/с². В) $a=0,2$ м/с². Г) $a=1,0$ м/с². Д) $a=0,6$ м/с².
40. Маючи початкову швидкість $V_0=36$ км/ч, тролейбус пройшов шлях $S=120$ м за проміжок часу $t=10$ с. Яку швидкість V мав тролейбус у *кінці* руху ?
- А) $V=10$ м/с. Б) $V=16$ м/с. В) $V=12$ м/с. Г) $V=8$ м/с. Д) $V=14$ м/с.
41. Ухил завдовжки $L=100$ м лижник здолав за проміжок часу $t=20$ с, рухаючись із прискоренням $a=0,3$ м/с². Якою була швидкість лижника V_0 на початку цього ухилу ?
- А) $V_0=3,0$ м/с. Б) $V_0=1,5$ м/с. В) $V_0=2,0$ м/с. Г) $V_0=2,5$ м/с. Д) $V_0=3,5$ м/с.
42. Ухил завдовжки $L=100$ м лижник здолав за проміжок часу $t=20$ с, рухаючись із прискоренням $a=0,3$ м/с². Якою була швидкість лижника V у кінці цього ухилу ?
- А) $V=5,5$ м/с. Б) $V=8,0$ м/с. В) $V=6,5$ м/с. Г) $V=7,0$ м/с. Д) $V=7,5$ м/с.

34. With what acceleration a does a shell move in a gun tube if the tube length is $l=3$ m and the time of the shell motion is $t=0.009$ sec ?

A) $a=68$ km/sec² B) $a=49$ km/sec² C) $a=74$ km/sec² D) $a=56$ km/sec² E) $a=81$ km/sec²

35. What velocity V does a rocket gain moving *from the rest* with acceleration $a=60$ m/sec² on the path $S=750$ m ?

A) $V=300$ m/sec B) $V=150$ m/sec C) $V=350$ m/sec D) $V=250$ m/sec E) $V=200$ m/sec

36. Dashing out a submachine gun tube a bullet has velocity $V=715$ m/sec. The length of the submachine gun tube is $l=41.5$ cm. What acceleration a does a bullet move in the tube with ?

A) $a=484$ m/sec² B) $a=616$ m/sec² C) $a=532$ m/sec² D) $a=648$ m/sec² E) $a=581$ m/sec²

37. Dashing out a submachine gun tube a bullet has velocity $V=715$ m/sec. The length of the submachine gun tube is $l=41.5$ cm. How long t does a bullet move in the tube ?

A) $t=4.64$ msec B) $t=2.32$ msec C) $t=0.96$ msec D) $t=3.48$ msec E) $t=1.16$ msec

38. At a velocity of motion $V_1=15$ km/h a braking distance of a car is $S_1=1.5$ m. What will its braking distance S_2 at a velocity of motion $V_2=90$ km/h at *the same* acceleration a ?

A) $S_2=45$ m B) $S_2=61$ m C) $S_2=38$ m D) $S_2=54$ m E) $S_2=32$ m

39. Initial velocity being $V_0=36$ km/h, a trolleybus traveled $S=120$ m for time $t=10$ sec. What acceleration a did the trolleybus move with ?

A) $a=0.4$ m/sec² B) $a=0.8$ m/sec² C) $a=0.2$ m/sec² D) $a=1.0$ m/sec² E) $a=0.6$ m/sec²

40. Initial velocity being $V_0=36$ km/h, a trolleybus traveled $S=120$ m for time $t=10$ sec. What velocity V did the trolleybus have *at the end* of its moving ?

A) $V=10$ m/sec B) $V=16$ m/sec C) $V=12$ m/sec D) $V=8$ m/sec E) $V=14$ m/sec

41. A road slope length is $l=100$ m. A skier covered this distance for time $t=20$ sec moving at acceleration $a=0.3$ m/sec². What was the skier's velocity V_0 at the beginning of this slope ?

A) $V_0=3$ m/sec B) $V_0=1.5$ m/sec C) $V_0=2$ m/sec D) $V_0=2.5$ m/sec E) $V_0=3.5$ m/sec

42. A road slope length is $l=100$ m. A skier covered this distance for $t=20$ sec moving at acceleration $a=0.3$ m/sec². What was the skier's velocity V at the end of this slope ?

A) $V=5.5$ m/sec B) $V=8.0$ m/sec C) $V=6.5$ m/sec D) $V=7.0$ m/sec E) $V=7.5$ m/sec

43. Потяг пройшов під ухил за проміжок часу $t=20$ с шлях $S=340$ м і розвинув швидкість $V=19$ м/с. Із яким прискоренням a рухався потяг ?

А) $a=0,5$ м/с². Б) $a=0,1$ м/с². В) $a=0,4$ м/с². Г) $a=0,2$ м/с². Д) $a=0,6$ м/с².

44. Потяг пройшов під ухил за проміжок часу $t=20$ с шлях $S=340$ м і розвинув швидкість $V=19$ м/с. Якою була його *початкова* швидкість V_0 ?

А) $V_0=15$ м/с. Б) $V_0=11$ м/с. В) $V_0=17$ м/с. Г) $V_0=9$ м/с. Д) $V_0=13$ м/с.

45. Якої швидкості V досягне ракета, рухаючись *зі стану спокою* із прискоренням $a=100$ м/с² до кінцевої висоти $h=1$ км ?

А) $V=494$ м/с. Б) $V=383$ м/с. В) $V=447$ м/с. Г) $V=526$ м/с. Д) $V=412$ м/с.

Рівномірний обертальний рух

46. Частинка рухається *рівномірно* по криволінійній траєкторії зі швидкістю $V=10$ м/с. Визначте радіус кривини траєкторії R у точці, де прискорення частинки $a=10$ м/с².

А) $R=10$ м. Б) $R=7,5$ м. В) $R=12,5$ м. Г) $R=5$ м. Д) $R=2,5$ м.

47. Автобус рухається по опуклому мосту. На середині мосту його швидкість $V=25$ м/с, а доцентрове прискорення a_0 *дорівнює* прискоренню вільного падіння g . Визначити радіус R цього мосту.

А) $R=56$ м. Б) $R=81$ м. В) $R=64$ м. Г) $R=72$ м. Д) $R=48$ м.

48. Кутова швидкість рівномірного обертання вітроваду $\omega=6$ рад/с. Визначити доцентрове прискорення a_0 кінців його лопатей, якщо їхня лінійна швидкість $V=20$ м/с.

А) $a_0=100$ м/с². Б) $a_0=140$ м/с². В) $a_0=160$ м/с². Г) $a_0=120$ м/с². Д) $a_0=80$ м/с².

49. Дві матеріальні точки рухаються по колах радіусів R_1 і R_2 , причому $R_1=2R_2$. Порівняйте їхні доцентрові прискорення (a_1/a_2), якщо періоди їхнього обертання T *однакові*.

А) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{4}$. Б) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{2}{1}$. В) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{8}$. Г) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{4}{1}$. Д) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{2}$.

50. Визначте доцентрове прискорення a_0 лопатей вентилятора, якщо кутова швидкість їхнього обертання $\omega=12$ рад/с, а лінійна швидкість кінців лопатей $V=36$ м/с.

А) $a_0=432$ м/с². Б) $a_0=218$ м/с². В) $a_0=326$ м/с². Г) $a_0=277$ м/с². Д) $a_0=384$ м/с².

43. Moving downgrade a train traveled $S=340$ m for time $t=20$ sec and made velocity $V=19$ m/sec. What acceleration a did the train move with ?

- A) $a=0.5$ m/sec² B) $a=0.1$ m/sec² C) $a=0.4$ m/sec² D) $a=0.2$ m/sec² E) $a=0.6$ m/sec²

44. Moving downgrade a train traveled $S=340$ m for $t=20$ sec and made velocity $V=19$ m/sec. What was its *initial* velocity V_0 ?

- A) $V_0=15$ m/sec B) $V_0=11$ m/sec C) $V_0=17$ m/sec D) $V_0=9$ m/sec E) $V_0=13$ m/sec

45. What velocity V will a rocket reach moving *from the rest* with acceleration $a=100$ m/sec² up to a final height $h=1$ km ?

- A) $V=494$ m/sec B) $V=383$ m/sec C) $V=447$ m/sec D) $V=526$ m/sec E) $V=412$ m/sec

Uniform rotary motion

46. A particle moves *uniformly* in a curved path at a velocity $V=10$ m/sec. Find out the curvature radius R in the point where the particle acceleration is $a=10$ m/sec².

- A) $R=10$ m B) $R=7,5$ m C) $R=12,5$ m D) $R=5$ m E) $R=2,5$ m

47. A bus moves along a convex bridge. At the middle of the bridge its velocity is $V=25$ m/sec, and centripetal acceleration a_c is *equal to* free fall acceleration g . Find out the bridge radius R .

- A) $R=56$ m B) $R=81$ m C) $R=64$ m D) $R=72$ m E) $R=48$ m

48. Angular velocity of a uniform rotation of a wind-powered engine is $\omega=6$ rad/sec. Find out centripetal acceleration a_c of the ends of its blades if their linear velocity is $V=20$ m/sec.

- A) $a_c=100$ m/sec² B) $a_c=140$ m/sec² C) $a_c=160$ m/sec² D) $a_c=120$ m/sec² E) $a_c=80$ m/sec²

49. Two material points move in circles of the radii R_1 and R_2 , and $R_1=2R_2$. Compare their centripetal accelerations (a_1/a_2) if their rotation periods T are *the same*.

- A) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{4}$. B) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{2}{1}$. C) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{8}$. D) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{4}{1}$. E) $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{2}$.

50. Calculate centripetal acceleration a_c of fan blades if angular velocity of its rotation is $\omega=12$ rad/sec and linear velocity of the ends of its blades is $V=36$ m/sec.

- A) $a_c=432$ m/sec² B) $a_c=218$ m/sec² C) $a_c=326$ m/sec² D) $a_c=277$ m/sec² E) $a_c=384$ m/sec²

51. Із якою швидкістю V автомобіль мусить проїздити по опуклому мосту радіусом $R=80$ м, щоб у верхній точці мосту він знаходився *в стані невагомості*?

А) $V=20$ м/с. Б) $V=32$ м/с. В) $V=24$ м/с. Г) $V=16$ м/с. Д) $V=28$ м/с.

52. Знайти доцентрове прискорення точок колеса автомобіля $a_{\text{д}}$, якщо він рухається зі швидкістю $V=72$ км/год, а частота обертання колеса $\nu=4$ Гц.

А) $a_{\text{д}}=392$ м/с². Б) $a_{\text{д}}=502$ м/с². В) $a_{\text{д}}=456$ м/с². Г) $a_{\text{д}}=278$ м/с². Д) $a_{\text{д}}=314$ м/с².

53. Чому дорівнює доцентрове прискорення $a_{\text{д}}$ потягу, який рухається *рівномірно* зі швидкістю $V=20$ м/с по заокругленню радіусом $R=800$ м?

А) $a_{\text{д}}=1,5$ м/с². Б) $a_{\text{д}}=2,5$ м/с². В) $a_{\text{д}}=1,0$ м/с². Г) $a_{\text{д}}=0,5$ м/с². Д) $a_{\text{д}}=2,0$ м/с².

54. Ротор турбіни діаметром $d=40$ см обертається із частотою $\nu=200$ Гц. Визначте доцентрове прискорення $a_{\text{д}}$ кінців лопатей цієї турбіни.

А) $a_{\text{д}}=142$ м/с². Б) $a_{\text{д}}=286$ м/с². В) $a_{\text{д}}=194$ м/с². Г) $a_{\text{д}}=98$ м/с². Д) $a_{\text{д}}=251$ м/с².

55. Матеріальна точка рухається по колу радіусом $R=10$ м. В деякий момент часу доцентрове прискорення точки $a_{\text{д}}=5$ м/с². Визначте швидкість точки V у цей момент часу.

А) $V=8,4$ м/с. Б) $V=6,8$ м/с. В) $V=7,1$ м/с. Г) $V=4,2$ м/с. Д) $V=5,6$ м/с.

Вільне падіння тіл

56. За який проміжок часу t тіло, яке вільно падає, проходить *перший сантиметр* свого шляху?

А) $t=30$ мс. Б) $t=75$ мс. В) $t=15$ мс. Г) $t=60$ мс. Д) $t=45$ мс.

57. Чому дорівнює відношення шляхів, які проходить тіло за *три* і за *чотири* секунди від початку його вільного падіння h_3/h_4 ?

А) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{5}{6}$. Б) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{4}{11}$. В) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{9}{16}$. Г) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{7}{18}$. Д) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{3}{4}$.

58. Чому дорівнює відношення шляхів, пройдених тілом за *чотири* і за *п'ять* секунд від початку його вільного падіння h_4/h_5 ?

А) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{2}{3}$. Б) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{16}{25}$. В) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{7}{11}$. Г) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{4}{5}$. Д) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{9}{22}$.

59. У деякий момент часу швидкість вільно падаючого тіла $V_1=7$ м/с. Якою стане його швидкість V_2 через проміжок часу $\Delta t=1$ с *після цього*? (Вважати $g=10$ м/с²).

51. With what velocity must a car go by a convex bridge of the radius $R=80$ m to be in the state of weightlessness at the upper part of the bridge ?

- A) $V=20$ m/sec B) $V=32$ m/sec C) $V=24$ m/sec D) $V=16$ m/sec E) $V=28$ m/sec

52. Find out centripetal acceleration a_c of points of a car wheel if it moves at a velocity $V=72$ km/h and a wheel rotational frequency is $\nu=4$ Hertz.

- A) $a_c=392$ m/sec² B) $a_c=502$ m/sec² C) $a_c=456$ m/sec² D) $a_c=278$ m/sec² E) $a_c=314$ m/sec²

53. What is centripetal acceleration a_c of a train moving *uniformly* at a velocity $V=20$ m/sec in a curved track of the radius $R=800$ m ?

- A) $a_c=1.5$ m/sec² B) $a_c=2.5$ m/sec² C) $a_c=1.0$ m/sec² D) $a_c=0.5$ m/sec² E) $a_c=2.0$ m/sec²

54. A turbine rotor of $d=40$ cm in diameter rotates with frequency $\nu=200$ Hertz. Find out centripetal acceleration a_c of the ends of the turbine blades.

- A) $a_c=142$ m/sec² B) $a_c=286$ m/sec² C) $a_c=194$ m/sec² D) $a_c=98$ m/sec² E) $a_c=251$ m/sec²

55. A material point moves in a circle of the radius $R=10$ m. At some moment of time centripetal acceleration a_c of the point is $a_c=5$ m/sec². Find out the point velocity V at that moment of time.

- A) $V=8.4$ m/sec B) $V=6.8$ m/sec C) $V=7.1$ m/sec D) $V=4.2$ m/sec E) $V=5.6$ m/sec

Free fall of bodies

56. For what period of time t does a free falling body travel the *first centimeter* of its path ?

- A) $t=30$ msec B) $t=75$ msec C) $t=15$ msec D) $t=60$ msec E) $t=45$ msec

57. What is the relationship of the paths h_3/h_4 a body travels *for* 3 and *for* 4 seconds from the start of its free fall ?

- A) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{5}{6}$. B) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{4}{11}$. C) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{9}{16}$. D) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{7}{18}$. E) $\frac{h_3}{h_4} = \frac{3}{4}$.

58. What is the relationship of the paths h_4/h_5 a body travels *for* 4 and *for* 5 seconds from the start of its free fall ?

- A) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{2}{3}$. B) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{16}{25}$. C) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{7}{11}$. D) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{4}{5}$. E) $\frac{h_4}{h_5} = \frac{9}{22}$.

59. At some moment of time velocity of a free falling body is $V_1=7$ m/sec. What will its velocity V_2 be in $\Delta t=1$ sec *after this* ? (Consider $g=10$ m/sec²).

А) $V_2=17$ м/с. Б) $V_2=34$ м/с. В) $V_2=21$ м/с. Г) $V_2=28$ м/с. Д) $V_2=14$ м/с.

60. У скільки разів потрібно збільшити початкову швидкість V_0 тіла, кинутого *вертикально вгору*, щоб час його підйому t збільшився удвічі ?

А) У 2,5 рази. Б) У 3,5 рази. В) У 4 рази. Г) У 2 рази. Д) У 1,5 рази.

61. На Місяці вільно падаюче тіло пролітає відстань $h=20$ м за проміжок часу $t=5$ с. Визначити прискорення вільного падіння g на Місяці.

А) $g=4,7$ м/с². Б) $g=1,6$ м/с². В) $g=5,4$ м/с². Г) $g=3,2$ м/с². Д) $g=2,5$ м/с².

62. У скільки разів прискорення вільного падіння тіла g на висоті $H=2R_3$ менше, ніж g_0 поблизу поверхні Землі ? (R_3 - радіус Землі).

А) У 2 рази. Б) У 6 разів. В) У 9 разів. Г) У 4 рази. Д) У 3 рази.

63. На якій висоті H від поверхні Землі *сила тяжіння* у 4 рази менша, ніж на її поверхні ? Радіус Землі R_3 вважати рівним 6400 км.

А) $H=3200$ км. Б) $H=2100$ км. В) $H=5600$ км. Г) $H=4800$ км. Д) $H=6400$ км.

64. М'яч, кинутий *вертикально вгору*, впав у вихідну точку через проміжок часу $t=3$ с. Визначити *початкову* швидкість V_0 його кидання. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $V_0=12$ м/с. Б) $V_0=21$ м/с. В) $V_0=15$ м/с. Г) $V_0=9$ м/с. Д) $V_0=18$ м/с.

65. Тіло кинуте *вертикально вгору* із початковою швидкістю $V_0=30$ м/с. Через який проміжок часу t воно досягне висоти $h=40$ м вперше ? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $t=1,5$ с. Б) $t=2,5$ с. В) $t=3,0$ с. Г) $t=2,0$ с. Д) $t=3,5$ с.

66. Тіло кинуте під кутом $\alpha=30^\circ$ до горизонту із початковою швидкістю $V_0=100$ м/с. Через який проміжок часу t тіло досягне висоти $h=45$ м вперше ? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $t=0,25$ с. Б) $t=1,25$ с. В) $t=0,5$ с. Г) $t=0,75$ с. Д) $t=1,0$ с.

67. Людина, яка знаходиться на вершині вежі заввишки $h=15$ м, кидає *вгору* камінець із початковою швидкістю $V_0=10$ м/с. Через який проміжок часу t камінець досягне поверхні Землі ? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $t=1,5$ с. Б) $t=2,5$ с. В) $t=3,0$ с. Г) $t=2,0$ с. Д) $t=3,5$ с.

68. Літак летить зі швидкістю $V=450$ км/год на висоті $h=1960$ м. Із нього потрібно

A) $V_2=17$ m/sec B) $V_2=34$ m/sec C) $V_2=21$ m/sec D) $V_2=28$ m/sec E) $V_2=14$ m/sec

60. How many times should the initial velocity V_0 of a body thrown *vertically up* be increased that the time of its lifting *t increased twice* ?

A) 2.5 times B) 3.5 times C) 4 times D) 2 times E) 1.5 times

61. In the Moon a free falling body flies distance $h=20$ m for time $t=5$ sec. Find out acceleration of free fall g in the Moon.

A) $g=4.7$ m/sec² B) $g=1.6$ m/sec² C) $g=5.4$ m/sec² D) 3.2 m/sec² E) 2.5 m/sec²

62. How many times is free fall accelerating g of a body at a height of $H=2R_E$ less than g_0 near the Earth surface ? (R_E is the Earth radius).

A) 2 times B) 6 times C) 9 times D) 4 times E) 3 times

63. At what height H from the Earth surface is the *gravity force* 4 times less than on its surface ? The Earth radius R_E is considered to be 6400 km.

A) $H=3200$ km B) $H=2100$ km C) $H=5600$ km D) $H=4800$ km E) $H=6400$ km

64. A ball thrown *vertically up* fell into an initial point in $t=3$ sec. Find out *initial* velocity V_0 of its throwing. (Consider $g=10$ m/sec²)

A) $V_0=12$ m/sec B) $V_0=21$ m/sec C) $V_0=15$ m/sec D) $V_0=9$ m/sec E) $V_0=18$ m/sec

65. A ball is thrown *vertically up* at an initial velocity $V_0=30$ m/sec. In what time t will it appear at a height of $h=40$ m for the first time? (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $t=1.5$ sec B) $t=2.5$ sec C) $t=3.0$ sec D) $t=2.0$ sec E) $t=3.5$ sec

66. A body is thrown at an angle of $\alpha=30^\circ$ to horizon with initial velocity $V_0=100$ m/sec. In what time t will the body reach the height $h=45$ m for the first time? (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $t=0.25$ sec B) $t=1.25$ sec C) $t=0.5$ sec D) $t=0.75$ sec E) $t=1.0$ sec

67. A person who is at the top of a tower as high as $h=15$ m throws a stone *up* with initial velocity $V_0=10$ m/sec. In what time t will the stone reach the Earth surface ? (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $t=1.5$ sec B) $t=2.5$ sec C) $t=3.0$ sec D) $t=2.0$ sec E) $t=3.5$ sec

68. A plane is flying at a speed $V=450$ km/h at a height $h=1960$ m. It is necessary to

скинути згорток з поштою в пункт A . На якій відстані S від пункту A льотчик мусить відкрити люк, щоб згорток точно потрапив у потрібне місце ?

А) $S=1750$ м Б) $S=1250$ м В) $S=1500$ м Г) $S=2500$ м Д) $S=2250$ м

69. Крапля дощу починає вільно падати із хмари. За *останню секунду* перед падінням на землю вона пролетіла відстань $\Delta h=95$ м. Нехтуючи опором повітря, визначте час падіння краплі t . (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $t=14$ с. Б) $t=10$ с. В) $t=16$ с. Г) $t=8$ с. Д) $t=12$ с.

70. Тіло кинуте з вежі *горизонт ально* із початковою швидкістю $V_0=15$ м/с. На землю воно впало під кутом $\alpha=60^\circ$ *до горизонт у*. Визначте висоту h цієї вежі.

А) $h=58,2$ м. Б) $h=46,5$ м. В) $h=27,8$ м. Г) $h=34,4$ м. Д) $h=61,7$ м.

71. Тіло кинули *горизонт ально*, і через $t=5$ с польоту кут α між напрямками його швидкості V і *повного* прискорення g склав 45° . Нехтуючи опором повітря, визначте модуль швидкості тіла V у цей момент часу.

А) $V=82$ м/с. Б) $V=48$ м/с. В) $V=71$ м/с. Г) $V=56$ м/с. Д) $V=64$ м/с.

72. Кулька вільно падає з висоти $H=80$ м. Визначити її переміщення Δh за *ост анню секунду* руху.

А) $\Delta h=40$ м. Б) $\Delta h=25$ м. В) $\Delta h=20$ м. Г) $\Delta h=35$ м. Д) $\Delta h=30$ м.

73. Стріла, випущена із луку *верт икально вгору*, впала на землю через проміжок часу $\Delta t=6$ с. Визначте початкову швидкість стріли V_0 . (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $V_0=20$ м/с. Б) $V_0=35$ м/с. В) $V_0=15$ м/с. Г) $V_0=25$ м/с. Д) $V_0=30$ м/с.

74. Стріла, випущена із луку *верт икально вгору*, впала на землю через проміжок часу $\Delta t=6$ с. Визначте висоту її *максимального* підйому h_{max} . (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $h_{max}=35$ м. Б) $h_{max}=50$ м. В) $h_{max}=45$ м. Г) $h_{max}=30$ м. Д) $h_{max}=40$ м.

Динаміка поступального руху

75. Яка із перелічених векторних характеристик *співпадає* за напрямком із вектором *прискорення* при поступальному русі у *найзагальнішому* випадку ?

А) Імпульс. Б) Сила. В) Швидкість. Г) Радіус-вектор точки. Д) Момент сили.

76. Сила F надає першому тілу прискорення $a_1=2$ м/с², а іншому - прискорення $a_2=3$ м/с². Якого прискорення a під дією *цієї сили* набудуть обидва тіла, якщо їх *з'єднати разом* ?

throw a post parcel out of it to the point A . At what distance S from the point A must a pilot open a hatch for the parcel to fall down into the required point ?

- A) $S=1750$ m B) $S=1250$ m C) $S=1500$ m D) $S=2500$ m E) $S=2250$ m

69. A rain drop starts free falling from a cloud. For *the last second* before falling on the land, it covered distance $\Delta h=95$ m. Neglecting air-resistance, find out the time t of drop falling. (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $t=14$ sec B) $t=10$ sec C) $t=16$ sec D) $t=8$ sec E) $t=12$ sec

70. A body is thrown *horizontally* from a tower at initial velocity $V_0=15$ m/sec. It fell down on the land at an angle of $\alpha=60^\circ$ to *horizon*. Find out the tower height h .

- A) $h=58.2$ m B) $h=46.5$ m C) $h=27.8$ m D) $h=34.4$ m E) $h=61.7$ m

71. A body was thrown *horizontally* and in $t=5$ sec of flying angle α between the directions of its velocity V and *full* acceleration g was 45° . Neglecting air-resistance, calculate modulus of a body velocity V at the moment of time.

- A) $V=82$ m/sec B) $V=48$ m/sec C) $V=71$ m/sec D) $V=56$ m/sec E) $V=64$ m/sec

72. A ball is freely falling from the height $H=80$ m. Find out its displacement Δh for the *last second* of motion.

- A) $\Delta h=40$ m B) $\Delta h=25$ m C) $\Delta h=20$ m D) $\Delta h=35$ m E) $\Delta h=30$ m

73. An arrow shot from a bow *vertically up* fell to earth in time $\Delta t=6$ sec. Calculate the arrow initial velocity V_0 . (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $V_0=20$ m/sec B) $V_0=35$ m/sec C) $V_0=15$ m/sec D) $V_0=25$ m/sec E) $V_0=30$ m/sec

74. An arrow shot from a bow *vertically up* fell to earth in time $\Delta t=6$ sec. Calculate the arrow *maximum* height h_{max} . (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $h_{max}=35$ m B) $h_{max}=50$ m C) $h_{max}=45$ m D) $h_{max}=30$ m E) $h_{max}=40$ m

Dynamic of translational motion

75. What of the below vector characteristics *coincides* in direction with *acceleration* vector in *translational motion* in the *general case* ?

- A) Impulse B) Force C) Velocity D) A point radius-vector E) Moment of force

76. Force F accelerates the first body with $a_1=2$ m/sec² and the other – with $a_2=3$ m/sec². What acceleration a will the both bodies obtain *under this force* if they are *connected together* ?

А) $a=1,8 \text{ м/с}^2$. Б) $a=0,9 \text{ м/с}^2$. В) $a=1,5 \text{ м/с}^2$. Г) $a=0,6 \text{ м/с}^2$. Д) $a=1,2 \text{ м/с}^2$.

77. Два тіла, маси яких відносяться як 1/2, рухаються із прискореннями, які відповідно відносяться, як 1/4. Знайти силу F_2 , діючу на друге тіло, якщо на перше діє сила $F_1=1,3 \text{ Н}$.

А) $F_2=2,6 \text{ Н}$. Б) $F_2=10,4 \text{ Н}$. В) $F_2=5,2 \text{ Н}$. Г) $F_2=7,8 \text{ Н}$. Д) $F_2=11,7 \text{ Н}$.

78. Через проміжок часу $t=10 \text{ с}$ після початку аварійного гальмування автобус зупинився. Коефіцієнт тертя при гальмуванні $\mu=0,3$. Знайти швидкість V_0 у момент початку гальмування.

А) $V_0=40 \text{ м/с}$. Б) $V_0=25 \text{ м/с}$. В) $V_0=30 \text{ м/с}$. Г) $V_0=20 \text{ м/с}$. Д) $V_0=35 \text{ м/с}$.

79. Вагон масою $m=20 \text{ т}$ рухається зі швидкістю $V=18 \text{ км/год}$. Із якою силою F потрібно гальмувати, щоб гальмівний шлях вагону S становив 250 м ?

А) $F=1000 \text{ Н}$. Б) $F=1250 \text{ Н}$. В) $F=1750 \text{ Н}$. Г) $F=1500 \text{ Н}$. Д) $F=500 \text{ Н}$.

80. Велосипедист рухався із швидкістю $V=8 \text{ м/с}$. Який шлях S проїде він після того, як перестане крутити педалі ? Коефіцієнт опору $\mu=0,05$. (Вважати $g=10 \text{ м/с}^2$).

А) $S=81 \text{ м}$. Б) $S=112 \text{ м}$. В) $S=96 \text{ м}$. Г) $S=48 \text{ м}$. Д) $S=64 \text{ м}$.

81. Якою буде швидкість тіла V масою $m=3 \text{ кг}$ у кінці шостої секунди руху, якщо на нього діє сила $F=10 \text{ Н}$?

А) $V=10 \text{ м/с}$. Б) $V=24 \text{ м/с}$. В) $V=16 \text{ м/с}$. Г) $V=20 \text{ м/с}$. Д) $V=13 \text{ м/с}$.

82. На парашутиста масою $m=90 \text{ кг}$, який вистрибнув із літака, діє сила опору повітря, вертикальна складова якої $F_1=500 \text{ Н}$, а горизонтальна - $F_2=300 \text{ Н}$. Визначити значення рівнодійної всіх сил F , які діють на нього. (Вважати $g=10 \text{ м/с}^2$).

А) $F=1100 \text{ Н}$. Б) $F=750 \text{ Н}$. В) $F=500 \text{ Н}$. Г) $F=250 \text{ Н}$. Д) $F=900 \text{ Н}$.

83. Людина масою $m=70 \text{ кг}$ піднімається у ліфті, який рухається рівношвидково-вертикально вгору із прискоренням $a=1 \text{ м/с}^2$. Визначити силу тиску людини N на підлогу кабіни ліфту. (Вважати $g=10 \text{ м/с}^2$).

А) $N=700 \text{ Н}$. Б) $N=770 \text{ Н}$. В) $N=540 \text{ Н}$. Г) $N=630 \text{ Н}$. Д) $N=840 \text{ Н}$.

84. Яка сила F потрібна, щоб вагонетці вагою $P=2000 \text{ Н}$ надати прискорення $a=20 \text{ см/с}^2$, якщо коефіцієнт тертя становить $\mu=0,02$? (Вважати $g=10 \text{ м/с}^2$).

А) $F=60 \text{ Н}$. Б) $F=80 \text{ Н}$. В) $F=120 \text{ Н}$. Г) $F=100 \text{ Н}$. Д) $F=40 \text{ Н}$.

A) $a=1.8 \text{ m/sec}^2$ B) $a=0.9 \text{ m/sec}^2$ C) $a=1.5 \text{ m/sec}^2$ D) $a=0.6 \text{ m/sec}^2$ E) $a=1.2 \text{ m/sec}^2$

77. Two bodies, *the masses* of which correlate as $1/2$, move with *accelerations*, which respectively correlate as $1/4$. Determine the force F_2 which influences *the second* body if *the first* body is influenced by the force $F_1=1.3 \text{ N}$.

A) $F_2=2.6 \text{ N}$ B) $F_2=10.4 \text{ N}$ C) $F_2=5.2 \text{ N}$ D) $F_2=7.8 \text{ N}$ E) $F_2=11.7 \text{ N}$

78. In time $t=10 \text{ sec}$ after the start of the emergency braking a bus came *to a stop*. Coefficient of friction in braking is $\mu=0.3$. Calculate velocity V_0 at the moment of *braking start*.

A) $V_0=40 \text{ m/sec}$ B) $V_0=25 \text{ m/sec}$ C) $V_0=30 \text{ m/sec}$ D) $V_0=20 \text{ m/sec}$ E) $V_0=35 \text{ m/sec}$

79. A carriage of $m=20 \text{ t}$ in mass moves at a velocity $V=18 \text{ km/h}$. What force F should it brake with that a braking distance S of the carriage were 250 m ?

A) $F=1000 \text{ N}$ B) $F=1250 \text{ N}$ C) $F=1750 \text{ N}$ D) $F=1500 \text{ N}$ E) $F=500 \text{ N}$

80. A bicyclist moves at a velocity $V=8 \text{ m/sec}$. What distance S will he cover when he stops treading ? Coefficient of resistance is $\mu=0.05$. (Consider $g=10 \text{ m/sec}^2$).

A) $S=81 \text{ m}$ B) $S=112 \text{ m}$ C) $S=96 \text{ m}$ D) $S=48 \text{ m}$ E) $S=64 \text{ m}$

81. What will a velocity V of a body of $m=3 \text{ kg}$ in mass be at the end of *the sixth second* of moving if it is influence by a force $F=10 \text{ N}$?

A) $V=10 \text{ m/sec}$ B) $V=24 \text{ m/sec}$ C) $V=16 \text{ m/sec}$ D) $V=20 \text{ m/sec}$ E) $V=13 \text{ m/sec}$

82. A skydiver of mass $m=90 \text{ kg}$ has jumped out of a plane and is influenced by air-resistance force *the vertical* component of which is $F_1=500 \text{ N}$ and *the horizontal* one is $F_2=300 \text{ N}$. Find out a value of *a resultant* of all forces F , which influence him. (Consider $g=10 \text{ m/sec}^2$).

A) $F=1100 \text{ N}$ B) $F=750 \text{ N}$ C) $F=500 \text{ N}$ D) $F=250 \text{ N}$ E) $F=900 \text{ N}$

83. A person of mass $m=70 \text{ kg}$ goes *upstairs* in a lift which moves *uniformly retardedly* with acceleration $a=1 \text{ m/sec}^2$. Find out the person-pressure-induced force N on a lift floor. (Consider $g=10 \text{ m/sec}^2$).

A) $N=700 \text{ N}$ B) $N=770 \text{ N}$ C) $N=540 \text{ N}$ D) $N=630 \text{ N}$ E) $N=840 \text{ N}$

84. What force F is needed for a wagon of weight $P=2000 \text{ N}$ to be accelerated with $a=20 \text{ cm/sec}^2$ if friction coefficient is $\mu=0.02$? (Consider $g=10 \text{ m/sec}^2$).

A) $F=60 \text{ N}$ B) $F=80 \text{ N}$ C) $F=120 \text{ N}$ D) $F=100 \text{ N}$ E) $F=40 \text{ N}$

85. Санчата масою $m=40$ кг тягнуть за шнур із силою $F=400$ Н. Коефіцієнт тертя санчат об сніг $\mu=0,01$. Визначити силу тертя санчат об сніг $F_{\text{тер}}$, якщо шнур складає кут $\alpha=30^\circ$ із горизонтом.

А) $F_{\text{тер}}=1$ Н. Б) $F_{\text{тер}}=2,5$ Н. В) $F_{\text{тер}}=0,5$ Н. Г) $F_{\text{тер}}=1,5$ Н. Д) $F_{\text{тер}}=2$ Н.

86. Тіло почало ковзати по похилій площині і пройшло відстань $S=1$ м. Яка швидкість тіла в кінці цього шляху V , якщо кут нахилу площини до горизонту $\alpha=30^\circ$, а коефіцієнт тертя тіла об площину $\mu=0,1$?

А) $V=4,1$ м/с. Б) $V=2,9$ м/с. В) $V=1,8$ м/с. Г) $V=3,6$ м/с. Д) $V=5,4$ м/с.

87. Із якою силою N людина масою $m=80$ кг тисне на підлогу ліфту в момент його зупинки при підйомі на сьомий поверх, якщо прискорення ліфту в цей момент часу $a=-2$ м/с² ? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $N=640$ Н. Б) $N=810$ Н. В) $N=960$ Н. Г) $N=720$ Н. Д) $N=480$ Н.

88. Із якою силою N людина масою $m=70$ кг тисне на підлогу ліфту в момент початку його підйому, якщо прискорення ліфту в цей момент $a=2$ м/с² ? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $N=560$ Н. Б) $N=720$ Н. В) $N=840$ Н. Г) $N=980$ Н. Д) $N=650$ Н.

89. Людина масою $m=60$ кг опускається у ліфті. Із якою силою N людина тисне на підлогу ліфту, якщо він рухається рівномірно ?

А) $N=0$ Н. Б) $N=60$ Н. В) $N=300$ Н. Г) $N=600$ Н. Д) $N=900$ Н.

90. Тіло масою $m=5$ кг рухається прямолінійно згідно із законом: $S=2-3t+5t^2+t^3$ м. Яка за величиною сила F діє на це тіло в кінці другої секунди руху ?

А) $F=72$ Н. Б) $F=44$ Н. В) $F=176$ Н. Г) $F=110$ Н. Д) $F=84$ Н.

91. Із якою силою F притягуються між собою дві матеріальні точки масами m по 1 кг, якщо відстань між ними $r=2$ м ? (Гравітаційна стала $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11}$ м³/кг·с²).

А) $F=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н. Б) $F=3,34 \cdot 10^{-11}$ Н. В) $F=1,67 \cdot 10^{-11}$ Н. Г) $F=1$ Н. Д) $F=1,33 \cdot 10^{-10}$ Н.

92. Брусок ковзає зі стану спокою по похилій площині, яка складає із горизонтом кут $\alpha=45^\circ$. Визначити швидкість бруска V у той момент, коли він пройде шлях $S=1$ м після початку руху. Коефіцієнт тертя бруска об площину $\mu=0,1$.

А) $V=3,6$ м/с. Б) $V=7,2$ м/с. В) $V=4,5$ м/с. Г) $V=2,8$ м/с. Д) $V=5,4$ м/с.

93. Із якою силою N людина масою $m=60$ кг тисне на підлогу ліфту в момент його зупинки на нижньому поверсі, якщо прискорення ліфта у цей момент часу $a=-3$ м/с² ? (Вважати $g=10$ м/с²).

85. A sleigh of mass $m=40$ kg is pulled with a cord with force $F=400$ N. Friction coefficient of the sleigh on snow is $\mu=0.01$. Find out a force of friction of the sleigh on snow F_{fr} if the cord makes an angle of $\alpha=30^\circ$ to horizon.

- A) $F_{fr}=1.0$ N B) $F_{fr}=2.5$ N C) $F_{fr}=0.5$ N D) $F_{fr}=1.5$ N E) $F_{fr}=2.0$ N

86. A body started sliding by an inclined plane and covered the distance $S=1$ m. What is the body velocity at the end of this path V if inclination of plane to horizon is $\alpha=30^\circ$ and friction coefficient of the body on the plane is $\mu=0.1$?

- A) $V=4,1$ m/sec B) $V=2,9$ m/sec C) $V=1,8$ m/sec D) $V=3,6$ m/sec E) $V=5,4$ m/sec

87. With what force N does a person of mass $m=80$ kg press on a lift floor at the moment of its stop when lifting as high as the seventh floor if a lift acceleration at this moment of time is $a=-2$ m/sec² ? (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $N=640$ N B) $N=810$ N C) $N=960$ N D) $N=720$ N E) $N=480$ N

88. With what force N does a person of mass $m=70$ kg press on a lift floor at the moment when it starts going up, if a lift acceleration at this moment of time is $a=2$ m/sec² ? (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $N=560$ N B) $N=720$ N C) $N=840$ N D) $N=980$ N E) $N=650$ N

89. A person of mass $m=60$ kg goes down in a lift. With what force N does a person press on a lift floor if it moves uniformly ?

- A) $N=0$ N B) $N=60$ N C) $N=300$ N D) $N=600$ N E) $N=900$ N

90. A body of mass $m=5$ kg moves *rectilinearly* according to the law: $S=2-3t+5t^2+t^3$ m. What is a value of the force F which influences it at the end of the *second second* of moving ?

- A) $F=72$ N B) $F=44$ N C) $F=176$ N D) $F=110$ N E) $F=84$ N

91. With what force F do two material points of masses $m=1$ kg attract to each other if a distance between them is $r=2$ m ? (Gravitation constant is $\gamma=6.67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg·sec²).

- A) $F=6.67 \cdot 10^{-11}$ N B) $F=3.34 \cdot 10^{-11}$ N C) $F=1.67 \cdot 10^{-11}$ N D) $F=1$ N E) $F=1.33 \cdot 10^{-10}$ N

92. A bar is sliding from the rest by an inclined plane which composes an angle of $\alpha=45^\circ$ to horizon. Find out a bar velocity V at that moment when it has traveled $S=1$ m after the start of motion. Friction coefficient of a bar on a plane is $\mu=0.1$.

- A) $V=3.6$ m/sec B) $V=7.2$ m/sec C) $V=4.5$ m/sec D) $V=2.8$ m/sec E) $V=5.4$ m/sec

93. With what force N does a person of mass $m=60$ kg press a lift floor at the moment of its stop on the bottom floor if the lift acceleration at this moment is $a=-3$ m/sec² ? (Consider $g=10$ m/sec²).

А) $N=600$ Н. Б) $N=420$ Н. В) $N=780$ Н. Г) $N=550$ Н. Д) $N=360$ Н.

94. Під дією сили $F=10$ Н тіло рухається *прямолінійно*, а залежність шляху від часу задається рівнянням: $S=2-4t+t^2$ м Знайти масу m цього тіла.

А) $m=1$ кг. Б) $m=7$ кг. В) $m=9$ кг. Г) $m=3$ кг. Д) $m=5$ кг.

95. Із якою силою F притягуються між собою дві матеріальні точки масами $m_1=m_2=1$ кг, які знаходяться на відстані $r=1$ м ?

А) $F=1$ Н. Б) $F=1,36 \cdot 10^{-9}$ Н. В) $F=3,82 \cdot 10^{-6}$ Н. Г) $F=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н. Д) $F=1,33 \cdot 10^{-10}$ Н.

96. Чому дорівнює гальмівний шлях автомобіля S , який рухався із швидкістю $V_0=100$ км/год, якщо коефіцієнт тертя коліс при гальмуванні $\mu=0,4$? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $S=102$ м. Б) $S=64$ м. В) $S=96$ м. Г) $S=72$ м. Д) $S=81$ м.

97. Дві гири масами $m_1=5$ і $m_2=3$ кг підвішені до кінців перекинutoї через нерухомий блок нитки, причому *менша* гиря знаходиться на $\Delta h=1$ м *нижче*, ніж велика. Через який проміжок часу t вільно рухомі гири виявляться *на однаковій* висоті ?

А) $t=0,96$ с. Б) $t=0,64$ с. В) $t=0,86$ с. Г) $t=1,28$ с. Д) $t=0,72$ с.

98. Тіло ковзає *рівномірно* по похилій площині із кутом нахилу $\alpha=30^\circ$ до горизонту. Визначте коефіцієнт тертя μ між поверхнями тіла і похилої площини.

А) $\mu=0,58$. Б) $\mu=0,36$. В) $\mu=0,72$. Г) $\mu=0,64$. Д) $\mu=0,45$.

99. Трос витримує *без розриву* вантаж масою $M=1000$ кг За який *мінімальний* проміжок часу t_m можна підняти на цьому тросі вантаж масою $m=200$ кг із глибини $h=80$ м ?

А) $t_m=3,0$ с. Б) $t_m=2,5$ с. В) $t_m=4,0$ с. Г) $t_m=2,0$ с. Д) $t_m=3,5$ с.

100. На кінцях канату, перекинutoго через невагомий блок, знаходяться два вантажі, масами $m_1=4$ та $m_2=5$ кг. Нехтуючи масою канату, визначити прискорення руху цих вантажів a . (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $a=3,2$ м/с². Б) $a=1,1$ м/с². В) $a=2,7$ м/с². Г) $a=1,6$ м/с². Д) $a=0,8$ м/с².

101. На кінцях канату перекинutoго через невагомий блок завдовжки $l=20$ м знаходяться *на одному рівні* два вантажі, масами $m_1=4$ і $m_2=5$ кг Нехтуючи масою канату, визначте проміжок часу t , за який *менший* вантаж досягне блоку.

А) $t=5,4$ с. Б) $t=4,8$ с. В) $t=2,1$ с. Г) $t=3,6$ с. Д) $t=4,2$ с.

A) $N=600\text{ N}$ B) $N=420\text{ N}$ C) $N=780\text{ N}$ D) $N=550\text{ N}$ E) $N=360\text{ N}$

94. Under the force $F=10\text{ N}$ a body moves *rectilinearly* and the path-time dependence is set by the equation $S=2-4t+t^2\text{ m}$. Find out mass m of this body.

A) $m=1\text{ kg}$ B) $m=7\text{ kg}$ C) $m=9\text{ kg}$ D) $m=3\text{ kg}$ E) $m=5\text{ kg}$

95. With what force N do two material points of masses $m_1=m_2=1\text{ kg}$ attract to each other if a distance between them is $r=1\text{ m}$?

A) $F=1\text{ N}$ B) $F=1.36\cdot 10^{-9}\text{ N}$ C) $F=3.82\cdot 10^{-6}\text{ N}$ D) $F=6.67\cdot 10^{-11}\text{ N}$ E) $F=1.33\cdot 10^{-10}\text{ N}$

96. What is a braking distance S of a car which moved at a velocity $V_0=100\text{ km/h}$ if friction coefficient of its wheels in braking is $\mu=0.4$? (Consider $g=10\text{ m/sec}^2$).

A) $S=102\text{ m}$ B) $S=64\text{ m}$ C) $S=96\text{ m}$ D) $S=72\text{ m}$ E) $S=81\text{ m}$

97. Two weights of masses $m_1=5$ and $m_2=3\text{ kg}$ are hung up to the ends of a thread thrown-over a fixed block, *the less* weight being $\Delta h=1\text{ m}$ *lower* than the bigger one. In what time t will the weights be *at the same height* moving freely ?

A) $t=0.96\text{ sec}$ B) $t=0.64\text{ sec}$ C) $t=0.86\text{ sec}$ D) $t=1.28\text{ sec}$ E) $t=0.72\text{ sec}$

98. A body is *uniformly* sliding from by an inclined plane at an inclination angle $\alpha=30^\circ$ to horizon. Find out friction coefficient μ between the surfaces of the body and the plane.

A) $\mu=0.58$ B) $\mu=0.36$ C) $\mu=0.72$ D) $\mu=0.64$ E) $\mu=0.45$

99. A cable holds a load of mass $M=1000\text{ kg}$ without *any rupture*. For what *minimum* period of time t_{min} can a load of mass $m=200\text{ kg}$ be lifted with this cable from the depth $h=80\text{ m}$?

A) $t_{min}=3.0\text{ sec}$ B) $t_{min}=2.5\text{ sec}$ C) $t_{min}=4.0\text{ sec}$ D) $t_{min}=2.0\text{ sec}$ E) $t_{min}=3.5\text{ sec}$

100. There are two loads of masses $m_1=4$ and $m_2=5\text{ kg}$ at the end of a rope thrown-over a weightless block. Neglecting the rope mass, calculate acceleration of loads motion a . (Consider $g=10\text{ m/sec}^2$).

A) $a=3.2\text{ m/sec}^2$ B) $a=1.1\text{ m/sec}^2$ C) $a=2.7\text{ m/sec}^2$ D) $a=1.6\text{ m/sec}^2$ E) $a=0.8\text{ m/sec}^2$

101. At the end of a rope as long as $l=20\text{ m}$ thrown-over a weightless block there are two loads of masses $m_1=4$ and $m_2=5\text{ kg}$ *at the same level*. Neglecting the rope mass, calculate the time t during which *a less load* reaches the block.

A) $t=5.4\text{ sec}$ B) $t=4.8\text{ sec}$ C) $t=2.1\text{ sec}$ D) $t=3.6\text{ sec}$ E) $t=4.2\text{ sec}$

102. Із гірки завдовжки $L=40$ м і заввишки $h=10$ м з'їжджають санчата, які знаходились до цього *у стані спокою*. Яка тривалість спуску санчат t , якщо коефіцієнт тертя їхніх полозів об сніг $\mu=0,05$?

А) $t=7,2$ с. Б) $t=5,6$ с. В) $t=6,4$ с. Г) $t=8,1$ с. Д) $t=9,6$ с.

103. Тепловоз вагою $P=500$ кН тягне потяг із $N=20$ вагонів, вага кожного із яких дорівнює P . Визначте проміжок часу t , за який потяг *зі стану спокою* набуде швидкості $V=36$ км/год. Сила тяги тепловозу $F_T=60$ кН, а коефіцієнт тертя $\mu=0,005$.

А) $t=23$ хвил. Б) $t=17$ хвил. В) $t=20$ хвил. Г) $t=14$ хвил. Д) $t=26$ хвил.

104. Постійна сила $F=5$ Н прискорила *зі стану спокою* тіло масою $m=10$ кг протягом проміжка часу $t=2$ с. Визначити значення кінцевої *кінетичної енергії* цього тіла E_k .

А) $E_k=7,5$ Дж. Б) $E_k=12,5$ Дж. В) $E_k=5$ Дж. Г) $E_k=2,5$ Дж. Д) $E_k=10$ Дж.

105. По тілу вагою $P=98$ Н, яке знаходиться на висоті $h=4,9$ м над горизонтом, завдають *горизонтальний* удару силою $F=980$ Н, яка діяла упродовж $\Delta t=0,01$ с. На якій відстані S тіло упаде на поверхню ? Силою опору повітря знехтувати.

А) $S=81$ см. Б) $S=112$ см. В) $S=72$ см. Г) $S=98$ см. Д) $S=64$ см.

106. Шнур витримує вантаж $P_1=900$ Н при його вертикальному *підйомі* із деяким прискоренням a , і вантаж $P_2=1100$ Н - при його *опусканні* з таким самим прискоренням. Який вантаж P_0 можна підняти за допомогою цього шнура *рівномірно* ?

А) $P_0=990$ Н. Б) $P_0=1060$ Н. В) $P_0=930$ Н. Г) $P_0=1030$ Н. Д) $P_0=960$ Н.

107. Хлопчик масою $m=50$ кг, спустившись на санчатах з гірки, проїхав *по горизонтальній дорозі* до зупинки шлях $S=20$ м за проміжок часу $t=10$ с. Визначити силу тертя $F_{тер}$, вважаючи її *постійною* за величиною.

А) $F_{тер}=30$ Н. Б) $F_{тер}=15$ Н. В) $F_{тер}=10$ Н. Г) $F_{тер}=25$ Н. Д) $F_{тер}=20$ Н.

108. Під дією сили $F=2,5$ кН швидкість автомобіля масою $m=5$ т збільшується від $V_1=54$ км/год до $V_2=72$ км/год. Визначте час t його розгону.

А) $t=5,0$ с. Б) $t=12,5$ с. В) $t=10$ с. Г) $t=15$ с. Д) $t=7,5$ с.

109. Під дією сили $F=2,5$ кН швидкість автомобіля масою $m=5$ т збільшується від $V_1=54$ км/год до $V_2=72$ км/год. Визначте шлях S його розгону.

А) $S=100$ м. Б) $S=175$ м. В) $S=150$ м. Г) $S=125$ м. Д) $S=200$ м.

102. A sleigh, which was *in the rest*, is going down a hill as long as $L=40$ m and of height $h=10$ m. How long t will it take the sleigh to go down if friction coefficient of its runners on snow is $\mu=0.05$?

- A) $t=7.2$ sec B) $t=5.6$ sec C) $t=6.4$ sec D) $t=8.1$ sec E) $t=9.6$ sec

103. A diesel locomotive of weight $P=500$ kN hauls a train of $N=20$ carriages, each weighing P . Find out the time t during which the train *from the rest* will get velocity $V=36$ km/h. The diesel locomotive drawing force is $F_{dr}=60$ kN and friction coefficient is $\mu=0.005$.

- A) $t=23$ min B) $t=17$ min C) $t=20$ min D) $t=14$ min E) $t=26$ min

104. A permanent force $F=5$ N accelerated a body of mass $m=10$ kg *from the rest* during the period of time $t=2$ sec. Calculate a value of the final *kinetic energy* of this body E_k .

- A) $E_k=7.5$ J B) $E_k=12.5$ J C) $E_k=5$ J D) $E_k=2.5$ J E) $E_k=10$ J

105. A body of weight $P=98$ N which is at the height $h=4.9$ m over horizon is *horizontally kicked* with force $F=980$ N for $\Delta t=0.01$ sec. How far S will the body fall on the surface? Air-resistance force can be neglected.

- A) $S=81$ cm B) $S=112$ cm C) $S=72$ cm D) $S=98$ cm E) $S=64$ cm

106. A cord holds a load of $P_1=900$ N at its vertical *lifting* with some acceleration a , and a load $P_2=1100$ N at its *lowering* with the same acceleration. What load P_0 can be *uniformly* lifted with the help of this cord ?

- A) $P_0=990$ N B) $P_0=1060$ N C) $P_0=930$ N D) $P_0=1030$ N E) $P_0=960$ N

107. Having slid downhill in a sleigh, a boy of mass $m=50$ kg covered a *horizontal path* $S=20$ m for time $t=10$ sec. Find out friction force F_{fr} considering it *to be constant* in value.

- A) $F_{fr}=30$ N B) $F_{fr}=15$ N C) $F_{fr}=10$ N D) $F_{fr}=25$ N E) $F_{fr}=20$ N

108. Under the force $F=2.5$ kN velocity of a car of mass $m=5$ t increases from $V_1=54$ km/h up to $V_2=72$ km/h. Find out the time t of its acceleration.

- A) $t=5.0$ sec B) $t=12.5$ sec C) $t=10$ sec D) $t=15$ sec E) $t=7.5$ sec

109. Under the force $F=2.5$ kN velocity of a car of mass $m=5$ t increases from $V_1=54$ km/h up to $V_2=72$ km/h. Find out the distance S of its acceleration.

- A) $S=100$ m B) $S=175$ m C) $S=150$ m D) $S=125$ m E) $S=200$ m

110. Міцність тросу на розрив становить $F_{\text{мах}}=15$ кН. При якому прискоренні a розірветься цей трос, якщо на ньому *піднімат* и вантаж масою $m=500$ кг ?

А) $a=8$ м/с². Б) $a=4$ м/с². В) $a=12$ м/с². Г) $a=10$ м/с². Д) $a=6$ м/с².

111. Яку силу F треба прикласти до візка масою $m=2$ кг, щоб *ут римат* и її на похилій площині ? Кут нахилу площини $\alpha=30^\circ$, а коефіцієнт тертя $\mu=0,2$.

А) $F=9,5$ Н. Б) $F=5,0$ Н. В) $F=11,5$ Н. Г) $F=8,0$ Н. Д) $F=6,5$ Н.

112. Із якою швидкістю V_0 рухався потяг масою $m=1500$ т, якщо під дією сили гальмування $F_{\text{тер}}=150$ кН він пройшов від моменту початку гальмування *до зупинки* шлях $S=500$ м ?

А) $V_0=10$ м/с. Б) $V_0=12,5$ м/с. В) $V_0=20$ м/с. Г) $V_0=7,5$ м/с. Д) $V_0=15$ м/с.

113. Якого прискорення a мусять надати космічному кораблю у міжпланетному просторі реактивні двигуни, щоб космонавт мав вагу $P=700$ Н, якщо маса космонавта $m=75$ кг ?

А) $a=-0,86$ м/с². Б) $a=-0,67$ м/с². В) $a=0,45$ м/с². Г) $a=-0,92$ м/с². Д) $a=0,78$ м/с².

114. Тіло масою $m=2$ кг *вільно падає* вертикально вниз із прискоренням $a=9,2$ м/с². Визначте силу опору повітря F_0 рухові цього тіла.

А) $F_0=1,2$ Н. Б) $F_0=2,4$ Н. В) $F_0=1,6$ Н. Г) $F_0=2,8$ Н. Д) $F_0=2,8$ Н.

115. Сила $F_1=60$ Н надає тілу прискорення $a_1=0,8$ м/с². Визначити силу F_2 , яка надасть цьому тілу прискорення $a_2=2$ м/с².

А) $F_2=150$ Н. Б) $F_2=210$ Н. В) $F_2=180$ Н. Г) $F_2=90$ Н. Д) $F_2=120$ Н.

116. Тіло масою $m_1=4$ кг під дією деякої сили F набуло прискорення $a_1=2$ м/с². Якого прискорення a_2 набуде тіло масою $m_2=10$ кг під дією цієї ж сили F ?

А) $a_2=1,2$ м/с². Б) $a_2=1,8$ м/с². В) $a_2=1,4$ м/с². Г) $a_2=0,8$ м/с². Д) $a_2=1,6$ м/с².

117. Порожній вантажний автомобіль масою $M=3$ т рухається із прискоренням $a_1=0,3$ м/с². Яка маса вантажу у його кузові m , якщо при *тій самій* силі тяги F_t він рухається із прискоренням $a_2=0,2$ м/с² ?

А) $m=3,0$ т. Б) $m=2,0$ т. В) $m=1,5$ т. Г) $m=3,5$ т. Д) $m=2,5$ т.

118. Визначити жорсткість пружини k , яка під дією сили $F=2$ Н видовжилась на $\Delta x=4$ см.

А) $k=1,0$ кН. Б) $k=2,5$ кН. В) $k=3,0$ кН. Г) $k=1,5$ кН. Д) $k=2,0$ кН.

110. Rupture strength of a cable is $F_{max}=15$ kN. At what acceleration a will this cable break if *to lift* a load of mass $m=500$ kg ?

- A) $a=8$ m/sec² B) $a=4$ m/sec² C) $a=12$ m/sec² D) $a=10$ m/sec² E) $a=6$ m/sec²

111. What force F is to be applied to a small cart of mass $m=2$ kg *to keep* it on an inclined plane ? The plane inclination angle is $\alpha=30^\circ$ and friction coefficient is $\mu=0.2$.

- A) $F=9.5$ N B) $F=5.0$ N C) $F=11.5$ N D) $F=8.0$ N E) $F=6.5$ N

112. With what velocity V_0 did a train of mass $m=1500$ t move if under braking force $F_{br}=150$ kN it traveled $S=500$ m from the start of braking *to a full stop* ?

- A) $V_0=10$ m/sec B) $V_0=12.5$ m/sec C) $V_0=20$ m/sec
D) $V_0=7.5$ m/sec E) $V_0=15$ m/sec

113. What acceleration a should jet engines bring to a spaceship in the outer space for an astronaut to have weight $P=700$ N if an astronaut's mass is $m=75$ kg ?

- A) $a=-0.86$ m/sec² B) $a=-0.67$ m/sec² C) $a=0.45$ m/sec²
D) $a=-0.92$ m/sec² E) $a=0.78$ m/sec²

114. A body of mass $m=2$ kg is *freely falling* straight down with acceleration $a=9.2$ m/sec². Find out air resistance F_r to the body motion.

- A) $F_r=1.2$ N B) $F_r=2.4$ N C) $F_r=1.6$ N D) $F_r=2.8$ N E) $F_r=2.8$ N

115. Force $F_1=60$ N brings acceleration $a_1=0.8$ m/sec² to a body. Find out force F_2 which will bring acceleration $a_2=2$ m/sec² to this body.

- A) $F_2=150$ N B) $F_2=210$ N C) $F_2=180$ N D) $F_2=90$ N E) $F_2=120$ N

116. A body of mass $m=4$ kg under some force F got acceleration $a_1=2$ m/sec². What acceleration a_2 will a body of mass $m_2=10$ kg under this very force F ?

- A) $a_2=1.2$ m/sec² B) $a_2=1.8$ m/sec² C) $a_2=1.4$ m/sec² D) $a_2=0.8$ m/sec² E) $a_2=1.6$ m/sec²

117. An empty truck of mass $M=3$ t moves with acceleration $a_1=0.3$ m/sec². What is a load mass m in its body if *at the same* tractive force F_{tr} it moves with acceleration $a_2=0.2$ m/sec² ?

- A) $m=3.0$ t B) $m=2.0$ t C) $m=1.5$ t D) $m=3.5$ t E) $m=2.5$ t

118. Find out a spring rate k , which under the force $F=2$ N became $\Delta x=4$ cm longer.

- A) $k=1.0$ kN B) $k=2.5$ kN C) $k=3.0$ kN D) $k=1.5$ kN E) $k=2.0$ kN

119. Через скільки часу t після початку гальмування зупиниться автобус, якщо його *початкова* швидкість V_0 дорівнювала 12 м/с , а коефіцієнт тертя між шинами і дорогою $\mu=0,4$? (Вважати $g=10 \text{ м/с}^2$).

А) $t=4,0 \text{ с}$. Б) $t=3,5 \text{ с}$. В) $t=5,0 \text{ с}$. Г) $t=4,5 \text{ с}$. Д) $t=3,0 \text{ с}$.

120. Автобус масою $m=15 \text{ т}$ рушає *зі стану спокою* із прискоренням $a=0,7 \text{ м/с}^2$. Визначити силу тяги його двигуна F_T , якщо коефіцієнт опору його руху $\mu=0,03$.

А) $F_T=18 \text{ кН}$. Б) $F_T=24 \text{ кН}$. В) $F_T=15 \text{ кН}$. Г) $F_T=21 \text{ кН}$. Д) $F_T=12 \text{ кН}$.

121. Парашутист масою $m=85 \text{ кг}$ при розкритому парашуті рухається вниз *зі швидкістю* V . Визначити силу опору повітря F_0 його руху. (Вважати $g=9,8 \text{ м/с}^2$).

А) $F_0=896 \text{ Н}$. Б) $F_0=804 \text{ Н}$. В) $F_0=867 \text{ Н}$. Г) $F_0=782 \text{ Н}$. Д) $F_0=833 \text{ Н}$.

754. Потяг якої маси m може вести тепловоз із прискоренням $a=0,1 \text{ м/с}^2$, якщо сила тяги його двигуна F_T дорівнює 300 кН , а коефіцієнт опору його руху становить $\mu=0,005$?

А) $m=2000 \text{ т}$. Б) $m=2500 \text{ т}$. В) $m=3000 \text{ т}$. Г) $m=1750 \text{ т}$. Д) $m=2250 \text{ т}$.

123. Автомобіль масою $m=14 \text{ т}$, рушаючи *зі стану спокою*, проходить шлях $S=50 \text{ м}$ за проміжок часу $t=10 \text{ с}$. Визначити силу тяги його двигуна F_T , якщо коефіцієнт опору його руху $\mu=0,05$.

А) $F_T=15 \text{ кН}$. Б) $F_T=21 \text{ кН}$. В) $F_T=27 \text{ кН}$. Г) $F_T=18 \text{ кН}$. Д) $F_T=24 \text{ кН}$.

124. Визначте силу натягу канату F_H при русі *вверх* ліфту масою $m=600 \text{ кг}$ із прискоренням $a=1 \text{ м/с}^2$.

А) $F_H=7,2 \text{ кН}$. Б) $F_H=6,0 \text{ кН}$. В) $F_H=4,8 \text{ кН}$. Г) $F_H=6,6 \text{ кН}$. Д) $F_H=5,4 \text{ кН}$.

125. Тролейбус масою $m=10 \text{ т}$, рушивши *зі стану спокою*, набув швидкості $V=10 \text{ м/с}$ на шляху $S=50 \text{ м}$. Визначити коефіцієнт опору його руху μ , якщо сила тяги двигуна $F_T=14 \text{ кН}$.

А) $\mu=0,08$. Б) $\mu=0,21$. В) $\mu=0,04$. Г) $\mu=0,16$. Д) $\mu=0,12$.

126. На яку висоту H над поверхнею рідини підстрибне кулька, якщо її випустили із глибини h , а густина матеріалу кульки ρ у два рази менша за густину рідини ρ_0 ?

А) $H=1,25h$. Б) $H=0,75h$. В) $H=1,5h$. Г) $H=0,5h$. Д) $H=h$.

119. In what time t after the start of braking will a bus come to a stop if its *initial* velocity V_0 was 12 m/sec, and friction coefficient between its tires and a road was $\mu=0.4$? (Consider $g=10 \text{ m/sec}^2$).

A) $t=4.0 \text{ sec}$ B) $t=3.5 \text{ sec}$ C) $t=5.0 \text{ sec}$ D) $t=4.5 \text{ sec}$ E) $t=3.0 \text{ sec}$

120. A bus of mass $m=15 \text{ t}$ starts *from the rest* with acceleration $a=0.7 \text{ m/sec}^2$. Find out tractive force of its engine F_{tr} if coefficient of resistance to its motion is $\mu=0.03$.

A) $F_{tr}=18 \text{ kN}$ B) $F_{tr}=24 \text{ kN}$ C) $F_{tr}=15 \text{ kN}$ D) $F_{tr}=21 \text{ kN}$ E) $F_{tr}=12 \text{ kN}$

121. A parachute jumper of $m=85 \text{ kg}$ in mass moves down at a *constant* speed V with his parachute open. Evaluate an air resistance force F_r to his motion. (Consider $g=10 \text{ m/sec}^2$).

A) $F_r=896 \text{ N}$ B) $F_r=804 \text{ N}$ C) $F_r=867 \text{ N}$ D) $F_r=782 \text{ N}$ E) $F_r=833 \text{ N}$

122. A train of what mass m can a diesel locomotive haul with acceleration $a=0.1 \text{ m/sec}^2$, if tractive force of its engine is $F_{tr}=300 \text{ kN}$ and coefficient of resistance to its motion is $\mu=0.005$?

A) $m=2000 \text{ t}$ B) $m=2500 \text{ t}$ C) $m=3000 \text{ t}$ D) $m=1750 \text{ t}$ E) $m=2250 \text{ t}$

123. A car of mass $m=14 \text{ t}$ starting *from the rest* travels a path $S=50 \text{ m}$ for $t=10 \text{ sec}$. Find out tractive force of its engine F_{tr} if coefficient of resistance to its motion is $\mu=0.005$.

A) $F_{tr}=15 \text{ kN}$ B) $F_{tr}=21 \text{ kN}$ C) $F_{tr}=27 \text{ kN}$ D) $F_{tr}=18 \text{ kN}$ E) $F_{tr}=24 \text{ kN}$

124. Find out a rope tension force F_t when a lift of mass $m=600 \text{ kg}$ goes *up* with acceleration $a=1 \text{ m/sec}^2$.

A) $F_t=7.2 \text{ kN}$ B) $F_t=6.0 \text{ kN}$ C) $F_t=4.8 \text{ kN}$ D) $F_t=6.6 \text{ kN}$ E) $F_t=5.4 \text{ kN}$

125. Starting *from the rest* a trolleybus of mass $m=10 \text{ t}$ gains velocity $V=10 \text{ m/sec}$ on the distance $S=50 \text{ m}$. Find out coefficient of resistance of its motion μ if tractive force of its engine is $F_{tr}=14 \text{ kN}$.

A) $\mu=0.08$ B) $\mu=0.21$ C) $\mu=0.04$ D) $\mu=0.16$ E) $\mu=0.12$

126. How high H over a liquid surface will a ball jump up if it was let out from the depth h and the ball material density ρ is *two times* less than the liquid density ρ_0 ?

A) $H=1.25h$ B) $H=0.75h$ C) $H=1.5h$ D) $H=0.5h$ E) $H=h$.

127. На нитці, яка витримує натяг $F_n=10$ Н, піднімають вантаж вагою $P=5$ Н зі стану спокою рівноприскорено вертикально вгору. Вважаючи силу опору $F_o=1$ Н, знайти максимальну висоту h_{max} , на яку можна підняти цей вантаж за проміжок часу $t=1$ с так, щоб нитка не розірвалась.

А) $h_{max}=2,3$ м. Б) $h_{max}=3,9$ м. В) $h_{max}=4,6$ м. Г) $h_{max}=4,7$ м. Д) $h_{max}=5,4$ м.

128. Тіло масою $m=100$ кг упало з висоти $h=75$ м через проміжок часу $t=5$ с після початку вільного падіння. Визначте величину сили опору повітря F_o , вважаючи її постійною.

А) $F_o=150$ Н. Б) $F_o=300$ Н. В) $F_o=250$ Н. Г) $F_o=400$ Н. Д) $F_o=350$ Н.

Динаміка криволінійного руху

129. Визначити першу космічну швидкість V_1 для Венери, якщо маса Венери $M_B=4,9 \cdot 10^{24}$ кг, а її радіус $R_B=6200$ км.

А) $V_1=6,8$ км/с. Б) $V_1=4,9$ км/с. В) $V_1=7,3$ км/с. Г) $V_1=8,1$ км/с. Д) $V_1=7,8$ км/с.

130. Яку швидкість V мусить мати супутник, щоб обертатись навколо Землі на висоті $h=600$ км над її поверхнею? Радіус Землі $R_3=6400$ км, а маса $M_3=6 \cdot 10^{24}$ кг.

А) $V=6,8$ км/с. Б) $V=8,0$ км/с. В) $V=7,2$ км/с. Г) $V=7,6$ км/с. Д) $V=6,4$ км/с.

131. Визначте період T обертання супутника навколо Землі, якщо він обертається на висоті $h=1700$ км над її поверхнею? Радіус Землі R_3 вважати рівним 6400 км.

А) $T=100$ хвил. Б) $T=60$ хвил. В) $T=120$ хвил. Г) $T=40$ хвил. Д) $T=80$ хвил.

132. Місяць рухається навколо Землі зі швидкістю $V=1$ км/с. Відстань R від Землі до Місяця дорівнює $3,8 \cdot 10^5$ км. Визначте за цих умов масу Землі M_3 .

А) $M_3=5,7 \cdot 10^{24}$ кг. Б) $M_3=6,1 \cdot 10^{24}$ кг. В) $M_3=5,5 \cdot 10^{24}$ кг.
Г) $M_3=5,9 \cdot 10^{24}$ кг. Д) $M_3=6,3 \cdot 10^{24}$ кг.

133. Автомобіль масою $m=2$ т проходить по опуклому мосту, радіусом $R=40$ м, зі швидкістю $V=36$ км/год. Із якою силою N автомобіль тисне на міст у його середині? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $N=25$ кН. Б) $N=20$ кН. В) $N=10$ кН. Г) $N=30$ кН. Д) $N=15$ кН.

134. Із якою швидкістю V може їхати велосипедист в середній частині опуклого мосту із радіусом кривизни $R=10$ м, щоб не чинити тиску на міст? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $V=15$ м/с. Б) $V=10$ м/с. В) $V=25$ м/с. Г) $V=20$ м/с. Д) $V=30$ м/с.

127. With a thread which stands tension $F_t=10$ N a load of weight $P=5$ N is *uniformly accelerated* lifted *from the rest* straight up. Consider resistance force $F_r=1$ N, find out the maximum height h_{max} this load can be lifted for the time $t=1$ sec without breaking the tread.

- A) $h_{max}=2.3$ m B) $h_{max}=3.9$ m C) $h_{max}=4.6$ m D) $h_{max}=4.7$ m E) $h_{max}=5.4$ m

128. A body of mass $m=100$ kg fell down from the height $h=75$ m in time $t=5$ sec after the start of *free fall*. Find out air-resistance force F_r considering it as *permanent*.

- A) $F_r=150$ N B) $F_r=300$ N C) $F_r=250$ N D) $F_r=400$ N E) $F_r=350$ N

Dynamics of curvilinear motion

129. Find out *the first orbital* velocity V_1 for the Venus if its mass is $M_V=4.9 \cdot 10^{24}$ kg and its radius is $R_V=6200$ km.

- A) $V_1=6.8$ km/sec B) $V_1=4.9$ km/sec C) $V_1=7.3$ km/sec
D) $V_1=8.1$ km/sec E) $V_1=7.8$ km/sec

130. What velocity V must a satellite have to turn round the Earth at the height $h=1700$ km over its surface? The Earth radius is $R_E=6400$ km and its mass is $M_E=6 \cdot 10^{24}$ kg.

- A) $V=6.8$ km/sec B) $V=8.0$ km/sec C) $V=7.2$ km/sec D) $V=7.6$ km/sec E) $V=6.4$ km/sec

131. Find out the orbital period T of a satellite round the Earth if it turns at the height $h=1700$ km over its surface? The Earth radius is $R_E=6400$ km.

- A) $T=100$ min B) $T=60$ min C) $T=120$ min D) $T=40$ min E) $T=80$ min

132. The Moon moves round the Earth at a velocity $V=1$ km/sec. The distance R between the Earth and the Moon is $3.8 \cdot 10^5$ km. Find out the Earth mass M_E under these conditions.

- A) $M_E=5.7 \cdot 10^{24}$ kg B) $M_E=6.1 \cdot 10^{24}$ kg C) $M_E=5.5 \cdot 10^{24}$ kg
D) $M_E=5.9 \cdot 10^{24}$ kg E) $M_E=6.3 \cdot 10^{24}$ kg

133. A car of mass $m=2$ t goes over a *convex* bridge of radius $R=40$ m at a velocity $V=36$ km/h. With what force N does the car press the bridge in its middle? (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $N=25$ kN B) $N=20$ kN C) $N=10$ kN D) $N=30$ kN E) $N=15$ kN

134. With what velocity can a bicyclist go in the middle of a *convex* bridge with a curvature radius $R=10$ m *not to press* the bridge? (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $V=15$ m/sec B) $V=10$ m/sec C) $V=25$ m/sec D) $V=20$ m/sec E) $V=30$ m/sec

135. Тіло масою $m=1$ кг рухається по колу радіусом $R=2$ м у *вертикальній площині*. Чому дорівнює сила натягу нитки F_n у *нижній точці* кола, якщо швидкість його в цій точці $V=4$ м/с ? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $F_n=24$ Н. Б) $F_n=12$ Н. В) $F_n=32$ Н. Г) $F_n=18$ Н. Д) $F_n=36$ Н.

136. Із якою найбільшою швидкістю V_{max} можна вести автомобіль на повороті дороги із радіусом кривини $R=150$ м, щоб його "не занесло", якщо коефіцієнт тертя коліс об дорогу $\mu=0,42$?

А) $V_{max}=25$ м/с. Б) $V_{max}=30$ м/с. В) $V_{max}=35$ м/с.
Г) $V_{max}=15$ м/с. Д) $V_{max}=20$ м/с.

137. Льотчик тисне на сидіння крісла літака у *верхній точці* петлі Нестерова із силою $N=6300$ Н. Маса льотчика $m=70$ кг, а радіус петлі $R=400$ м. Визначити швидкість літака V . (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $V=150$ м/с. Б) $V=200$ м/с. В) $V=300$ м/с. Г) $V=250$ м/с. Д) $V=100$ м/с.

138. Літак здійснює "мертву петлю" радіусом $R=800$ м, рухаючись зі сталою швидкістю $V=720$ км/год. Із якою силою N пілот масою $m=70$ кг тиснутиме на сидіння літака у *верхній точці* петлі ?

А) $N=6300$ Н. Б) $N=3700$ Н. В) $N=2800$ Н. Г) $N=5400$ Н. Д) $N=4200$ Н.

139. Рухаючись зі швидкістю $V=720$ км/год, літак здійснює "мертву петлю" радіусом $R=800$ м. Із якою силою N пілот масою $m=70$ кг тисне на сидіння літака у *нижній точці* траєкторії руху ?

А) $N=6400$ Н. Б) $N=2700$ Н. В) $N=3800$ Н. Г) $N=4200$ Н. Д) $N=5400$ Н.

140. Відро, до половини наповнене водою, обертають у *вертикальній площині*. Відстань від осі обертання до центру його тяжіння $R=1$ м. Із якою *найменшою* частотою ν_{min} треба обертати відро, щоб вода у *верхній точці* не виливалась із нього ?

А) $\nu_{min}=0,25$ Гц. Б) $\nu_{min}=1$ Гц. В) $\nu_{min}=0,75$ Гц. Г) $\nu_{min}=1,25$ Гц. Д) $\nu_{min}=0,5$ Гц.

141. Із якою *максимальною* швидкістю V_{max} може їхати мотоцикліст по *горизонтальній площині*, описуючи дугу радіусом $R=90$ м, якщо коефіцієнт тертя коліс об дорогу $\mu=0,4$?

А) $V_{max}=14,5$ м/с. Б) $V_{max}=18,8$ м/с. В) $V_{max}=22,4$ м/с.
Г) $V_{max}=27,6$ м/с. Д) $V_{max}=16,3$ м/с.

142. На який кут α від *вертикалі* повинен відхилитись мотоцикліст, описуючи дугу радіусом $R=90$ м, при швидкості руху $V=15$ м/с ? (Вважати $g=10$ м/с²).

135. A body of mass $m=1$ kg moves in a circle with radius $R=2$ m within a *vertical* plane. What is a thread tension force F_t equal to *in the lower* point of the circle, if its velocity in this point is $V=4$ m/sec. (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $F_t=24$ N B) $F_t=12$ N C) $F_t=32$ N D) $F_t=18$ N E) $F_t=36$ N

136. With what *largest* velocity V_{max} can a car be driven on a road turn with a curvature radius $R=150$ m for it *not to be swerved* if friction coefficient of its wheels on road is $\mu=0.42$?

- A) $V_{max}=25$ m/sec B) $V_{max}=30$ m/sec C) $V_{max}=35$ m/sec
D) $V_{max}=15$ m/sec E) $V_{max}=20$ m/sec

137. A pilot presses a plane chair *in the upper point* of the Nesterov loop with force $N=6300$ N. The pilot's mass is $m=70$ kg and the loop radius is $R=400$ m. Find out the plane velocity V . (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $V=150$ m/sec B) $V=200$ m/sec C) $V=300$ m/sec D) $V=250$ m/sec E) $V=100$ m/sec

138. A plane is making “a dead loop” of radius $R=800$ m moving at a permanent velocity $V=720$ km/h. With what force N will a pilot of mass $m=70$ kg press a plane chair *in the upper point* of the loop ?

- A) $N=6300$ N B) $N=3700$ N C) $N=2800$ N D) $N=5400$ N E) $N=4200$ N

139. Moving at a velocity $V=720$ km/h, a plane is making “a dead loop” of radius $R=800$ m. With what force N will a pilot of mass $m=70$ kg press a plane chair *in the lower point* of the loop ?

- A) $N=6400$ N B) $N=2700$ N C) $N=3800$ N D) $N=4200$ N E) $N=5400$ N

140. A bucket half with water bucket is being rotated within a *vertical plane*. The distance between the rotation axis and the center of its gravity is $R=1$ m. With what minimum frequency ν_{min} must the bucket be rotated for water *not to pour out* in the upper point ?

- A) $\nu_{min}=0.25$ Hz B) $\nu_{min}=1$ Hz C) $\nu_{min}=0.75$ Hz D) $\nu_{min}=1.25$ Hz E) $\nu_{min}=0.5$ Hz

141. With what *maximum* velocity V_{max} can a bicyclist go on a *horizontal plane* making an arc of radius $R=90$ m if friction coefficient of wheels on a road is $\mu=0.4$?

- A) $V_{max}=14.5$ m/sec B) $V_{max}=18.8$ m/sec C) $V_{max}=22.4$ m/sec
D) $V_{max}=27.6$ m/sec E) $V_{max}=16.3$ m/sec

142. At what angle α *from the vertical* must a motorcyclist deviate making an arc of radius $R=90$ m at a velocity $V=15$ m/sec ? (Consider $g=10$ m/sec²).

А) $\alpha=14^0$. Б) $\alpha=22^0$. В) $\alpha=30^0$. Г) $\alpha=18^0$. Д) $\alpha=26^0$.

143. Визначити *доцентрове* прискорення тіла на екваторі a_{∂} , пов'язане із *добовим* *обертанням* Землі. Радіус Землі R_3 вважати рівним 6400 км.

А) $a_{\partial}=5,1 \text{ мм/с}^2$. Б) $a_{\partial}=6,8 \text{ см/с}^2$. В) $a_{\partial}=9,6 \text{ мм/с}^2$. Г) $a_{\partial}=3,4 \text{ см/с}^2$. Д) $a_{\partial}=1,7 \text{ см/с}^2$.

144. Мотоцикліст рухається зі швидкістю $V=80 \text{ км/год}$ по *горизонт альному* кільцю *верт икального* циліндру радіусом $R=10 \text{ м}$ Яким має бути *мінімальний* коефіцієнт тертя шин мотоцикла об поверхню циліндру μ , щоб таке було можливим ?

А) $\mu=0,05$. Б) $\mu=0,10$. В) $\mu=0,25$. Г) $\mu=0,15$. Д) $\mu=0,20$.

145. Який *мінімальний* радіус кола R , по якому може проїхати ковзаняр, *рухомий* зі швидкістю $V=20 \text{ км/ч}$, якщо коефіцієнт тертя ковзанів об лід $\mu=0,2$?

А) $R=12,8 \text{ м}$. Б) $R=21,6 \text{ м}$. В) $R=15,7 \text{ м}$. Г) $R=18,2 \text{ м}$. Д) $R=24,4 \text{ м}$.

146. Хлопчик масою $m=50 \text{ кг}$ гойдається на гойдалці із довжиною підвісу $l=4 \text{ м}$. Із якою силою N він тисне на сидіння при проходженні *положення рівноваги* зі швидкістю $V=6 \text{ м/с}$?

А) $N=500 \text{ Н}$. Б) $N=950 \text{ Н}$. В) $N=800 \text{ Н}$. Г) $N=650 \text{ Н}$. Д) $N=900 \text{ Н}$.

147. Знайти силу тиску N Автомобіля на середину *опуклого* мосту радіусом $R=50 \text{ м}$, якщо його маса $m=5 \text{ т}$, а швидкість його руху $V=21,6 \text{ м/с}$.

А) $N=3,0 \text{ кН}$. Б) $N=1,8 \text{ кН}$. В) $N=4,2 \text{ кН}$. Г) $N=2,4 \text{ кН}$. Д) $N=3,6 \text{ кН}$.

Механічна робота сили

148. На тіло масою $m=1 \text{ кг}$, рухоме *по колу* радіусом $R=1 \text{ м}$, діє постійна за величиною сила $F=10 \text{ Н}$, спрямована *до центру* кола. Визначити роботу A цієї сили *за один період*.

А) $A=62,8 \text{ Дж}$. Б) $A=15,7 \text{ Дж}$. В) $A=0 \text{ Дж}$. Г) $A=31,4 \text{ Дж}$. Д) $A=7,8 \text{ Дж}$.

149. На шнурі завдовжки $l=1 \text{ м}$ *рівномірно* обертається у горизонтальній площині тіло масою $m=2 \text{ кг}$. Сила натягу шнура $F_n=10 \text{ Н}$. Визначте роботу A цієї сили, здійснювану *за один повний оберт* тіла.

А) $A=15,7 \text{ Дж}$. Б) $A=3,14 \text{ Дж}$. В) $A=62,8 \text{ Дж}$. Г) $A=31,4 \text{ Дж}$. Д) $A=0 \text{ Дж}$.

150. Ящик масою $m=10 \text{ кг}$ рухається по горизонтальній поверхні зі швидкістю $V=2 \text{ м/с}$ під дією горизонтальної сили $F=5 \text{ Н}$. Яку роботу A виконує ця сила за проміжок часу $t=1 \text{ хвилина}$?

- A) $\alpha=14^0$ B) $\alpha=22^0$ C) $\alpha=30^0$ D) $\alpha=18^0$ E) $\alpha=26^0$

143. Find out *centripetal* acceleration of a body on the equator a_c connected with *the diurnal rotation* of the Earth. Radius of the Earth R_E is considered to be 6400 km.

- A) $a_c=5.1 \text{ mm/sec}^2$ B) $a_c=6.8 \text{ cm/sec}^2$ C) $a_c=9.6 \text{ mm/sec}^2$
D) $a_c=3.4 \text{ cm/sec}^2$ E) $a_c=1.7 \text{ cm/sec}^2$

144. A motorcyclist moves at a velocity $V=80 \text{ km/h}$ in a *horizontal* ring of *the vertical* cylinder of radius $R=10 \text{ m}$. What must *the minimum* friction coefficient of motorcycle tires on the cylinder surface μ for a motorcyclist to do this ?

- A) $\mu=0.05$ B) $\mu=0.10$ C) $\mu=0.25$ D) $\mu=0.15$ E) $\mu=0.20$

145. What is *the minimum* radius of a circle R by which a skater can run moving at a velocity $V=20 \text{ km/h}$ if friction coefficient of skates on ice is $\mu=0.2$?

- A) $R=12.8 \text{ m}$ B) $R=21.6 \text{ m}$ C) $R=15.7 \text{ m}$ D) $R=18.2 \text{ m}$ E) $R=24.4 \text{ m}$

146. A boy of mass $m=50 \text{ kg}$ is swinging on a swing with a weighing height $h=4 \text{ m}$. With what force N does he press a seat when passing the equilibrium position at a velocity $V=6 \text{ m/sec}$?

- A) $N=500 \text{ N}$ B) $N=950 \text{ N}$ C) $N=800 \text{ N}$ D) $N=650 \text{ N}$ E) $N=900 \text{ N}$

147. Find out pressure force N of a car on the middle of a convex bridge of radius $R=50 \text{ m}$ if its mass is $m=5 \text{ t}$ and velocity of its motion is $V=21.6 \text{ m/sec}$.

- A) $N=3.0 \text{ kN}$ B) $N=1.8 \text{ kN}$ C) $N=4.2 \text{ kN}$ D) $N=2.4 \text{ kN}$ E) $N=3.6 \text{ kN}$

Mechanical work of force

148. A body of mass $m=1 \text{ kg}$ moving in a circle of radius $R=1 \text{ m}$ is influenced by force $F=10 \text{ N}$ permanent in value and directed to *the center* of the circle. Find out the work of this force A for one period.

- A) $A=62.8 \text{ J}$ B) $A=15.7 \text{ J}$ C) $A=0 \text{ J}$ D) $A=31.4 \text{ J}$ E) $A=7.8 \text{ J}$

149. A body of mass $m=2 \text{ kg}$ is *uniformly* rotating within a horizontal plane on a cord as long as $l=1 \text{ m}$. Tension force of the cord is $F_r=10 \text{ N}$. Find out work A of this force performed for *one complete turn* of the body ?

- A) $A=15.7 \text{ J}$ B) $A=3.14 \text{ J}$ C) $A=62.8 \text{ J}$ D) $A=31.4 \text{ J}$ E) $A=0 \text{ J}$

150. A box of mass $m=10 \text{ kg}$ moves in a horizontal plane at a velocity $V=2 \text{ m/sec}$ under a horizontal force $F=5 \text{ N}$. What work A does this force perform for time $t=1 \text{ minute}$?

А) $A=450$ Дж. Б) $A=0$ Дж. В) $A=300$ Дж. Г) $A=150$ Дж. Д) $A=600$ Дж.

151. На тіло масою $m=1$ кг діє сила $F=10$ Н, спрямована під кутом $\alpha=60^\circ$ до напрямку його руху. Яку роботу A вона здійснює на шляху $S=2$ м?

А) $A=30$ Дж. Б) $A=50$ Дж. В) $A=20$ Дж. Г) $A=10$ Дж. Д) $A=40$ Дж.

152. Тіло масою $m=1$ кг, рухаючись із прискоренням $a=2$ м/с², піднялось на висоту $h=2$ м. Визначте роботу A , здійснену при цьому підйомі. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $A=32$ Дж. Б) $A=20$ Дж. В) $A=40$ Дж. Г) $A=16$ Дж. Д) $A=24$ Дж.

153. Тіло, маса якого $m=20$ кг, вільно падає упродовж проміжка часу $t=6$ с. Визначити роботу A сили тяжіння.

А) $A=36$ кДж. Б) $A=2,4$ кДж. В) $A=720$ кДж. Г) $A=18$ кДж. Д) $A=6,4$ кДж.

154. Ліфт вагою $P=6000$ Н піднімають вгору із прискоренням $a=1,4$ м/с². Яка робота A здійснюється при цьому, якщо ліфт піднімається на висоту $h=10$ м?

А) $A=1,7$ кДж. Б) $A=34$ кДж. В) $A=69$ кДж. Г) $A=5,5$ кДж. Д) $A=810$ кДж.

155. Визначити роботу A сили натягу тросу F_n , якщо підвішений на ньому вантаж масою $m=20$ кг опускається із прискоренням $a=3$ м/с² на відстань $S=2$ м. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $A=450$ Дж. Б) $A=280$ Дж. В) $A=120$ Дж. Г) $A=540$ Дж. Д) $A=360$ Дж.

Енергія. Робота, як зміна енергії

156. Під дією сили F , швидкість руху тіла V збільшилась у 2 рази. У скільки разів змінилась при цьому його кінетична енергія E_k ?

А) Збільшилась у 2 рази. Б) Зменшилась у 2 рази. В) Збільшилась у $\sqrt{2}$ разів.
Г) Збільшилась у 4 рази. Д) Зменшилась у 4 рази.

157. Як зміниться потенціальна енергія пружно деформованого тіла E_n , якщо величина абсолютної деформації тіла Δx збільшиться у 2 рази?

А) Зменшиться у 2 рази. Б) Збільшиться у 2 рази. В) Збільшиться у 4 рази.
Г) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. Д) Зменшиться у 4 рази.

158. На скільки збільшиться потенціальна енергія ресорної пружини вагону ΔE_n , якщо її стиснути на $\Delta x_2=0,2$ м? Відомо, що для її стиснення на $\Delta x_1=3$ см потрібно прикласти силу $F_1=90$ кН.

А) $\Delta E_n=60$ кДж. Б) $\Delta E_n=15$ кДж. В) $\Delta E_n=75$ кДж. Г) $\Delta E_n=30$ кДж. Д) $\Delta E_n=45$ кДж.

A) $A=450\text{ J}$ B) $A=0\text{ J}$ C) $A=300\text{ J}$ D) $A=150\text{ J}$ E) $A=600\text{ J}$

151. A body of mass $m=1\text{ kg}$ is influenced by force $F=10\text{ N}$ directed at an angle $\alpha=60^\circ$ to the direction of its motion. What work A does it perform on a path $S=2\text{ m}$?

A) $A=30\text{ J}$ B) $A=50\text{ J}$ C) $A=20\text{ J}$ D) $A=10\text{ J}$ E) $A=40\text{ J}$

152. A body of mass $m=1\text{ kg}$ moving with acceleration $a=2\text{ m/sec}^2$ rose as high as $h=2\text{ m}$. Calculate work A , performed at this body rise. (Consider $g=10\text{ m/sec}^2$).

A) $A=32\text{ J}$ B) $A=20\text{ J}$ C) $A=40\text{ J}$ D) $A=16\text{ J}$ E) $A=24\text{ J}$

153. A body of mass $m=20\text{ kg}$ is *freely falling* for time $t=6\text{ sec}$. Find out work A of *force of gravity*.

A) $A=36\text{ kJ}$ B) $A=2.4\text{ kJ}$ C) $A=720\text{ kJ}$ D) $A=18\text{ kJ}$ E) 6.4 kJ

154. A lift of weight $P=6000\text{ H}$ goes up with acceleration $a=1.4\text{ m/sec}^2$. What work A is being performed thereat if the lift goes up as high as $h=10\text{ m}$?

A) $A=1.7\text{ kJ}$ B) $A=34\text{ kJ}$ C) $A=69\text{ kJ}$ D) $A=5.5\text{ kJ}$ E) $A=810\text{ kJ}$

155. Find out work A of a cable *tension force* F_t if a load of mass $m=20\text{ kg}$ hung up on it is *sinking with acceleration* $a=3\text{ m/sec}^2$ on a distance $S=2\text{ m}$. (Consider $g=10\text{ m/sec}^2$).

A) $A=450\text{ J}$ B) $A=280\text{ J}$ C) $A=120\text{ J}$ D) $A=540\text{ J}$ E) $A=360\text{ J}$

Energy. Work as energy variation

156. Under a force F , a body velocity V *increased* 2 times. How many times did its *kinetic energy* E_k change thereat?

A) It increased 2 times. B) It decreased 2 times. C) It increased $\sqrt{2}$ times.
D) It increased 4 times. E) It decreased 4 times.

157. How will *potential energy* E_p of an elastically deformed body change if value of absolute deformation of the body Δx *increases* twice?

A) It decreased 2 times. B) It increased 2 times. C) It increased 4 times.
D) It increased $\sqrt{2}$ times. E) It decreased 4 times.

158. How much will potential energy ΔE_p of a carriage spring change if it is pressed by $\Delta x_2=0.2\text{ m}$? It is known that to press it by $\Delta x_1=3\text{ cm}$ it is necessary to apply force $F_1=90\text{ kN}$.

A) $\Delta E_p=60\text{ kJ}$ B) $\Delta E_p=15\text{ kJ}$ C) $\Delta E_p=75\text{ kJ}$ D) $\Delta E_p=30\text{ kJ}$ E) $\Delta E_p=45\text{ kJ}$

159. Круглий стовп діаметром $d=0,4$ м і заввишки $h=4$ м впав на землю із вертикального положення. На скільки змінилась при цьому його потенціальна енергія ΔE_n ? Маса стовпа $m=300$ кг. (Вважати $g=10$ м/с²).

- А) $\Delta E_n=3,6$ кДж. Б) $\Delta E_n=6,4$ кДж. В) $\Delta E_n=5,4$ кДж.
Г) $\Delta E_n=1,8$ кДж. Д) $\Delta E_n=2,7$ кДж.

160. Під час одного із віражів швидкість літака масою $m=1$ т змінилась від $V_1=720$ км/год до $V_2=1080$ км/год, а його висота над землею від $h_1=6$ км до $h_2=3$ км. Як змінилась при цьому його повна механічна енергія ΔE ? (Вважати $g=10$ м/с²).

- А) Зменшилась на $5 \cdot 10^6$ Дж. Б) Збільшилась на $8 \cdot 10^5$ Дж. В) Не змінилась.
Г) Збільшилась на $4 \cdot 10^7$ Дж. Д) Зменшилась на $2 \cdot 10^4$ Дж.

161. На якій відстані S від перехрестя потрібно почати гальмування при червоному сигналі світлофора, якщо автомобіль рухався із швидкістю $V=100$ км/год, а коефіцієнт тертя між шинами і дорогою $\mu=0,4$? (Вважати $g=10$ м/с²).

- А) $S=64$ м. Б) $S=108$ м. В) $S=72$ м. Г) $S=81$ м. Д) $S=96$ м

162. Із якою швидкістю V_0 рухався автомобіль, якщо довжина сліду при його гальмуванні $S=25$ м? Вважати, що колеса при гальмуванні не обертались, а коефіцієнт тертя коліс об дорогу $\mu=0,4$.

- А) $V_0=96$ км/г. Б) $V_0=72$ км/г. В) $V_0=84$ км/г. Г) $V_0=51$ км/г. Д) $V_0=63$ км/г.

163. Тіло масою $m=2$ кг, кинуте з висоти $h=250$ м вертикально вниз із початковою швидкістю $V_0=20$ м/с, заглибилось у ґрунт на глибину $S=20$ см. Визначити середню силу опору ґрунту F_o . Опором повітря знехтувати.

- А) $F_o=6,4$ кН. Б) $F_o=0,52$ кН. В) $F_o=26,5$ кН. Г) $F_o=9,6$ кН. Д) $F_o=13,2$ кН.

164. Шайба, пущена по поверхні льоду із початковою швидкістю $V_0=20$ м/с, зупинилась через проміжок часу $t=40$ с. Знайти коефіцієнт тертя шайби об лід μ . (Вважати $g=10$ м/с²).

- А) $\mu=0,05$. Б) $\mu=0,10$. В) $\mu=0,02$. Г) $\mu=0,16$. Д) $\mu=0,08$.

165. Яку роботу A потрібно здійснити, щоб розтягнути пружину із жорсткістю $k=4 \cdot 10^4$ Н/м на $\Delta x=5$ мм?

- А) $A=2$ Дж. Б) $A=0,5$ Дж. В) $A=1,5$ Дж. Г) $A=1$ Дж. Д) $A=2,5$ Дж.

166. Після удару молотком по цвяху, він має кінетичну енергію $E_k=2,8$ Дж. Визначте середню силу опору деревини F_o , якщо цвях увійшов у нього на $S=7$ мм.

- А) $F_o=100$ Н. Б) $F_o=200$ Н. В) $F_o=300$ Н. Г) $F_o=400$ Н. Д) $F_o=500$ Н.

159. A round pole of $d=0.4$ m ion diameter and as high as $h=4$ m fell down the earth from the vertical position. *On what value* did its *potential energy* ΔE_p change thereat ? The pole mass was $m=300$ kg. (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $\Delta E_p=3.6$ kJ B) $\Delta E_p=6.4$ kJ C) $\Delta E_p=5.4$ kJ
D) $\Delta E_p=1.8$ kJ E) $\Delta E_p=2.7$ kJ

160. During a turn velocity of an airplane of mass $m=1$ t changed from $V_1=720$ km/h to $V_2=1080$ km/h and its height over the earth changed from $h_1=6$ km to $h_2=3$ km. How did its *complete mechanical energy* ΔE change ? (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) It decreased by $5 \cdot 10^6$ J B) It increased by $8 \cdot 10^5$ J C) It did not change.
D) It increased by $4 \cdot 10^7$ J E) It decreased by $2 \cdot 10^4$ J

161. At what distance S from a crossroads should one start braking at the red traffic light if a car was moving at a velocity $V=100$ km/h and friction coefficient between its tires and a road is $\mu=0.4$? (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $S=64$ m B) $S=108$ m C) $S=72$ m D) $S=81$ m E) $S=96$ m

162. At what velocity V_0 was a car moving if the length of its braking distance was $S=25$ m ? Its wheels did not rotate on braking and friction coefficient of wheels on a road is $\mu=0.4$.

- A) $V_0=96$ km/h B) $V_0=72$ km/h C) $V_0=84$ km/h D) $V_0=51$ km/h E) $V_0=63$ km/h

163. A body of mass $m=2$ kg thrown from height $h=250$ m straight down with initial velocity $V_0=20$ m/sec went deep into the earth by $S=20$ cm. Find out average resistance force of the soil F_r . Air resistance can be neglected.

- A) $F_r=6.4$ kN B) $F_r=0.52$ kN C) $F_r=26.5$ kN D) $F_r=9.6$ kN E) $F_r=13.2$ kN

164. A puck thrown by the ice surface with initial velocity $V_0=20$ m/sec came to a stop in $t=40$ sec. Find out friction coefficient of a puck on ice μ . (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $\mu=0.05$ B) $\mu=0.10$ C) $\mu=0.02$ D) $\mu=0.16$ E) $\mu=0.08$

165. What work A should be performed to extend a spring of rigidity $k=4 \cdot 10^4$ N/m by $\Delta x=5$ mm ?

- A) $A=2.0$ J B) $A=0.5$ J C) $A=1.5$ J D) $A=1.0$ J E) $A=2.5$ J

166. After striking a hammer on a nail it has kinetic energy $E_k=2.8$ J. Find out average resistance force F_r of wood if the nail went into it as deep as $S=7$ mm.

- A) $F_r=100$ N B) $F_r=200$ N C) $F_r=300$ N D) $F_r=400$ N E) $F_r=500$ N

167. Яку роботу A потрібно здійснити, щоб вагону масою $m=60$ т, який рухався зі швидкістю $V_1=2$ м/с, надати швидкості $V_2=6$ м/с ?

А) $A=48$ кДж. Б) $A=640$ кДж. В) $A=16$ кДж. Г) $A=3,2$ кДж. Д) $A=960$ кДж.

168. Гумовий шнур завдовжки $l_0=1$ м під дією вантажу вагою $P=10$ Н видовжився на $\Delta l=10$ см. Визначити роботу A сили пружності.

А) $A=2$ Дж. Б) $A=0,5$ Дж. В) $A=1$ Дж. Г) $A=2,5$ Дж. Д) $A=1,5$ Дж.

169. Яку роботу A треба здійснити, щоб однорідний стовп завдовжки $l=2$ м і масою $m=200$ кг, що лежав на землі, поставити *вертикально* ? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $A=1500$ Дж. Б) $A=750$ Дж. В) $A=2000$ Дж. Г) $A=1250$ Дж. Д) $A=500$ Дж.

170. Камінь масою $m=1$ кг падає з висоти $h=20$ м і в момент падіння на землю має швидкість $V=18$ м/с. Яка робота A по подоланню опору повітря здійснюється під час його падіння ?

А) $A=34$ Дж. Б) $A=68$ Дж. В) $A=46$ Дж. Г) $A=72$ Дж. Д) $A=57$ Дж.

171. Тіло масою $m=100$ кг впало з висоти $h=75$ м через $t=5$ с після початку *вільного падіння*. Визначте роботу A сили опору повітря, вважаючи її *постійною*.

А) $A=5$ кДж. Б) $A=20$ кДж. В) $A=15$ кДж. Г) $A=30$ кДж. Д) $A=25$ кДж.

172. Тіло масою $m=1$ кг знаходиться на підставці, яку піднімають *вгору* із *прискоренням* $a=2$ м/с². Визначити роботу A , здійснену по підняттю тіла за проміжок часу $t=2$ с після початку його руху. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $A=24$ Дж. Б) $A=48$ Дж. В) $A=72$ Дж. Г) $A=96$ Дж. Д) $A=64$ Дж.

173. Ковзаняр масою $M=60$ кг кидає у горизонтальному напрямку вантаж масою $m=10$ кг зі швидкістю $V=3$ м/с. Визначте здійснену при цьому людиною *повну* роботу A , якщо після кидання вона відкотилась на відстань $S=0,5$ м. Коефіцієнт тертя ковзанів об лід $\mu=0,1$.

А) $A=75$ Дж. Б) $A=30$ Дж. В) $A=45$ Дж. Г) $A=60$ Дж. Д) $A=15$ Дж.

Потужність

174. Під дією сили $F=100$ Н, спрямованої під кутом $\alpha=60^\circ$ до напрямку руху, тіло за проміжок часу $t=5$ с пройшло шлях $S=100$ м. Визначити потужність N , яка розвивається цією силою на цьому шляху.

А) $N=2$ кВт. Б) $N=1$ кВт. В) $N=4$ кВт. Г) $N=12$ кВт. Д) $N=8$ кВт.

167. What work A should be performed to bring velocity $V_2=6$ m/sec to a carriage of mass $m=60$ t and moving at a velocity $V_1=2$ m/sec ?

A) $A=48$ kJ B) $A=640$ kJ C) $A=16$ kJ D) $A=3,2$ kJ E) $A=960$ kJ

168. A rubber cord as long as $l_0=1$ m becomes longer by $\Delta l=10$ cm under the load of weight $P=10$ N. Find out work A of elasticity force.

A) $A=2.0$ J B) $A=0.5$ J C) $A=1.0$ J D) $A=2.5$ J E) $A=1.5$ J

169. What work A should be performed to set up a homogeneous pole of $l=2$ m in length and $m=200$ kg in mass lying on the earth ? (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $A=1500$ J B) $A=750$ J C) $A=2000$ J D) $A=1250$ J E) $A=500$ J

170. A stone of $m=1$ kg in mass is falling from height $h=20$ m, and at the moment of its falling on the earth its velocity is $V=18$ m/sec. What work A should be performed to overcome air resistance during its falling ?

A) $A=34$ J B) $A=68$ J C) $A=46$ J D) $A=72$ J E) $A=57$ J

171. A body of $m=100$ kg in mass fell down from height $h=75$ m in $t=5$ sec after the start of free fall. Find out work A of air-resistance force considering it as permanent.

A) $A=5$ kJ B) $A=20$ kJ C) $A=15$ kJ D) $A=30$ kJ E) $A=25$ kJ

172. A body of $m=1$ kg in mass is on a rest which is being lifted with acceleration $a=2$ m/sec². Calculate work A performed to lift the body for $t=2$ sec after the start of its moving. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $A=24$ J B) $A=48$ J C) $A=72$ J D) $A=96$ J E) $A=64$ Дж

173. A skater of $M=60$ kg in mass throws horizontally a load of $m=10$ kg in mass with velocity $V=3$ m/sec. Find out full work A performed if after throwing he slid away on the distance $S=0.5$ m. Friction coefficient of skates on ice is $\mu=0.1$.

A) $A=75$ J B) $A=30$ J C) $A=45$ J D) $A=60$ J E) $A=15$ J

Power

174. A body is influenced with force $F=100$ N directed at an angle of $\alpha=60^\circ$ to the direction of motion. For $t=5$ sec the body traveled the distance $S=100$ m. Calculate the power N made by this force on this path.

A) $N=2$ kW B) $N=1$ kW C) $N=4$ kW D) $N=12$ kW E) $N=8$ kW

175. Тіло масою $m=1$ кг падає з висоти $H=20$ м. Нехтуючи опором повітря, визначити *миттєву* потужність N , яка розвивається *силою тяжіння* на висоті $h=10$ м. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $N=75$ Вт. Б) $N=100$ Вт. В) $N=125$ Вт. Г) $N=140$ Вт. Д) $N=50$ Вт.

176. Тіло масою $m=1$ кг кинуте *вертикально вгору* із початковою швидкістю $V_0=50$ м/с. Розрахувати *миттєву* потужність N , яка розвивається *силою тяжіння* у момент часу $t=3$ с після початку руху. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $N=150$ Вт. Б) $N=75$ Вт. В) $N=200$ Вт. Г) $N=125$ Вт. Д) $N=100$ Вт.

177. Тіло масою $m=1$ кг знаходиться на підставці, яка піднімається *вгору* із *прискоренням* $a=2$ м/с². Визначити *середню потужність* $N_{\text{сеп}}$, яка розвивається за проміжок часу $t=2$ с після початку його руху.

А) $N_{\text{сеп}}=24$ Вт. Б) $N_{\text{сеп}}=72$ Вт. В) $N_{\text{сеп}}=36$ Вт. Г) $N_{\text{сеп}}=48$ Вт. Д) $N_{\text{сеп}}=60$ Вт.

178. Визначити коефіцієнт корисної дії (ККД) η підйомного крану, який піднімає вантаж масою $m=2,4$ т зі сталою швидкістю $V=6$ м/хв, якщо двигун при цьому споживає потужність $N_{\text{вст}}=3$ кВт. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $\eta=0,75$. Б) $\eta=0,80$. В) $\eta=0,90$. Г) $\eta=0,85$. Д) $\eta=0,70$.

179. Визначити ККД транспортера η , якщо за $t=24$ години безперервної роботи він піднімає вантаж масою $m=200$ т із рівня землі на висоту $h=5$ м. Витрачена потужність двигуна транспортера $N_{\text{вст}}=1,84$ кВт.

А) $\eta=18,3\%$. Б) $\eta=4,8\%$. В) $\eta=12,4\%$. Г) $\eta=9,6\%$. Д) $\eta=6,2\%$.

Закон збереження механічної енергії

180. Тіло масою $m=300$ г *вільно падає* з висоти $h=50$ м. Знайти *кінетичну енергію* тіла E_k в момент його зіткнення із поверхнею землі.

А) $E_k=50$ Дж. Б) $E_k=250$ Дж. В) $E_k=100$ Дж. Г) $E_k=150$ Дж. Д) $E_k=200$ Дж.

181. Тіло, яке знаходиться на висоті $H=80$ м над землею, кинути у *горизонтальному* напрямку із *початковою* швидкістю $V_0=15$ м/с. Якою буде швидкість тіла V в той момент, якщо воно виявиться на висоті $h=60$ м над землею?

А) $V=35$ м/с. Б) $V=20$ м/с. В) $V=15$ м/с. Г) $V=30$ м/с. Д) $V=25$ м/с.

182. Тіло кинуте із швидкістю $V_0=10$ м/з під кутом $\alpha=45^\circ$ до горизонту. Визначити його швидкість V на висоті $h=1,8$ м над землею. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $V=6$ м/с. Б) $V=9$ м/с. В) $V=8$ м/с. Г) $V=5$ м/с. Д) $V=7$ м/с.

175. A body of $m=1$ kg in mass is falling from height $h=20$ m. Neglecting air resistance calculate *instantaneous* power N which is made by *gravity force* at height $h=10$ m. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $N=75$ W B) $N=100$ W C) $N=125$ W D) $N=140$ W E) $N=50$ W

176. A body of $m=1$ kg in mass is thrown *straight up* with initial velocity $V_0=50$ m/sec. Calculate *instantaneous* power N which is made by *gravity force* in $t=3$ sec after the start of motion. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $N=150$ W B) $N=75$ W C) $N=200$ W D) $N=125$ W E) $N=100$ W

177. A body of $m=1$ kg in mass is on a rest which is being lifted with *acceleration* $a=2$ m/sec². Calculate *average power* N_{av} , which is made for time $t=2$ sec after the start of its motion.

A) $N_{av}=24$ W B) $N_{av}=72$ W C) $N_{av}=36$ W D) $N_{av}=48$ W E) $N_{av}=60$ W

178. Calculate coefficient of efficiency η of a hoisting crane which lifts a load of $m=2.4$ t in mass with permanent velocity $V=6$ m/min, its engine consuming power $N_{sup}=3$ kW. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $\eta=0.75$ B) $\eta=0.80$ C) $\eta=0.90$ D) $\eta=0.85$ E) $\eta=0.70$

179. Calculate coefficient of efficiency η of a cargo carrier if for $t=24$ h of a continuous running it lifts $m=200$ t from the earth to height $h=5$ m. Supplied power of the cargo carrier engine is $N_{sup}=1.84$ kW.

A) $\eta=18.3\%$ B) $\eta=4.8\%$ C) $\eta=12.4\%$ D) $\eta=9.6\%$ E) $\eta=6.2\%$

Law of conservation of mechanical energy

180. A body of mass $m=300$ g is freely falling from height $h=50$ m. Find out the body kinetic energy E_k at the moment of its touching the earth surface.

A) $E_k=50$ J B) $E_k=250$ J C) $E_k=100$ J D) $E_k=150$ J E) $E_k=200$ J

181. A body which is at height $H=80$ m over the earth was thrown *horizontally* with *initial* velocity $V_0=15$ m/sec. What will the body velocity V be at that moment when it is at height $h=60$ m over the earth ?

A) $V=35$ m/sec B) $V=20$ m/sec C) $V=15$ m/sec D) $V=30$ m/sec E) $V=25$ m/sec

182. A body was thrown with velocity $V_0=10$ m/sec at an angle of $\alpha=45^\circ$ to horizon. Find out its velocity at height $h=1.8$ m over the earth. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $V=6$ m/sec B) $V=9$ m/sec C) $V=8$ m/sec D) $V=5$ m/sec E) $V=7$ m/sec

183. На скільки стиснеться *вертикальна* пружина Δx , якщо на неї з висоти $h=10$ м упаде тіло масою $m=1$ кг? Коефіцієнт жорсткості пружини $k=20$ кН/м (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $\Delta x=10$ см. Б) $\Delta x=6$ см. В) $\Delta x=12$ см. Г) $\Delta x=8$ см. Д) $\Delta x=4$ см.

184. Тіло масою $m=1$ кг рухаючись зі швидкістю $V=100$ м/с, налітає на пружину і стискує її на $\Delta x=5$ см. Визначити жорсткість цієї пружини k , якщо втрата енергії *відсутня*.

А) $k=5 \cdot 10^5$ Н/м. Б) $k=6 \cdot 10^6$ Н/м. В) $k=3 \cdot 10^5$ Н/м. Г) $k=7 \cdot 10^4$ Н/м. Д) $k=2 \cdot 10^6$ Н/м.

185. Тіло кинуте *вертикально вгору* із початковою швидкістю $V_0=50$ м/с. На якій висоті h його *кінетична* енергія E_k *дорівнюватиме* *потенційній* E_n ?

А) $h=72$ м. Б) $h=81$ м. В) $h=56$ м. Г) $h=98$ м. Д) $h=64$ м.

186. Камінець масою $m=0,02$ кг кинути з висоти $h=30$ м *горизонтально* із початковою швидкістю $V_0=10$ м/с. Чому дорівнює енергія камінця E в момент його приземлення? (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $E=21$ Дж. Б) $E=4$ Дж. В) $E=14$ Дж. Г) $E=7$ Дж. Д) $E=28$ Дж.

187. Тіло масою $m=1$ кг кинуте *горизонтально* зі швидкістю $V_0=10$ м/с. Визначити його *кінетичну* енергію E_k через проміжок часу $t=2$ с після початку польоту. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $E_k=250$ Дж. Б) $E_k=400$ Дж. В) $E_k=450$ Дж. Г) $E_k=300$ Дж. Д) $E_k=350$ Дж.

188. Стовп заввишки $h=2$ м упав на землю. Нехтуючи товщиною стовпа, визначте *лінійну* швидкість V *верхньої точки* стовпа в момент його падіння. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $V=4,5$ м/с. Б) $V=6,3$ м/с. В) $V=9,4$ м/с. Г) $V=7,8$ м/с. Д) $V=3,2$ м/с.

189. Тіло кинуте із вежі заввишки $h=10$ м під кутом $\alpha=30^\circ$ до горизонту із початковою швидкістю $V_0=15$ м/с. Визначити швидкість тіла V в момент його падіння на землю.

А) $V=24$ м/с. Б) $V=15$ м/с. В) $V=27$ м/с. Г) $V=21$ м/с. Д) $V=18$ м/с.

190. М'яч кинути *вертикально вниз*. Після удару об землю він підскочив на $\Delta h=1,8$ м *вище* за той рівень, із якого був кинутий. З якою *початковою* швидкістю V_0 його кинути? Втрати енергії при ударі об землю *не враховувати*. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $V_0=10$ м/с. Б) $V_0=8$ м/с. В) $V_0=6$ м/с. Г) $V_0=7$ м/с. Д) $V_0=9$ м/с.

183. How Δx will a spring compress, if it stands *vertically* and a body of mass $m=1$ kg will fall on it from height $h=10$ m. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $\Delta x=10$ cm B) $\Delta x=6$ cm C) $\Delta x=12$ cm D) $\Delta x=8$ cm E) $\Delta x=4$ cm

184. A body of mass $m=1$ kg is moving at a velocity $V=100$ m/sec, runs into a spring and compresses it by $\Delta x=5$ cm. Calculate this spring rigidity k if no energy was *lost*.

A) $k=5 \cdot 10^5$ N/m B) $k=6 \cdot 10^6$ N/m C) $k=3 \cdot 10^5$ N/m
D) $k=7 \cdot 10^4$ N/m E) $k=2 \cdot 10^6$ N/m

185. A body was thrown *straight up* with initial velocity $V_0=50$ m/sec. At what height h will its *kinetic energy* E_k be equal to *potential energy* E_p ?

A) $h=72$ m B) $h=81$ m C) $h=56$ m D) $h=98$ m E) $h=64$ m

186. A small stone of mass $m=0.02$ kg was horizontally thrown from height $h=30$ m with initial velocity $V_0=10$ m/sec. What will the stone energy E be equal to at the moment of its touchdown. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $E=21$ J B) $E=4$ J C) $E=14$ J D) $E=7$ J E) $E=28$ J

187. A body of mass $m=1$ kg was horizontally thrown with velocity $V_0=10$ m/sec. Find out its kinetic energy E_k in time $t=2$ sec after the start of flying. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $E_k=250$ J B) $E_k=400$ J C) $E_k=450$ J D) $E_k=300$ J E) $E_k=350$ J

188. A pole of $h=2$ m long fell down on the earth. Neglecting the pole thickness, calculate the linear velocity V in *the upper point* of the pole at the moment of its falling. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $V=4,5$ m/sec B) $V=6,3$ m/sec C) $V=9,4$ m/sec D) $V=7,8$ m/sec E) $V=3,2$ m/sec

189. A body was thrown from a tower of $h=10$ m high at an angle of $\alpha=30^\circ$ to horizon with initial velocity $V_0=15$ m/sec. Find out the body velocity V at the moment of its falling down.

A) $V=24$ m/sec B) $V=15$ m/sec C) $V=27$ m/sec D) $V=21$ m/sec E) $V=18$ m/sec

190. A ball was thrown *straight down*. After its touchdown it jumped up at height $\Delta h=1.8$ m *above* that level it had been thrown down. What was *the initial* velocity V_0 it was thrown with ? Energy loss at the moment of touchdown can be *neglected*. (Consider $g=10$ m/sec²).

A) $V_0=10$ m/sec B) $V_0=8$ m/sec C) $V_0=6$ m/sec D) $V_0=7$ m/sec E) $V_0=9$ m/sec

191. Камінь масою $m=0,5$ кг, прив'язаний до мотузка завдовжки $l=50$ см, обертається у *верт икальній* площині. Сила натягу мотузка у *ниж ній* точці кола $F_n=44,1$ Н. На яку висоту h_{\max} підніметься камінь, якщо мотузок обірветься в той момент, коли його швидкість V буде спрямована *верт икально вгору*?

А) $h_{\max}=1,5$ м. Б) $h_{\max}=3,0$ м. В) $h_{\max}=3,5$ м. Г) $h_{\max}=2,0$ м. Д) $h_{\max}=2,5$ м.

192. Велосипедист мусить проїхати по треку у формі "мертвої петлі" радіусом $R=8$ м. Із якої висоти H він мусить почати розгін, щоб не впасти у *верхній т очці* траскторії ?

А) $H=14$ м. Б) $H=20$ м. В) $H=16$ м. Г) $H=12$ м. Д) $H=18$ м.

193. На нитці завдовжки $l=1$ м підвішене тіло масою $m=3$ кг. На яку висоту h треба відвести тіло *від положення рівноваги*, щоб при його проходженні через це положення, нитка зазнала натягу $F_n=50$ Н ?

А) $h=0,25$ м. Б) $h=0,40$ м. В) $h=0,35$ м. Г) $h=0,45$ м. Д) $h=0,30$ м.

194. Люстра масою $m=10$ кг висить на підвісі завдовжки $l=5$ м, міцність якого дорівнює її *подвійній силі тяжіння*. На яку максимальну висоту h_{\max} можна відхилити люстру *від положення рівноваги*, щоб підвіс не обірвався при гойданнях ?

А) $h_{\max}=1,5$ м. Б) $h_{\max}=2$ м. В) $h_{\max}=3,5$ м. Г) $h_{\max}=3$ м. Д) $h_{\max}=2,5$ м.

195. Кулька масою $m=50$ г підвішена на нерозтяжній нитці. Вивівши її із положення рівноваги так, що натягнута нитка **склала кут** $\alpha=90^\circ$ із вертикаллю, кульку відпустили. Визначите силу натягу нитки F_n в момент проходження нею *положення рівноваги*. (Вважати $g=10$ м/с²).

А) $F_n=1,5$ Н. Б) $F_n=3,0$ Н. В) $F_n=2,5$ Н. Г) $F_n=2,0$ Н. Д) $F_n=3,5$ Н.

Закон збереження імпульсу

196. Із рушниць масою $M=5$ кг вилітає куля масою $m=15$ г зі швидкістю $V=300$ м/с. Визначити швидкість U віддачі рушниць.

А) $U=0,9$ м/с. Б) $U=0,6$ м/с. В) $U=0,8$ м/с. Г) $U=1,0$ м/с. Д) $U=0,7$ м/с.

197. Із *нерухомим* вагоном масою $m=37$ т стикається електровоз, який рухався зі швидкістю $V_0=0,6$ м/с. Після зіткнення вони рухаються *разом*. Визначити масу електровоза M , якщо його швидкість V зменшилась до $0,5$ м/с. Тертям об рейки і в осях коліс *знехтувати*.

А) $M=552$ т. Б) $M=164$ т. В) $M=376$ т. Г) $M=248$ т. Д) $M=185$ т.

191. A stone of mass $m=0.5$ kg was fastened to a cord of $l=50$ cm long. It is rotating in a *vertical* plane. The cord tension force *in the lower* point of the circle is $F_l=44.1$ N. What height h_{max} will the stone rise if the cord breaks at the moment when its velocity V is directed *straight up*?

- A) $h_{max}=1.5$ m B) $h_{max}=3.0$ m C) $h_{max}=3.5$ m D) $h_{max}=2.0$ m E) $h_{max}=2.5$ m

192. A bicyclist must go in a track in the form of “a dead loop” of radius $R=8$ m. What height H must he start speeding up at not to fall down *in the upper point* of the path?

- A) $H=14$ m B) $H=20$ m C) $H=16$ m D) $H=12$ m E) $H=18$ m

193. A body of mass $m=3$ kg is hung over a thread of $l=1$ m long. What height must the body be taken at *from the rest* for the thread underwent tension $F_l=50$ H, when the body is passing this position?

- A) $h=0.25$ m B) $h=0.40$ m C) $h=0.35$ m D) $h=0.45$ m E) $h=0.30$ m

194. A luster of $m=10$ kg in mass hangs on a bracket of $l=5$ m long, the bracket strength is equal to a *double gravity force* of the luster. What maximum height can the luster be taken *from the equilibrium position* for the bracket *not to break* on its swinging?

- A) $h_{max}=1.5$ m B) $h_{max}=2.0$ m C) $h_{max}=3.5$ m D) $h_{max}=3.0$ m E) $h_{max}=2.5$ m

195. A small ball of $m=50$ g in mass is hung on an inextensible cord. Having taken it out of the equilibrium position, an angle between the tight thread and the vertical line being $\alpha=90^\circ$, the ball is let go. Find out the thread tension force F_l at the moment of its passing through *the equilibrium position*. (Consider $g=10$ m/sec²).

- A) $F_l=1.5$ N B) $F_l=3.0$ N C) $F_l=2.5$ N D) $F_l=2.0$ N E) $F_l=3.5$ N

Law of conservation of momentum

196. A bullet of $m=15$ g leaves a gun of mass $M=5$ kg with a velocity $V=300$ m/sec. Find out velocity U of the gun kick.

- A) $U=0.9$ m/sec B) $U=0.6$ m/sec C) $U=0.8$ m/sec D) $U=1.0$ m/sec E) $U=0.7$ m/sec

197. An electric locomotive moving with a velocity $V_0=0.6$ m/sec came into collision with a *stationary* carriage of $m=37$ t in mass. After collision, they were moving *together*. Find out the electric locomotive mass M , if its velocity decreased up to 0.5 m/sec. Friction on rails and in wheel axes *can be neglected*.

- A) $M=552$ t B) $M=164$ t C) $M=376$ t D) $M=248$ t E) $M=185$ t

198. Людина, яка стояла на *нерухомому* плоту, пішла із швидкістю $V_0=5$ м/с відносно плоту. Маса людини $m=100$ кг, маса плоту $M=5000$ кг. Із якою швидкістю V пліт почне рухатись по воді ?

А) $V=0,2$ м/с. Б) $V=0,4$ м/с. В) $V=0,1$ м/с. Г) $V=0,5$ м/с. Д) $V=0,3$ м/с.

199. Літак летів зі швидкістю $V_0=900$ км/год. На його шляху опинився *нерухомий* птах, маса якого $m=2$ кг. Визначте силу F удару птаха об літак, якщо удар тривав упродовж проміжка часу $\Delta t=0,001$ с.

А) $F=5 \cdot 10^5$ Н. Б) $F=4 \cdot 10^4$ Н. В) $F=2 \cdot 10^6$ Н. Г) $F=8 \cdot 10^4$ Н. Д) $F=9 \cdot 10^5$ Н.

200. Граната, яка летіла зі швидкістю $V_0=15$ м/с, розірвалась на дві частини масами $m_1=0,6$ кг і $m_2=1,4$ кг. Швидкість *більшого* уламка $V_2=24$ м/с має *попередній* напрямок, що і граната до розриву. Визначити швидкість V_1 *меншого* уламка.

А) $V_1=18$ м/с. Б) $V_1=9$ м/с. В) $V_1=12$ м/с. Г) $V_1=6$ м/с. Д) $V_1=15$ м/с.

201. Снаряд летів зі швидкістю $V_0=150$ м/с і розірвався на дві частини, масами $m_1=5$ кг і $m_2=15$ кг. Швидкість *більшого* уламка $V_2=120$ м/с має *попередній* напрямок руху. Визначити швидкість V_1 *меншого* уламка.

А) $V_2=270$ м/с. Б) $V_2=150$ м/с. В) $V_2=210$ м/с. Г) $V_2=180$ м/с. Д) $V_2=240$ м/с.

202. Два тіла масами $m_1=2$ кг і $m_2=4$ кг рухались *назустріч* одне одному зі швидкостями $V_1=4$ м/з і $V_2=2$ м/с. Із якою швидкістю U_0 вони рухатимуться після абсолютно *непружного* зіткнення ?

А) $U_0=1,4$ м/с. Б) $U_0=2,6$ м/с. В) $U_0=0$ м/с. Г) $U_0=3,2$ м/с. Д) $U_0=2,0$ м/с.

203. Тіло масою $m_1=2$ кг рухається із швидкістю $V_1=5$ м/с і наздоганяє інше тіло, масою $m_2=5$ кг, яке рухається у *тому ж напрямку* зі швидкістю $V_2=2$ м/с. Після зіткнення вони стали рухатись *разом*. Із якою швидкістю U ?

А) $U=3,94$ м/с. Б) $U=2,86$ м/с. В) $U=1,74$ м/с. Г) $U=4,53$ м/с. Д) $U=2,12$ м/с.

204. *Нерухома* людина застрибнула на візок, який рухався із початковою швидкістю $V_0=1,5$ м/с. Якою стане швидкість її руху V , якщо маса людини $m_1=70$ кг, а візка $m_2=30$ кг ?

А) $V=75$ см/с. Б) $V=90$ см/с. В) $V=45$ см/с. Г) $V=60$ см/с. Д) $V=105$ см/с.

205. Два тіла масами $m_1=2$ кг і $m_2=6$ кг рухаються *назустріч* одне одному з однаковими швидкостями $V_1=V_2=2$ м/с. Із якою швидкістю U рухатимуться ці тіла після їхнього *непружного* зіткнення ?

А) $U=1,75$ м/с. Б) $U=0,75$ м/с. В) $U=1,5$ м/с. Г) $U=1,25$ м/с. Д) $U=1,0$ м/с.

198. A person who was standing on a *stationary* raft started moving with a velocity $V_0=5$ m/sec relative to the raft. The person's mass is $m=100$ kg, the raft mass is $M=5000$ kg. What velocity V did the raft start its motion with on water ?

A) $V=0.2$ m/sec B) $V=0.4$ m/sec C) $V=0.1$ m/sec D) $V=0.5$ m/sec E) $V=0.3$ m/sec

199. An airplane is flying at a velocity $V_0=900$ km/h. On its way there turned out to be an *immovable* bird of $m=2$ kg in mass. Find out an impact force F of the bird on the plane if a kick lasted for $\Delta t=0.001$ sec.

A) $F=5 \cdot 10^5$ N B) $F=4 \cdot 10^4$ N C) $F=2 \cdot 10^6$ N D) $F=8 \cdot 10^4$ N E) $F=9 \cdot 10^5$ N

200. A grenade was flying at a velocity $V_0=15$ m/sec burst into two parts of $m_1=0.6$ kg and $m_2=1.4$ kg in mass. A *larger* fragment velocity is $V_2=24$ m/sec and it has that direction *the grenade had before* an explosion. Find out velocity V_1 of a *smaller* fragment.

A) $V_1=18$ m/sec B) $V_1=9$ m/sec C) $V_1=12$ m/sec D) $V_1=6$ m/sec E) $V_1=15$ m/sec

201. A shell was flying at a velocity $V_0=150$ m/sec and burst into two fragments of $m_1=5$ and $m_2=15$ kg in mass. Velocity of a *larger* fragment is $V_2=120$ m/sec and it has the *previous direction*. Find out velocity V_1 of a *smaller* fragment.

A) $V_2=270$ m/sec B) $V_2=150$ m/sec C) $V_2=210$ m/sec D) $V_2=180$ m/sec E) $V_2=240$ m/sec

202. Two bodies of $m_1=2$ kg and $m_2=4$ kg in mass were *approaching* at velocities $V_1=4$ m/sec and $V_2=2$ m/sec. What velocity U_0 will they move with after an *inelastic* collision?

A) $U_0=1.4$ m/sec B) $U_0=2.6$ m/sec C) $U_0=0$ m/sec D) $U_0=3.2$ m/sec E) $U_0=2.0$ m/sec

203. A body of $m_1=2$ kg in mass is moving at a velocity $V_1=5$ m/sec and comes close to another body of $m_2=5$ kg in mass which is moving *in the same direction* with a velocity $V_2=2$ m/sec. After collision, they were moving *together*. What velocity U were they moving with ?

A) $U=3.94$ m/sec B) $U=2.86$ m/sec C) $U=1.74$ m/sec D) $U=4.53$ m/sec E) $U=2.12$ m/sec

204. An *immovable* person jumped onto a cart moving with an initial velocity $V_0=1.5$ m/sec. What will its velocity V_{be} , if the person's mass is $m_1=70$ kg and the cart mass is $m_2=30$ kg ?

A) $V=75$ cm/sec B) $V=90$ cm/sec C) $V=45$ cm/sec D) $V=60$ cm/sec E) $V=105$ cm/sec

205. Two bodies of $m_1=2$ kg and $m_2=6$ kg in mass are *approaching* at the same velocities $V_1=V_2=2$ m/sec. What velocity U will these bodies move with after their *inelastic* collision ?

A) $U=1.75$ m/sec B) $U=0.75$ m/sec C) $U=1.5$ m/sec D) $U=1.25$ m/sec E) $U=1.0$ m/sec

206. Ковзаняр масою $M=80$ кг, стоячи на льоду, кидає шайбу масою $m=100$ г під кутом $\alpha=60^\circ$ до горизонту. Визначити початкову швидкість ковзаняря V_0 , якщо шайба кинута зі швидкістю $V=4,8$ м/с відносно льоду.

А) $V_0=1$ мм/с. Б) $V_0=8$ мм/с. В) $V_0=3$ мм/с. Г) $V_0=10$ мм/с. Д) $V_0=6$ мм/с.

207. Ковзаняр масою $M=60$ кг кидає в *горизонт альному* напрямку вантаж масою $m=10$ кг зі швидкістю $V_0=3$ м/с. Визначте коефіцієнт тертя ковзанів об лід μ , якщо після кидка ковзаняр відкотився на відстань $S=0,5$ м

А) $\mu=0,075$. Б) $\mu=0,05$. В) $\mu=0,01$. Г) $\mu=0,025$. Д) $\mu=0,1$.

208. Важок масою $m=10$ кг ковзає *без тертя* по похилій площині заввишки $h=1,8$ м і падає на платформу з піском, масою $M=50$ кг. Кут нахилу площини до горизонту $\alpha=45^\circ$. Із якою початковою швидкістю U почне рухатись ця платформа ?

А) $U=45$ см/с. Б) $U=75$ см/с. В) $U=55$ см/с. Г) $U=65$ см/с. Д) $U=85$ см/с.

209. На рухомий горизонтально зі швидкістю $V=5$ м/с візок масою $M=10$ кг зверху кладуть цеглину масою $m=2$ кг, яка до цього знаходилась у *стані спокою*. Визначте кількість теплоти Q , яка виділиться при цьому.

А) $Q=15$ Дж. Б) $Q=21$ Дж. В) $Q=18$ Дж. Г) $Q=24$ Дж. Д) $Q=12$ Дж.

210. Два вантажі, маси яких відносяться як 1:4, з'єднані стиснутою пружиною і лежать на горизонтальній поверхні столу. При розпрямленні пружини, вантаж *меншої* маси отримує *кінетичну* енергію $E_1=40$ Дж. Визначте *потенціальну* енергію стиснутої пружини E_p . Тертям знехтувати.

А) $E_p=100$ Дж. Б) $E_p=25$ Дж. В) $E_p=50$ Дж. Г) $E_p=125$ Дж. Д) $E_p=75$ Дж.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ "ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ"

Параметри газів

211. Яка фізична величина визначається фразою "...є мірою *середньої кінетичної енергії* молекул системи" ?

А) Кількість теплоти. Б) Теплоємність. В) Питома теплоємність.
Г) Температура. Д) Теплотворна здатність.

212. Яка фізична величина характеризує стан *термодинамічної рівноваги* макроскопічної системи і визначає напрям теплообміну між тілами ?

А) Тиск. Б) Об'єм. В) Температура. Г) Густина. Д) Концентрація молекул.

206. Standing on ice a skater of mass $M=80$ kg throws a puck of mass $m=100$ g at an angle $\alpha=60^\circ$ to horizon. Find out the skater's initial velocity V_0 if the puck was thrown with a velocity $V=4.8$ m/sec relative to ice.

A) $V_0=1$ mm/sec B) $V_0=8$ mm/sec C) $V_0=3$ mm/sec D) $V_0=10$ mm/sec E) $V_0=6$ mm/sec

207. A skater of mass $M=60$ kg throws horizontally a load of mass $m=10$ kg with a velocity $V_0=3$ m/sec. Find out friction coefficient of skates on ice μ if after a throw the skater skated back on the distance $S=0.5$ m.

A) $\mu=0.075$ B) $\mu=0.05$ C) $\mu=0.01$ D) $\mu=0.025$ E) $\mu=0.1$

208. A truck of mass $m=10$ kg is sliding *without friction* down an inclined plane $h=1.8$ m high and falls on a platform with sand $M=50$ kg in mass. A slope angle between the plane and horizon is $\alpha=45^\circ$. What initial velocity U will this platform be on the move with?

A) $U=45$ cm/sec B) $U=75$ cm/sec C) $U=55$ cm/sec D) $U=65$ cm/sec E) $U=85$ cm/sec

209. A cart of mass $M=10$ kg is moving horizontally at a velocity $V=5$ m/sec, a brick $m=2$ kg in mass is put on it, the brick being *in the rest* beforehand. Find out the quantity Q of heat, which will be release thereat.

A) $Q=15$ J B) $Q=21$ J C) $Q=18$ J D) $Q=24$ J E) 12 J

210. Two loads, which masses relate to each other as 1:4, are connected with a solid spring and are on the horizontal plane of a table. On spring straightening, a load of *less mass* is given *kinetic energy* $E_k=40$ J. Find out *potential energy* of a solid spring E_p . Friction can be neglected.

A) $E_p=100$ J B) $E_p=25$ J C) $E_p=50$ J D) $E_p=125$ J E) $E_p=75$ J

TEST TASKS TO THE SECTION “**FUNDAMENTALS OF MOLECULAR PHYSICS**”

Parameters of gases

211. What physical quantity is determined by the phrase: “...is a measure of the average kinetic energy of molecules of a system”?

A) Heat B) Heat capacity C) Specific heat
D) Temperature E) Thermal value

212. What physical quantity characterizes the state of *thermodynamic equilibrium* of a macroscopic system and determines the direction of heat exchange between bodies?

A) Pressure B) Volume C) Temperature D) Density E) Concentration of molecules

213. Укажіть одиницю **виміру** тиску газу p :

А) Паскаль. Б) Ампер. В) Кельвін. Г) Ньютон. Д) Джоуль.

214. У чому полягає фізичний зміст *сталой Авогадро* ?

А) Число молекул в 1 кг речовини. Г) Число молекул в 1 г речовини.
Б) Число молекул в 1 м³ речовини. Д) Число молекул в 1 молі речовини.
В) Число молекул в 1 літрі речовини.

215. У резервуарі об'ємом $V=20 \text{ м}^3$ міститься $N=5 \cdot 10^3$ молекул газу. Визначити концентрацію молекул цього газу n .

А) $n=4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-3}$. Б) $n=1 \cdot 10^5 \text{ м}^{-3}$. В) $n=7,5 \cdot 10^4 \text{ м}^{-3}$. Г) $n=2,5 \cdot 10^2 \text{ м}^{-3}$. Д) $n=5 \cdot 10^3 \text{ м}^{-3}$.

Кількість речовини

216. Яка із перелічених частинок є *найменшою* часткою речовини, яка зберігає її *хімічні властивості* ?

А) Атом. Б) Електрон. В) Протон. Г) Іон. Д) Молекула.

217. По якій формулі можна визначити *молярну масу* речовини M ? (m_0 – маса молекули, N – загальна кількість молекул, N_A – число Авогадро, m – загальна маса речовини).

А) $M = \frac{m}{N_A}$. Б) $M = \frac{m}{N}$. В) $M = m_0 \cdot N_A$. Г) $M = m_0 \cdot N$. Д) $M = \frac{m_0}{N}$.

218. Яка кількість молекул N міститься у *одному молі* речовини ?

А) $N=1,6 \cdot 10^{-19}$. Б) $N=8,31 \cdot 10^3$. В) $N=1,38 \cdot 10^{23}$. Г) $N=6,02 \cdot 10^{23}$. Д) $N=9,11 \cdot 10^{-31}$.

219. По якій формулі можна визначити *загальну кількість* молекул газу у посудині N ?

А) $N = \frac{m}{M}$. Б) $N = \frac{m}{M} \cdot T$. В) $N = \frac{m}{M} \cdot n$. Г) $N = \frac{p}{kT}$. Д) $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$.

220. Скільки молів ν містить маса $m=1 \text{ кг}$ водню ? Молярна маса водню $M=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

А) $\nu=500$. Б) $\nu=50$. В) $\nu=15$. Г) $\nu=150$. Д) $\nu=1500$.

221. Визначити масу кількості $\nu=50$ молів вуглекислого газу m , молярна маса якого $M=0,044 \text{ кг/моль}$.

А) $m=12 \text{ кг}$. Б) $m=5,4 \text{ кг}$. В) $m=1,6 \text{ кг}$. Г) $m=0,8 \text{ кг}$. Д) $m=2,2 \text{ кг}$.

213. Choose the unit of measurement of *pressure* of gas p :

- A) Pascal B) Ampere C) Kelvin D) Newton E) Joule

214. What is the physical meaning of the Avogadro constant ?

- A) A number of molecules per 1 kg of a substance. D)...per 1 g of a substance.
B) A number of molecules per 1 m³ of a substance. E)...per 1 mole of a substance.
C) A number of molecules per 1 liter of a substance.

215. A reservoir of $V=20\text{ m}^3$ contains $N=5\cdot 10^3$ molecules of gas. Find out concentration of molecules of gas n .

- A) $n=4\cdot 10^{-3}\text{ m}^{-3}$ B) $n=1\cdot 10^5\text{ m}^{-3}$ C) $n=7.5\cdot 10^4\text{ m}^{-3}$ D) $n=2.5\cdot 10^2\text{ m}^{-3}$ E) $n=5\cdot 10^3\text{ m}^{-3}$

Quantity of substance

216. What of the below particles is *the least* particle of substance which preserves its *chemical properties* ?

- A) Atom B) Electron C) Proton D) Ion E) Molecule

217. What formula can a *molecular mass* M of substance be determined with ? (m_0 is mass of a molecule, N is a total number of molecules, N_A is the Avogadro number, m is a total mass of substance).

- A) $M = \frac{m}{N_A}$. B) $M = \frac{m}{N}$. C) $M = m_0 \cdot N_A$. D) $M = m_0 \cdot N$. E) $M = \frac{m_0}{N}$.

218. What number of molecules N is contained *in one mole* of a substance ?

- A) $N=1.6\cdot 10^{-19}$ B) $N=8.31\cdot 10^3$ C) $N=1.38\cdot 10^{-23}$ D) $N=6.02\cdot 10^{23}$ E) $N=9.11\cdot 10^{-31}$

219. What formula can a total number of molecules of gas in a vessel N be calculated with ?

- A) $N = \frac{m}{M}$ B) $N = \frac{m}{M} \cdot T$ C) $N = \frac{m}{M} \cdot n$ D) $N = \frac{p}{kT}$ E) $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$

220. How many moles ν does mass $m=1\text{ kg}$ of hydrogen contain ? Molar mass of hydrogen is $M=2\cdot 10^{-3}\text{ kg/mole}$.

- A) $\nu=500$ B) $\nu=50$ C) $\nu=15$ D) $\nu=150$ E) $\nu=1500$

221. Determine the mass m of $\nu=50$ moles of carbon dioxide, which molar mass is $M=0.044\text{ kg/mole}$.

- A) $m=12\text{ kg}$ B) $m=5.4\text{ kg}$ C) $m=1.6\text{ kg}$ D) $m=0.8\text{ kg}$ E) $m=2.2\text{ kg}$

222. Який об'єм V займає кількість $\nu=100$ моль ртуті ? (Молярна маса ртуті $M=200,2$ кг/моль, а її густина $\rho=13,6 \cdot 10^3$ кг/м³).

А) $V=1$ л. Б) $V=1,5$ л. В) $V=5$ л. Г) $V=0,1$ л. Д) $V=15$ л.

223. Визначте, скільки молекул N міститься у масі $m=2$ г водяної пари ? (Молярна маса водяної пари $M=18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

А) $N=6,7 \cdot 10^{22}$. Б) $N=2,4 \cdot 10^{23}$. В) $N=8,1 \cdot 10^{21}$. Г) $N=3,6 \cdot 10^{24}$. Д) $N=7,2 \cdot 10^{20}$.

224. У посудині об'ємом $V=8$ м³ містяться $N=4 \cdot 10^{17}$ молекул газу. Визначте концентрацію n молекул цього газу.

А) $n=9 \cdot 10^{19}$ м⁻³. Б) $n=7 \cdot 10^{21}$ м⁻³. В) $n=4 \cdot 10^{20}$ м⁻³. Г) $n=5 \cdot 10^{18}$ м⁻³. Д) $n=2 \cdot 10^{17}$ м⁻³.

225. Визначте масу m_0 однієї молекули вуглекислого газу. ($M=44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

А) $m_0=3,6 \cdot 10^{-25}$ кг Б) $m_0=7,3 \cdot 10^{-26}$ кг В) $m_0=3,6 \cdot 10^{-23}$ кг Г) $m_0=8,1 \cdot 10^{-24}$ кг Д) $4,2 \cdot 10^{-21}$ кг

226. Скільки молекул повітря N міститься в аудиторії, розмірами $V=8 \times 6 \times 4$ м³, при температурі $T=295$ К і тиску $p=10$ Па ? (Стала Больцмана $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).

А) $N=4,7 \cdot 10^{27}$. Б) $N=2,5 \cdot 10^{24}$. В) $N=6,4 \cdot 10^{26}$. Г) $N=7,8 \cdot 10^{25}$. Д) $N=4,2 \cdot 10^{28}$.

549. Скільки молекул N міститься у масі $m=1$ г аміаку NH_3 ? (Молярна маса аміаку $M=17 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

А) $N=2,8 \cdot 10^{25}$. Б) $N=7,4 \cdot 10^{23}$. В) $N=4,6 \cdot 10^{26}$. Г) $N=1,2 \cdot 10^{24}$. Д) $N=3,5 \cdot 10^{22}$.

550. Визначте, скільки атомів N містяться у об'ємі $V=1$ см³ свинцю ? (Молярна маса свинцю $M=207 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, а густина $\rho=11,3$ г/см³).

А) $N=7,4 \cdot 10^{24}$. Б) $N=3,3 \cdot 10^{22}$. В) $N=6,8 \cdot 10^{25}$. Г) $N=2,1 \cdot 10^{23}$. Д) $N=4,6 \cdot 10^{26}$.

551. Газ міститься у балоні об'ємом $V=10$ л під тиском $p=49,8$ МПа при температурі $T=600$ К. Скільки моль ν складає ця кількість газу ?

А) $\nu=250$ моль. Б) $\nu=150$ моль. В) $\nu=100$ моль. Г) $\nu=50$ моль. Д) $\nu=200$ моль.

Молекулярно-кінетична теорія

230. Яка із наведених формул є *основним рівнянням* молекулярно-кінетичної теорії для тиску газу (*рівнянням Клаузіуса*) ?

А) $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$. Б) $p = n \cdot k \cdot T$. В) $p = \frac{1}{3} n m V_{\text{кв}}^2$. Г) $p = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V}$. Д) $p = \frac{RT}{V}$.

222. What volume V do $\nu=100$ moles of mercury occupy ? (Molar mass of mercury is $M=0.2$ kg/mole, and its density is $\rho=13.6 \cdot 10^3$ kg/m³).

- A) $V=1$ l B) $V=1.5$ l C) $V=5$ l D) $V=0.1$ l E) $V=15$ l

223. Determine how many molecules N are contained in mass $m=2$ g of water vapor ? (Molar mass of water vapor is $M=18 \cdot 10^{-3}$ kg/mole).

- A) $N=6.7 \cdot 10^{22}$ B) $N=2.4 \cdot 10^{23}$ C) $N=8.1 \cdot 10^{21}$ D) $N=3.6 \cdot 10^{24}$ E) $N=7.2 \cdot 10^{20}$

224. A vessel $V=8$ m³ in volume contains $N=4 \cdot 10^{17}$ molecules of gas. Find out concentration n of molecules of this gas.

- A) $n=9 \cdot 10^{19}$ m⁻³ B) $n=7 \cdot 10^{21}$ m⁻³ C) $n=4 \cdot 10^{20}$ m⁻³ D) $n=5 \cdot 10^{18}$ m⁻³ E) $n=2 \cdot 10^{17}$ m⁻³

225. Find out the mass m_0 of one molecule of carbon dioxide. ($M=44 \cdot 10^{-3}$ kg/mole).

- A) $m_0=3.6 \cdot 10^{-25}$ kg B) $m_0=7.3 \cdot 10^{-26}$ kg C) $m_0=3 \cdot 10^{-23}$ kg D) $m_0=8.1 \cdot 10^{-24}$ kg E) $4.2 \cdot 10^{-21}$ kg

231. How many molecules N of air are there in a room as large as $V=8 \times 6 \times 4$ m³, at temperature $T=295$ K and pressure $p=10$ Pa ? ($k=1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

- A) $N=4.7 \cdot 10^{27}$ B) $N=2.5 \cdot 10^{24}$ C) $N=6.4 \cdot 10^{26}$ D) $N=7.8 \cdot 10^{25}$ E) $N=4.2 \cdot 10^{28}$

227. How many molecules N are there in mass $m=1$ g of ammonia NH_3 ? (Molar mass of ammonia is $M=17 \cdot 10^{-3}$ kg/mole).

- A) $N=2.8 \cdot 10^{25}$ B) $N=7.4 \cdot 10^{23}$ C) $N=4.6 \cdot 10^{26}$ D) $N=1.2 \cdot 10^{24}$ E) $N=3.5 \cdot 10^{22}$

228. Find out how many atoms N are contained in $V=1$ cm³ of lead. (Molar mass of lead is $M=207 \cdot 10^{-3}$ kg/mole and density is $\rho=11.3$ g/cm³).

- A) $N=7.4 \cdot 10^{24}$ B) $N=3.3 \cdot 10^{22}$ C) $N=6.8 \cdot 10^{25}$ D) $N=2.1 \cdot 10^{23}$ E) $N=4.6 \cdot 10^{26}$

229. Gas is contained in a cylinder of volume $V=10$ l under pressure $p=49.8$ MPa at temperature $T=600$ K. How many moles ν make up this quantity of gas ?

- A) $\nu=250$ moles B) $\nu=150$ moles C) $\nu=100$ moles D) $\nu=50$ moles E) $\nu=200$ moles

Molecular-kinetic theory

230. What formula represents the basic equation of molecular-kinetic theory for gas pressure (the Clausius equation) ?

- A) $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$ B) $p = n \cdot k \cdot T$ C) $p = \frac{1}{3} n m V_{\text{quad}}^2$ D) $p = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V}$ E) $p = \frac{RT}{V}$

231. Тиск ідеального газу $p=2 \cdot 10^{-3}$ Па, а концентрація його молекул $n=2 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$. Визначити середню кінетичну енергію поступального руху однієї молекули $\varepsilon_{\text{сеп}}$.

- А) $\varepsilon_{\text{сеп}}=5,4 \cdot 10^{-20}$ Дж. Б) $\varepsilon_{\text{сеп}}=4,6 \cdot 10^{-18}$ Дж. В) $\varepsilon_{\text{сеп}}=1,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.
Г) $\varepsilon_{\text{сеп}}=2,7 \cdot 10^{-17}$ Дж. Д) $\varepsilon_{\text{сеп}}=8,2 \cdot 10^{-21}$ Дж.

232. Газ масою $m=3$ кг займає об'єм $V=0,5$ л. Середня квадратична швидкість його молекул $V_{\text{кв}}=500$ м/с. Визначте тиск p , здійснюваний газом на стінки посудини.

- А) $p=300$ МПа. Б) $p=400$ МПа. В) $p=100$ МПа. Г) $p=200$ МПа. Д) $p=500$ МПа.

233. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу $V_{\text{кв}}$, якщо газ має масу $m=10$ кг і займає об'єм $V=10 \text{ м}^3$ при тиску $p=30$ кПа.

- А) $V_{\text{кв}}=350$ м/с. Б) $V_{\text{кв}}=400$ м/с. В) $V_{\text{кв}}=250$ м/с. Г) $V_{\text{кв}}=300$ м/с. Д) $V_{\text{кв}}=450$ м/с.

234. Маса молекули водню $m_0=3,3 \cdot 10^{-27}$ кг. Визначте тиск водню p на стінки посудини при концентрації молекул $n=10^{25} \text{ м}^{-3}$ і середній квадратичній швидкості молекул $V_{\text{кв}}=700$ м/с.

- А) $p=5,4$ кПа. Б) $p=8,1$ кПа. В) $p=2,7$ кПа. Г) $p=3,6$ кПа. Д) $p=7,2$ кПа.

235. Визначити середню кінетичну енергію атомів водню у фотосфері Сонця $\varepsilon_{\text{сеп}}$, якщо концентрація атомів становить $n=1,6 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$, а тиск $p=125$ Па.

- А) $\varepsilon_{\text{сеп}}=7,5 \cdot 10^{-21}$ Дж. Б) $\varepsilon_{\text{сеп}}=1,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. В) $\varepsilon_{\text{сеп}}=4,6 \cdot 10^{-17}$ Дж.
Г) $\varepsilon_{\text{сеп}}=8,1 \cdot 10^{-20}$ Дж. Д) $\varepsilon_{\text{сеп}}=3,6 \cdot 10^{-18}$ Дж.

236. При якій температурі T знаходиться ідеальний газ, якщо середня кінетична енергія його молекул $\varepsilon_{\text{сеп}}=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж ?

- А) $T=6570$ К. Б) $T=5290$ К. В) $T=3460$ К. Г) $T=4310$ До. Д) $T=7730$ К.

237. Як змінюється середня квадратична швидкість руху молекул газу $V_{\text{кв}}$ при постійній температурі ?

- А) Залишається постійною. Б) Змінюється при зіткненнях. В) Зростає.
Г) Поступово зменшується. Д) Зміна залежить від тиску газу.

238. Як залежить середня швидкість руху молекул газу $V_{\text{сеп}}$ при однаковій температурі від його молярної маси M ?

- А) Не залежить. Б) $V_{\text{сеп}} \sim M$. В) $V_{\text{сеп}} \sim \frac{1}{M}$. Г) $V_{\text{сеп}} \sim \sqrt{M}$. Д) $V_{\text{сеп}} \sim \frac{1}{\sqrt{M}}$.

231. Ideal gas pressure is $p=2 \cdot 10^{-3}$ Pa, concentration of its molecules is $n=2 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$.

Find out the average kinetic energy of translational motion of one molecule ε_{av} .

- A) $\varepsilon_{av}=5.4 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ B) $\varepsilon_{av}=4.6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ C) $\varepsilon_{av}=1.5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
D) $\varepsilon_{av}=2.7 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ E) $\varepsilon_{av}=8.2 \cdot 10^{-21} \text{ J}$

232. Gas of mass $m=3$ kg occupies volume of $V=0.5$ l. The average quadratic velocity of its molecules is $V_{quad}=500$ m/sec. Find out pressure of gas p on a vessel walls.

- A) $p=300$ MPa B) $p=400$ MPa C) $p=100$ MPa D) $p=200$ MPa E) $p=500$ MPa

233. Find out the average quadratic velocity of gas molecules V_{quad} , if the gas has mass $m=10$ kg and occupies volume of $V=10 \text{ m}^3$ at pressure $p=30$ kPa.

- A) $V_{quad}=350$ m/sec B) $V_{quad}=400$ m/sec C) $V_{quad}=250$ m/sec
D) $V_{quad}=300$ m/sec E) $V_{quad}=450$ m/sec

234. A hydrogen molecule mass is $m_0=3.3 \cdot 10^{-27}$ kg. Calculate hydrogen pressure p on vessels walls at the concentration of molecules $n=10^{25} \text{ m}^{-3}$ and the average quadratic velocity of molecules $V_{quad}=700$ m/sec.

- A) $p=5.4$ kPa B) $p=8.1$ kPa C) $p=2.7$ kPa D) $p=3.6$ kPa E) $p=7.2$ kPa

235. Find out the average kinetic energy of hydrogen atoms in the photosphere of the Sun ε_{aver} , if concentration of atoms is $n=1.6 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3}$ and pressure is $p=125$ Pa.

- A) $\varepsilon_{aver}=7.5 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ B) $\varepsilon_{aver}=1.2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ C) $\varepsilon_{aver}=4.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$
D) $\varepsilon_{aver}=8.1 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ E) $\varepsilon_{aver}=3.6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

236. What temperature T is ideal at if the average kinetic energy of its molecules is $\varepsilon_{aver}=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$?

- A) $T=6570$ K B) $T=5290$ K C) $T=3460$ K D) $T=4310$ K E) $T=7730$ K

237. How does *the average quadratic velocity* of motion of gas molecules V_{aver} at *permanent* temperature?

- A) It remains constant. B) It changes in collisions. C) It increases.
D) It gradually decreases. E) Its change depends on gas pressure.

238. How does *the average velocity* of motion of gas molecules V_{av} at the *equal temperature* depend on its molecular mass M ?

- A) It does no depend on it B) $V_{av} \sim M$ C) $V_{av} \sim \frac{1}{M}$ D) $V_{av} \sim \sqrt{M}$ E) $V_{av} \sim \frac{1}{\sqrt{M}}$.

239. Як залежить *середня швидкість* руху молекул газу $V_{\text{сер}}$ *однакової* молярної маси M від його температури T ?

А) Не залежить. Б) $V_{\text{сер}} \sim T$. В) $V_{\text{сер}} \sim \sqrt{T}$. Г) $V_{\text{сер}} \sim \frac{1}{T}$. Д) $V_{\text{сер}} \sim \frac{1}{\sqrt{T}}$.

240. Для якого із газів середня квадратична швидкість $V_{\text{кв}}$ буде *найбільшою* при *однаковій* температурі T ?

А) Азот. Б) Гелій. В) Кисень. Г) Водень. Д) Для всіх однакова.

241. Температура газу *знизилась* у 2 рази. Як зміниться при цьому величина *середньої швидкості* руху його молекул $V_{\text{сер}}$?

А) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Збільшиться у 2 рази. В) Залишиться незмінною.
Г) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. Д) Зменшиться у 2 рази.

242. Для якого із газів середня квадратична швидкість $V_{\text{кв}}$ буде *найменшою* при *однаковій* температурі?

А) Азот. Б) Гелій. В) Кисень. Г) Водень. Д) Вуглець.

243. Температура газу *підвищилась* у 2 рази. Як при цьому змінилась величина *середньої швидкості* руху його молекул $V_{\text{сер}}$?

А) Збільшилась у 4 рази. Б) Збільшилась у $\sqrt{2}$ разів. В) Збільшилась у 2 рази.
Г) Зменшилась у 2 рази. Д) Не змінилась.

244. При якій температурі T_2 молекули гелію ($M_2=4$ кг/моль) мають *таку ж саму* середню квадратичну швидкість $V_{\text{кв}}$, як і молекули водню ($M_1=2$ кг/моль) при температурі $T_1=15^\circ\text{C}$?

А) $T_2=318$ К. Б) $T_2=742$ К. В) $T_2=464$ К. Г) $T_2=576$ К. Д) $T_2=639$ К.

245. Середня квадратична швидкість молекул кисню $V_{\text{кв}}=600$ м/с. При якій температурі T виконали її вимір? ($M=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

А) $T=614$ К. Б) $T=348$ К. В) $T=462$ К. Г) $T=703$ К. Д) $T=562$ К.

Ізопроееси у газах

246. Які проєеси називають "*ізопроеесами*"?

А) В яких всі параметри газу залишаються постійними.
Б) В яких всі параметри газу змінюються пропорційно.
В) В яких один із параметрів газу залишається постійним.
Г) В яких всі параметри газу змінюються однаково.
Д) В яких два параметри газу залишаються постійними.

239. How does *the average velocity* of motion of gas molecules V_{av} of the equal molecular mass M depend on temperature T ?

A) It does not depend on it. B) $V_{av} \sim T$. C) $V_{av} \sim \sqrt{T}$. D) $V_{av} \sim \frac{1}{T}$. E) $V_{av} \sim \frac{1}{\sqrt{T}}$.

240. For what gases will the average quadratic velocity V_{av} be *the largest at the same* temperature T ?

A) Nitrogen B) Helium C) Oxygen D) Hydrogen E) It is the same for all gases

241. Temperature of gas *decreased* twice. How will the values of the *average velocity* V_{av} of motion of its molecules change?

A) It will decrease $\sqrt{2}$ times B) It will increase 2 times C) It will not change
D) It will increase $\sqrt{2}$ times E) It will decrease 2 times

242. For what gases will the average quadratic velocity V_{av} be *the least at the same* temperature?

A) Nitrogen B) Helium C) Oxygen D) Hydrogen E) Carbon

243. Gas temperature *increased* 2 times. How did the value of the *average quadratic velocity* V_{av} of motion of its molecules change?

A) It increased 4 times B) It increased $\sqrt{2}$ times C) It increased 2 times
D) It decreased 2 times E) It did not change

244. At what temperature T_2 do helium molecules ($M_2=4$ kg/mole) have *the same* average quadratic velocity V_{av} as hydrogen molecules ($M_1=2$ kg/mole) at $T_1=15^\circ\text{C}$?

A) $T_2=318$ K B) $T_2=742$ K C) $T_2=464$ K D) $T_2=576$ K E) $T_2=639$ K

245. The average quadratic velocity of oxygen molecules is $V_{av}=600$ m/sec. At what temperature T was it measured? ($M=32 \cdot 10^{-3}$ kg/mole).

A) $T=614$ K B) $T=348$ K C) $T=462$ K D) $T=703$ K E) $T=562$ K

Isoprocesses in gases

246. What processes are called “isoprocesses”?

A) In which all parameters of a gas are permanent.
B) In which all parameters of a gas change proportionally.
C) In which one of the parameters of a gas is permanent.
D) In which all parameters of a gas change equally.
E) In which two parameters of a gas are permanent.

247. Процес, який протікає в газі при *постійній температурі*, називають:

- А) Адіабатичним. Б) Ізотермічним. В) Ізобаричним.
Г) Ізохоричним. Д) Невідомим.

248. Процес, який протікає в газі при *постійному тиску*, називають:

- А) Адіабатичним. Б) Ізотермічним. В) Ізобаричним.
Г) Ізохоричним. Д) Невідомим.

249. Процес, який протікає в газі при *постійному об'ємі*, називають:

- А) Адіабатичним. Б) Ізотермічним. В) Ізобаричним.
Г) Ізохоричним. Д) Невідомим.

250. Яка із формул характеризує *ізотермічний* процес ?

А) $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$. Б) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. В) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Г) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$. Д) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_1}$.

251. Як зміниться тиск газу p при зменшенні його об'єму V в 3 рази, якщо його температура T залишається незмінною ?

- А) Збільшиться у 9 разів. Б) Збільшиться у 6 разів. В) Зменшиться у 3 рази.
Г) Збільшиться у 3 рази. Д) Залишиться незмінним.

252. Тиск газу в циліндрі об'ємом $V_1=10$ л $p_1=150$ Па. Чому дорівнюватиме тиск газу p_2 , якщо при *постійній* температурі об'єм газу збільшиться до $V_2=15$ л ?

- А) $p_2=100$ Па. Б) $p_2=150$ Па. В) $p_2=50$ Па. Г) $p_2=250$ Па. Д) $p_2=200$ Па.

253. Газ *ізотермічно* стиснули від об'єму $V_1=6$ л до об'єму $V_2=4$ л. Тиск його при цьому підвищився на $\Delta p=2 \cdot 10^3$ Па. Яким був початковий тиск газу p_1 ?

- А) $p_1=8 \cdot 10^3$ Па. Б) $p_1=2 \cdot 10^3$ Па. В) $p_1=6 \cdot 10^3$ Па. Г) $p_1=4 \cdot 10^3$ Па. Д) $p_1=9 \cdot 10^3$ Па.

254. Ідеальний газ займав об'єм $V_1=10$ м³ при тиску $p_1=25$ Па. Потім його об'єм був *ізотермічно* збільшений на $\Delta V=15$ м³. Яким стане при цьому тиск газу в посудині p_2 ?

- А) $p_2=10$ Па. Б) $p_2=15$ Па. В) $p_2=30$ Па. Г) $p_2=5$ Па. Д) $p_2=20$ Па.

255. У скільки разів збільшиться тиск газу p при зменшенні його об'єму V у 9 разів, якщо його температура T залишилася незмінною ?

- А) У 3 рази. Б) У 9 разів. В) У 6 разів. Г) У $\sqrt{3}$ разів. Д) В 18 разів.

247. The process which proceeds in a gas at *constant temperature* is called:

- A) Adiabatic B) Isothermal C) Isobaric
D) Isochoric E) Unknown

248. The process which proceeds in a gas at *constant pressure* is called:

- A) Adiabatic B) Isothermal C) Isobaric
D) Isochoric E) Unknown

249. The process which proceeds in a gas at *constant volume* is called:

- A) Adiabatic B) Isothermal C) Isobaric
D) Isochoric E) Unknown

250. What formula characterizes *isothermal* process ?

A) $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$. B) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. C) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. D) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$. E) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_1}$.

251. How will gas pressure p change in *decreasing* its volume by a factor of 3 if its temperature T is *constant* ?

- A) It will increase 9 times B) It will increase 6 times C) It will decrease 3 times
D) It will increase 3 times E) It will not change

252. Gas pressure p_1 in a cylinder of $V_1=10$ l in volume is 150 Pa. What is gas pressure p_2 equal to, if at constant temperature gas volume increases up to $V_2=15$ l ?

- A) $p_2=100$ Pa B) $p_2=150$ Pa C) $p_2=50$ Pa D) $p_2=250$ Pa E) $p_2=200$ Pa

253. Gas was *isothermally* compressed from $V_1=6$ l up to $V_2=4$ l. Its pressure increased thereat by $\Delta p=2 \cdot 10^3$ Pa. What was initial pressure of gas p_1 ?

- A) $p_1=8 \cdot 10^3$ Pa B) $p_1=2 \cdot 10^3$ Pa C) $p_1=6 \cdot 10^3$ Pa D) $p_1=4 \cdot 10^3$ Pa E) $p_1=9 \cdot 10^3$ Pa

254. Ideal gas occupied volume $V_1=10$ m³ at pressure $p_1=25$ Pa. Then its volume was *isothermally* increased by $\Delta V=15$ m³. Find out gas pressure in a vessel p_2 .

- A) $p_2=10$ Pa B) $p_2=15$ Pa C) $p_2=30$ Pa D) $p_2=5$ Pa E) $p_2=20$ Pa

255. How many times will gas pressure p increase, if its volume V *decreases* 9 times and temperature T is *constant* ?

- A) 3 times B) 9 times C) 6 times D) $\sqrt{3}$ times E) 18 times

256. Об'єм V бульбашки повітря, яка піднімається із дна озера на поверхню, збільшується втричі. Вважаючи температуру води незмінною, визначте глибину озера h . Густина води $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$, атмосферний тиск $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

А) $h = 16 \text{ м}$. Б) $h = 24 \text{ м}$. В) $h = 8 \text{ м}$. Г) $h = 12 \text{ м}$. Д) $h = 20 \text{ м}$.

257. Яка із наведених формул характеризує **ізобаричний** процес ?

А) $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$. Б) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. В) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Г) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$. Д) $\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_2}{T_1}$.

258. Закон Гей-Люссака для **ізобаричного** процесу має такий вигляд:

А) $\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_2}{T_1}$. Б) $V = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$. В) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_1}$. Г) $p = p_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$. Д) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$.

259. Газ нагрівають *при постійному тиску*. Як змінюється при цьому його густина ρ ?

А) $\rho \sim T$. Б) $\rho \sim \sqrt{T}$. В) $\rho = \text{const}$. Г) $\rho \sim \frac{1}{T}$. Д) $\rho \sim T^2$.

260. До якої температури T_2 потрібно нагрівати повітря, взяте при температурі $T_1 = 303 \text{ К}$, щоб його об'єм V збільшився вдвічі, а тиск p залишився *таким самим* ?

А) $T_2 = 404 \text{ К}$. Б) $T_2 = 505 \text{ К}$. В) $T_2 = 606 \text{ К}$. Г) $T_2 = 707 \text{ К}$. Д) $T_2 = 808 \text{ К}$.

261. В циліндрі під поршнем **ізобарично** охолоджується газ об'ємом $V_1 = 10 \text{ л}$ від температури $T_1 = 321 \text{ К}$ до $T_2 = 273 \text{ К}$. Який об'єм V_2 у літрах має охолоджений газ?

А) $V_2 = 8,5 \text{ л}$. Б) $V_2 = 4,8 \text{ л}$. В) $V_2 = 7,2 \text{ л}$. Г) $V_2 = 5,6 \text{ л}$. Д) $V_2 = 6,4 \text{ л}$.

262. До якої температури T_2 треба нагрівати повітря, взяте при температурі $t_1 = 20^\circ\text{С}$, щоб його об'єм V збільшився вдвічі, а тиск p залишився *незмінним* ?

А) $T_2 = 394 \text{ К}$. Б) $T_2 = 586 \text{ К}$. В) $T_2 = 619 \text{ К}$. Г) $T_2 = 313 \text{ К}$. Д) $T_2 = 456 \text{ К}$.

263. Газ, взятий при температурі $t_1 = 0^\circ\text{С}$, нагрівають *при постійному тиску*. На скільки градусів ΔT треба нагріти газ, щоб його об'єм V збільшився у 1,5 рази ?

А) $\Delta T = 252 \text{ К}$. Б) $\Delta T = 346 \text{ К}$. В) $\Delta T = 89 \text{ К}$. Г) $\Delta T = 137 \text{ К}$. Д) $\Delta T = 410 \text{ К}$.

264. У циліндрі під поршнем **ізобарично** нагрівають об'єм $V_1 = 12 \text{ л}$ газу від температури $T_1 = 321 \text{ К}$ до $T_2 = 473 \text{ К}$. Який об'єм V_2 у літрах матиме нагрітий газ ?

А) $V_2 = 21 \text{ л}$. Б) $V_2 = 15 \text{ л}$. В) $V_2 = 27 \text{ л}$. Г) $V_2 = 18 \text{ л}$. Д) $V_2 = 24 \text{ л}$.

256. Volume V of an air bubble rising from a lake bottom increases by a factor of three. If water temperature is considered *as constant*, determine the lake depth h . Water density is $\rho=10^3 \text{ kg/m}^3$, atmospheric pressure is $p_0=10^5 \text{ Pa}$.

- A) $h=16 \text{ m}$ B) $h=24 \text{ m}$ C) $h=8 \text{ m}$ D) $h=12 \text{ m}$ E) $h=20 \text{ m}$

257. What formula characterizes *isobaric* process ?

- A) $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$. B) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. C) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. D) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$. E) $\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_2}{T_1}$.

258. Charles' law for *isobaric* process looks like:

- A) $\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_2}{T_1}$. B) $V=V_0 \cdot (1+\alpha \cdot t)$. C) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_1}$. D) $p=p_0 \cdot (1+\alpha \cdot t)$. E) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$.

259. Gas is heated *at constant pressure*. How does its density ρ change thereat ?

- A) $\rho \sim T$ B) $\rho \sim \sqrt{T}$ C) $\rho = \text{const}$ D) $\rho \sim \frac{1}{T}$. E) $\rho \sim T^2$

260. What temperature T_2 must air taken at $T_1=303 \text{ K}$ be heated to that its volume V will increase 2 times and pressure p will be *the same* ?

- A) $T_2=404 \text{ K}$ B) $T_2=505 \text{ K}$ C) $T_2=606 \text{ K}$ D) $T_2=707 \text{ K}$ E) $T_2=808 \text{ K}$

261. In a cylinder under a piston, gas of $V_1=10 \text{ l}$ in volume is *isobarically* cooled from $T_1=321 \text{ K}$ to $T_2=273 \text{ K}$. What volume V_2 in liters will a cooled gas have ?

- A) $V_2=8.5 \text{ l}$ B) $V_2=4.8 \text{ l}$ C) $V_2=7.2 \text{ l}$ D) $V_2=5.6 \text{ l}$ E) $V_2=6.4 \text{ l}$

262. To what temperature must air taken at $t_1=20^\circ\text{C}$ be heated that its volume will increase 2 times and pressure p will be *the same* ?

- A) $T_2=394 \text{ K}$ B) $T_2=586 \text{ K}$ C) $T_2=619 \text{ K}$ D) $T_2=313 \text{ K}$ E) $T_2=456 \text{ K}$

263. Gas taken at $t_1=0^\circ\text{C}$ is heated *at constant pressure*. How many degrees ΔT must the gas be heated by that its volume V will increase 1.5 times ?

- A) $\Delta T=252 \text{ K}$ B) $\Delta T=346 \text{ K}$ C) $\Delta T=89 \text{ K}$ D) $\Delta T=137 \text{ K}$ E) $\Delta T=410 \text{ K}$

264. In a cylinder under a piston, gas of $V_1=12 \text{ l}$ in volume is *isobarically* heated from $T_1=321 \text{ K}$ to $T_2=273 \text{ K}$. What volume V_2 in liters will a heated gas have ?

- A) $V_2=21 \text{ l}$ B) $V_2=15 \text{ l}$ C) $V_2=27 \text{ l}$ D) $V_2=18 \text{ l}$ E) $V_2=24 \text{ l}$

265. При якій температурі T_1 знаходився газ, якщо при його нагріванні на $\Delta T=40$. К при постійному тиску об'єм газу V збільшився вдвічі?

А) $T_1=40$ К. Б) $T_1=80$ К. В) $T_1=20$ К. Г) $T_1=100$ К. Д) $T_1=60$ К.

266. Яка із формул наведених характеризує **ізохоричний** процес ?

А) $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$. Б) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. В) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Г) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_1}$. Д) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$.

267. Закон Шарля для **ізохоричного** процесу має такий вид:

А) $p=p_0 \cdot (1+\alpha \cdot t)$. Б) $pV = \frac{m}{M} RT$. В) $V=V_0 \cdot (1+\alpha \cdot t)$. Г) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$. Д) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.

268. До якої температури t_2 °С потрібно охолодити повітря, яке приміщене у герметичну посудину при температурі $t_1=21$ °С, щоб тиск газу p зменшився вдвічі?

А) $t_2=-84$ °С. Б) $t_2=-42$ °С. В) $t_2=-21$ °С. Г) $t_2=-126$ °С. Д) $t_2=-63$ °С.

269. У балоні при температурі $t_1=7$ °С знаходився газ під тиском $p_1=100$ кПа. Балон охолодили, і тиск зменшився до $p_2=80$ кПа. На скільки градусів ΔT знизилась температура газу?

А) $\Delta T=92$ К. Б) $\Delta T=128$ К. В) $\Delta T=56$ К. Г) $\Delta T=164$ К. Д) $\Delta T=212$ К.

270. Балон містить газ під тиском $p_1=0,1$ МПа при температурі $T_1=250$ К. На скільки збільшиться тиск у балоні Δp , якщо температуру газу підвищити на $\Delta T=100$ К?

А) $\Delta p=100$ кПа. Б) $\Delta p=60$ кПа. В) $\Delta p=120$ кПа. Г) $\Delta p=80$ кПа. Д) $\Delta p=40$ кПа.

271. У балоні міститься газ при температурі $T_1=280$ К. Його нагрівають на $\Delta T=70$ К і тиск газу збільшується на $\Delta p=600$ кПа. Визначте його початковий тиск p_1 .

А) $p_1=1,2$ МПа. Б) $p_1=2,4$ МПа. В) $p_1=3,6$ МПа. Г) $p_1=4,8$ МПа. Д) $p_1=6,0$ МПа.

272. При якій температурі t_1 °С знаходився газ у **закритій посудині**, якщо при його нагріванні на $\Delta t=140$ °С тиск p в посудині збільшився у 1,5 рази ?

А) $t_1=7$ °С. Б) $t_1=21$ °С. В) $t_1=14$ °С. Г) $t_1=35$ °С. Д) $t_1=28$ °С.

273. До якої температури T_2 нагріли балон із газом, якщо його тиск p збільшився вдвічі, а початкова температура газу t_1 дорівнювала 24 °С ?

А) $T_2=467$ К. Б) $T_2=376$ К. В) $T_2=594$ К. Г) $T_2=48$ К. Д) $T_2=282$ К.

274. Тиск газу у пляшці при температурі $T_1=290$ К становив $p_1=320$ Па. При нагрі-

265. What temperature T_1 was gas at if in its heating by $\Delta T=40$ K at constant pressure gas volume V increased two times ?

- A) $T_1=40$ K B) $T_1=80$ K C) $T_1=20$ K D) $T_1=100$ K E) $T_1=60$ K

266. What formula characterizes *isochoric* process ?

- A) $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$. B) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. C) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. D) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_1}$. E) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$.

267. Charles' law for *isochoric* process looks like:

- A) $p=p_0 \cdot (1+\alpha \cdot t)$. B) $pV = \frac{m}{M} RT$ C) $V=V_0 \cdot (1+\alpha \cdot t)$ D) $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$ E) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

268. What temperature t_2 °C must air in a sealed housed in a vessel at $t_1=21$ °C be cooled to that gas pressure p will decrease *two times*?

- A) $t_2=-84$ °C B) $t_2=-42$ °C C) $t_2=-21$ °C D) $t_2=-126$ °C E) $t_2=-63$ °C

269. Gas was in a vessel at $t_1=7$ °C and at pressure $p_1=100$ kPa. The vessel was cooled and pressure decreased up to $p_2=80$ kPa. By *how many* degrees did gas temperature ΔT decrease?

- A) $\Delta T=92$ K B) $\Delta T=128$ K C) $\Delta T=56$ K D) $\Delta T=164$ K E) $\Delta T=212$ K

270. A vessel contains gas at pressure $p_1=0.1$ MPa and at temperature $T_1=250$ K. By *how many units* will pressure in the vessel Δp increase if temperature rises by $\Delta T=100$ K?

- A) $\Delta p=100$ kPa B) $\Delta p=60$ kPa C) $\Delta p=120$ kPa D) $\Delta p=80$ kPa E) $\Delta p=40$ kPa

271. A vessel contains gas at $T_1=280$ K. It is heated by $\Delta T=70$ K and its pressure increases by $\Delta p=600$ kPa. Find out initial pressure of gas p_1 .

- A) $p_1=1.2$ MPa B) $p_1=2.4$ MPa C) $p_1=3.6$ MPa D) $p_1=4.8$ MPa E) $p_1=6.0$ MPa

272. At what temperature t_1 °C was gas *in a closed vessel* if on its heating by $\Delta t=140$ °C pressure p in the vessel increases by a factor of 1.5 ?

- A) $t_1=7$ °C B) $t_1=21$ °C C) $t_1=14$ °C D) $t_1=35$ °C E) $t_1=28$ °C

273. Up to what temperature T_2 was a vessel with gas heated if its pressure p increased *two times* and *initial* temperature of gas t_1 was 24 °C ?

- A) $T_2=467$ K B) $T_2=376$ K C) $T_2=594$ K D) $T_2=48$ K E) $T_2=282$ K

274. Gas pressure p_1 inside a bottle at temperature $T_1=290$ K was equal to 320 Pa. On co-

ванні її до $T_2=450$ К пробка із пляшки вилетіла. Визначите, при якому тиску p_2 це сталося ?

А) $p_2=712$ Па. Б) $p_2=476$ Па. В) $p_2=384$ Па. Г) $p_2=638$ Па. Д) $p_2=527$ Па.

274. До якої температури T_2 потрібно нагріти повітря, яке знаходиться у *герметичній посудині* при температурі $t_1^0=20^0$ С, щоб тиск газу p_1 збільшився *втричі* ?

А) $T_2=254$ К. Б) $T_2=879$ К. В) $T_2=646$ К. Г) $T_2=60$ К. Д) $T_2=487$ К.

Ідеальний газ

275. Який вид має закон Менделєєва-Клапейрона ?

А) $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$. Б) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. В) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Г) $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$. Д) $p \cdot V = \frac{m}{M} R \cdot T$.

276. Яка із наведених формул є *рівнянням стану ідеального газу* для довільної його кількості ?

А) $pV = \nu RT$. Б) $p = \frac{2}{3} n \varepsilon_{\text{сеп}}$. В) $pV = MRT$. Г) $p = \frac{1}{3} n m V_{\text{кв}}^2$. Д) $pV = RT$.

277. Газ нагрівають при *постійному тиску*. Як змінюється при цьому його густина ρ ?

А) $\rho \sim T$. Б) $\rho \sim \sqrt{T}$. В) $\rho = \text{const}$. Г) $\rho \sim T^2$. Д) $\rho \sim \frac{1}{T}$.

278. Який із вказаних газів має *найбільшу* густину ρ при однакових тиску p і температурі T ?

А) Водень. Б) Азот. В) Метан. Г) Кисень. Д) Гелій.

279. Який із перелічених газів має *найменшу* густину ρ , якщо температура T і тиск p газів *однакові* ?

А) Кисень. Б) Метан. В) Азот. Г) Вуглекислий газ. Д) Водень.

280. Чому дорівнює концентрація молекул ідеального газу n , якщо його температура $t=27^0$ С, а тиск $p=1$ Па ?

А) $n=4,3 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$ Б) $n=2,4 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$ В) $n=1,5 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$ Г) $n=6,4 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}$ Д) $n=8,1 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$

281. Тиск ідеального газу $p=2 \cdot 10^{-3}$ Па, а концентрація його молекул $n=2 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$. Визначити температуру цього газу T .

А) $T=5178$ К. Б) $T=3894$ К. В) $T=6732$ К. Г) $T=4245$ К. Д) $T=7246$ К.

oling the bottle up to $T_2=450$ K a cork took off. Find out the pressure p_2 that happened at.

A) $p_2=712$ Pa B) $p_2=476$ Pa C) $p_2=384$ Pa D) $p_2=638$ Pa E) $p_2=527$ Pa

274. Up to what temperature T_2 must the air *in a sealed vessel* at $t_1^0=20^0\text{C}$ be heated that gas pressure p_1 would increase *three times* ?

A) $T_2=254$ B) $T_2=879$ K C) $T_2=646$ K D) $T_2=60$ K E) $T_2=487$ K

Ideal gas

275. How does *the Mendeleev-Clapeyron* law look like ?

A) $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ B) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ C) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ D) $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$ E) $p \cdot V = \frac{m}{M} R \cdot T$

276. What of the below formulas is *the equation of ideal gas state* for arbitrary quantity of gas ?

A) $pV = \nu RT$ B) $p = \frac{2}{3} n \varepsilon_{\text{aver}}$ C) $pV = MRT$ D) $p = \frac{1}{3} n m V_{\text{quad}}^2$ E) $pV = RT$

277. Gas is heated at *constant pressure*. How does its density ρ change thereat ?

A) $\rho \sim T$ B) $\rho \sim \sqrt{T}$ C) $\rho = \text{const}$ D) $\rho \sim T^2$ E) $\rho \sim \frac{1}{T}$

278. What of the below gases has *the largest* density ρ at *the equal* pressure p and temperature T ?

A) Hydrogen B) Nitrogen C) Methane D) Oxygen E) Helium

279. What of the below gases has *the least* density ρ at *the equal* pressure p and temperature T ?

A) Oxygen B) Methane C) Nitrogen D) Carbon dioxide E) Hydrogen

280. What is the concentration of molecules of an ideal gas n equal to if its temperature is $t=27^0\text{C}$ and pressure $p=1$ Pa ?

A) $n=4.3 \cdot 10^{21} \text{m}^{-3}$ B) $n=2.4 \cdot 10^{20} \text{m}^{-3}$ C) $n=1.5 \cdot 10^{18} \text{m}^{-3}$ D) $n=6.4 \cdot 10^{17} \text{m}^{-3}$ E) $n=8.1 \cdot 10^{19} \text{m}^{-3}$

281. Ideal gas pressure is $p=2 \cdot 10^{-3}$ Pa, concentration of its molecules is $n=2 \cdot 10^{16} \text{m}^{-3}$. Find out the gas temperature T .

A) $T=5178$ K B) $T=3894$ K C) $T=6732$ K D) $T=4245$ K E) $T=7246$ K

282. У балоні міститься газ при температурі $T=200$ К, а концентрація його молекул n складає 25 моль/м³. Визначити тиск цього газу p .

А) $p=1,4 \cdot 10^3$ Па. Б) $p=5,6 \cdot 10^5$ Па. В) $p=4,2 \cdot 10^4$ Па. Г) $p=8,7 \cdot 10^3$ Па. Д) $p=9,8 \cdot 10^4$ Па.

283. Яким стане тиск ідеального газу p_2 при *одночасному* збільшенні його об'єму V і абсолютної температури T у 2 рази, якщо початковий тиск був $p_1=100$ Па ?

А) $p_2=100$ Па. Б) $p_2=50$ Па. В) $p_2=250$ Па. Г) $p_2=200$ Па. Д) $p_2=150$ Па.

284. Визначите густину кисню ρ , який знаходиться під тиском $p=250$ кПа і температурі $T=250$ К. Молярна маса кисню $M=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

А) $\rho=1,42$ кг/м³. Б) $\rho=2,54$ кг/м³. В) $\rho=1,96$ кг/м³. Г) $\rho=4,78$ кг/м³. Д) $\rho=3,85$ кг/м³.

285. Визначити температуру аміаку t масою $m=3$ кг, який міститься у балоні об'ємом $V=0,83$ м³ під тиском $p=4,8 \cdot 10^5$ Па. Молярна маса аміаку $M=17 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Відповідь надати у °С.

А) $t=-10^\circ\text{C}$. Б) $t=+1^\circ\text{C}$. В) $t=0^\circ\text{C}$. Г) $t=-1^\circ\text{C}$. Д) $t=+10^\circ\text{C}$.

286. У посудині об'ємом $V=8,3$ л знаходиться газ при температурі $t=27^\circ\text{C}$. Внаслідок витікання газу, тиск у посудині знизився на $\Delta p=600$ кПа. Скільки молів газу $\Delta \nu$ вийшло із посудини ? Температуру вважати *незмінною*.

А) $\Delta \nu=8$ моль. Б) $\Delta \nu=2$ моль. В) $\Delta \nu=4$ моль. Г) $\Delta \nu=1$ моль. Д) $\Delta \nu=6$ моль.

287. Знайти тиск p $\nu=1$ кіломоля газу, якщо при температурі $t=28^\circ\text{C}$ його об'єм V складає 1 м³.

А) $p=0,5$ МПа. Б) $p=3,0$ МПа. В) $p=1,5$ МПа. Г) $p=2,5$ МПа. Д) $p=2,0$ МПа.

288. Газ, який має тиск $p_1=810$ кПа і температуру $t_1=12^\circ\text{C}$, займає об'єм $V_1=855$ л. Яким буде тиск p_2 , якщо *така ж сама* маса газу m при температурі $T_2=320$ К займе об'єм $V_2=800$ л ?

А) $p_2=675$ кПа. Б) $p_2=763$ кПа. В) $p_2=854$ кПа. Г) $p_2=598$ кПа. Д) $p_2=972$ кПа.

289. Визначити густину ρ двоатомного кисню при тиску $p=5$ МПа і температурі $T=296$ К ? ($M=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

А) $\rho=95$ кг/м³. Б) $\rho=80$ кг/м³. В) $\rho=35$ кг/м³. Г) $\rho=50$ кг/м³. Д) $\rho=65$ кг/м³.

290. Тиск p азоту у посудині дорівнює 4 МПа, а його густина при цьому $\rho=45$ кг/м³. Визначити, якою була його температура T . ($M=28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

А) $T=325$ К. Б) $T=250$ К. В) $T=300$ К. Г) $T=275$ К. Д) $T=350$ К.

282. A vessel contains gas at $T=200$ K, concentration of its molecules n is 25 mole/m^3 . Find out the gas pressure p .

A) $p=1.4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ B) $p=5.6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ C) $p=4.2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ D) $p=8.7 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ E) $p=9.8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

283. What will ideal gas pressure p_2 be at a *simultaneous* increase of its volume V and absolute temperature T by a factor of two if the initial pressure was $p_1=100 \text{ Pa}$?

A) $p_2=100 \text{ Pa}$ B) $p_2=50 \text{ Pa}$ C) $p_2=250 \text{ Pa}$ D) $p_2=200 \text{ Pa}$ E) $p_2=150 \text{ Pa}$

284. Find out density ρ of oxygen which is at pressure $p=250 \text{ kPa}$ and temperature $T=250 \text{ K}$. (Molar mass of oxygen is $M=32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mole}$).

A) $\rho=1.42 \text{ kg/m}^3$ B) $\rho=2.54 \text{ kg/m}^3$ C) $\rho=1.96 \text{ kg/m}^3$ D) $\rho=4.78 \text{ kg/m}^3$ E) $\rho=3.85 \text{ kg/m}^3$

285. Find out temperature t of ammonia of $m=3 \text{ kg}$ in mass which is contained in a vessel of volume $V=0.83 \text{ m}^3$ under pressure $p=4.8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Molar mass of ammonia is $M=17 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mole}$. Answer should be given in $^\circ\text{C}$.

A) $t=-10^\circ\text{C}$ B) $t=+1^\circ\text{C}$ C) $t=0^\circ\text{C}$ D) $t=-1^\circ\text{C}$ E) $t=+10^\circ\text{C}$

286. Gas is in a vessel of $V=8.3 \text{ l}$ in volume at $t=27^\circ\text{C}$. Because of gas flowing-out, pressure in the vessel decreased by $\Delta p=600 \text{ kPa}$. How many moles of gas $\Delta \nu$ flew out of the vessel? Temperature is considered as *constant*.

A) $\Delta \nu=8 \text{ mole}$ B) $\Delta \nu=2 \text{ mole}$ C) $\Delta \nu=4 \text{ mole}$ D) $\Delta \nu=1 \text{ mole}$ E) $\Delta \nu=6 \text{ mole}$

287. Find out pressure p of $\nu=1$ kilomole of gas, if at temperature $t=28^\circ\text{C}$ its volume V is 1 m^3 .

A) $p=0.5 \text{ MPa}$ B) $p=3.0 \text{ MPa}$ C) $p=1.5 \text{ MPa}$ D) $p=2.5 \text{ MPa}$ E) $p=2.0 \text{ MPa}$

288. Gas which has pressure $p_1=810 \text{ kPa}$ and temperature $t_1=12^\circ\text{C}$ occupies volume $V_1=855 \text{ l}$. What will pressure p_2 be if the same mass of gas m at $T_2=320 \text{ K}$ takes volume $V_2=800 \text{ l}$?

A) $p_2=675 \text{ kPa}$ B) $p_2=763 \text{ kPa}$ C) $p_2=854 \text{ kPa}$ D) $p_2=598 \text{ kPa}$ E) $p_2=972 \text{ kPa}$

289. Find out density ρ of two-atom oxygen at pressure $p=5 \text{ MPa}$ and temperature $T=296 \text{ K}$. ($M=32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mole}$).

A) $\rho=95 \text{ kg/m}^3$ B) $\rho=80 \text{ kg/m}^3$ C) $\rho=35 \text{ kg/m}^3$ D) $\rho=50 \text{ kg/m}^3$ E) $\rho=65 \text{ kg/m}^3$

290. Nitrogen pressure p in a vessel is 4 MPa and its density is $\rho=45 \text{ kg/m}^3$. Find out what its temperature T was. ($M=28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mole}$).

A) $T=325 \text{ K}$ B) $T=250 \text{ K}$ C) $T=300 \text{ K}$ D) $T=275 \text{ K}$ E) $T=350 \text{ K}$

291. Визначити тиск p , який здійснює на стінки посудини *чотирьох кіломолей газу*, якщо їхня температура $T=300\text{ К}$, а об'єм $V=4\text{ м}^3$.

А) $p=3,0\text{ МПа}$. Б) $p=2,5\text{ МПа}$. В) $p=4,0\text{ МПа}$. Г) $p=3,5\text{ МПа}$. Д) $p=5,0\text{ МПа}$.

292. Визначити масу азоту m , який знаходиться у балоні об'ємом $V=56\text{ л}$ під тиском $p=3\text{ МПа}$ при температурі $t=13^\circ\text{C}$. ($M=28\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$).

А) $m=2,0\text{ кг}$. Б) $m=1,5\text{ кг}$. В) $m=3,0\text{ кг}$. Г) $m=2,5\text{ кг}$. Д) $m=1,0\text{ кг}$.

293. Визначити *найменший об'єм* балону V , який може вмістити $m=6,5\text{ кг}$ кисню, якщо його стінки при температурі $t=20^\circ\text{C}$ витримують тиск $p=17\text{ МПа}$. $M=32\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$.

А) $V=16\text{ л}$. Б) $V=42\text{ л}$. В) $V=29\text{ л}$. Г) $V=34\text{ л}$. Д) $V=23\text{ л}$.

294. При температурі $t_1=15^\circ\text{C}$ і тиску $p_1=13,3\text{ кПа}$ газ займає об'єм $V_1=2\text{ л}$. Яким стане його тиск p_2 , якщо температуру підвищити до $t_2=30^\circ\text{C}$, а об'єм зменшити до $V_2=1,5\text{ л}$?

А) $p_2=26,4\text{ кПа}$. Б) $p_2=35,5\text{ кПа}$. В) $p_2=11,6\text{ кПа}$. Г) $p_2=18,7\text{ кПа}$. Д) $p_2=42,1\text{ кПа}$.

295. При тиску $p_1=250\text{ кПа}$ і температурі $T_1=250\text{ К}$ кисень займав об'єм $V_1=1,66\text{ м}^3$. Якою стане густина кисню ρ , якщо його об'єм збільшиться до $V_2=8\text{ м}^3$? ($M=32\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$).

А) $\rho=0,8\text{ кг/м}^3$. Б) $\rho=1,6\text{ кг/м}^3$. В) $\rho=3,9\text{ кг/м}^3$. Г) $\rho=2,7\text{ кг/м}^3$. Д) $\rho=0,4\text{ кг/м}^3$.

296. Визначте густину водню ρ при температурі $t=54^\circ\text{C}$ і тиску $p=0,2\text{ МПа}$. (Молярна маса водню $M=2\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$).

А) $\rho=0,25\text{ кг/м}^3$. Б) $\rho=0,3\text{ кг/м}^3$. В) $\rho=0,15\text{ кг/м}^3$. Г) $\rho=0,2\text{ кг/м}^3$. Д) $\rho=0,1\text{ кг/м}^3$.

297. Визначте температуру метану T , який міститься у балоні об'ємом $V=80\text{ л}$ під тиском $p=5,4\text{ МПа}$. Маса метану $m=1,5\text{ кг}$ ($M=16\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$).

А) $T=347\text{ К}$. Б) $T=619\text{ К}$. В) $T=286\text{ К}$. Г) $T=194\text{ К}$. Д) $T=555\text{ К}$.

298. Знайти тиск p *чотирьох кіломолей газу*, якщо при температурі $T=328\text{ К}$ його об'єм V становить 2 м^3 .

А) $p=2,79\text{ кПа}$. Б) $p=4,28\text{ кПа}$. В) $p=1,63\text{ кПа}$. Г) $p=5,45\text{ кПа}$. Д) $p=3,84\text{ кПа}$.

299. У посудині об'ємом $V=100\text{ см}^3$ міститься газ при температурі $t=27^\circ\text{C}$. Визначте, *на скільки знизиться тиск газу в посудині Δp після витікання із неї $\Delta N=10^{20}$ молекул газу*.

291. Find out the pressure p which *four kilo-mole of gas* do on the vessel walls if its temperature is $T=300$ K and volume is $V=4$ m³.

A) $p=3.0$ MPa B) $p=2.5$ MPa C) $p=4.0$ MPa D) $p=3.5$ MPa E) $p=5.0$ MPa

292. Find out the mass m of nitrogen in a vessel of $V=56$ l in volume at pressure $p=3$ MPa and temperature $t=13^{\circ}\text{C}$ ($M=28\cdot 10^{-3}$ kg/mole).

A) $m=2.0$ kg B) $m=1.5$ kg C) $m=3.0$ kg D) $m=2.5$ kg E) $m=1.0$ kg

293. Find out *the least volume* of the vessel V , which contains $m=6.5$ kg of oxygen, if its wall at temperature $t=20^{\circ}\text{C}$ with stand pressure of $p=17$ MPa. ($M=32\cdot 10^{-3}$ kg/mole).

A) $V=16$ l B) $V=42$ l C) $V=29$ l D) $V=34$ l E) $V=23$ l

294. At temperature $t_1=15^{\circ}\text{C}$ and pressure $p_1=13.3$ kPa a gas occupies volume of $V_1=2$ l. What will its pressure p_2 be, if temperature rises up to $t_2=30^{\circ}\text{C}$ and volume decreases up to $V_2=1.5$ l?

A) $p_2=26.4$ kPa B) $p_2=35.5$ kPa C) $p_2=11.6$ kPa D) $p_2=18.7$ kPa E) $p_2=42.1$ kPa

295. At pressure $p_1=250$ kPa and temperature $T_1=250$ K oxygen occupied the volume $V_1=1.66$ m³. What will oxygen density ρ be if its volume increases up to $V_2=8$ m³? ($M=32\cdot 10^{-3}$ kg/mole).

A) $\rho=0.8$ kg/m³ B) $\rho=1.6$ kg/m³ C) $\rho=3.9$ kg/m³ D) $\rho=2.7$ kg/m³ E) $\rho=0.4$ kg/m³

296. Find out density of hydrogen ρ at temperature $t=54^{\circ}\text{C}$ and pressure $p=0.2$ MPa. (Molar mass of hydrogen is $M=2\cdot 10^{-3}$ kg/mole).

A) $\rho=0.25$ kg/m³ B) $\rho=0.3$ kg/m³ C) $\rho=0.15$ kg/m³ D) $\rho=0.2$ kg/m³ E) $\rho=0.1$ kg/m³

297. Find out temperature of methane T in a vessel of $V=80$ l in volume and at pressure $p=5.4$ MPa. Methane mass is $m=1.5$ kg. ($M=16\cdot 10^{-3}$ kg/mole).

A) $T=347$ K B) $T=619$ K C) $T=286$ K D) $T=194$ K E) $T=555$ K

298. Find out pressure p of *four kilo-moles* of gas, if at temperature $T=328$ K its volume V is 2 m³.

A) $p=2.79$ kPa B) $p=4.28$ kPa C) $p=1.63$ kPa D) $p=5.45$ kPa E) $p=3.84$ kPa

299. A vessel of $V=100$ cm³ in volume contains a gas at $t=27^{\circ}\text{C}$. Find out by how many units will pressure of the gas Δp in the vessel decrease, when $\Delta N=10^{20}$ molecules of gas flew out.

А) $\Delta p = 5,6$ кПа. Б) $\Delta p = 3,4$ кПа. В) $\Delta p = 1,9$ кПа. Г) $\Delta p = 2,7$ кПа. Д) $\Delta p = 4,1$ кПа.

300. Газ, який має тиск $p_1 = 540$ кПа і температуру $t_1 = 24^\circ\text{C}$, займає об'єм $V_1 = 72$ л. Яким стане тиск p_2 , якщо та ж маса газу при температурі $T_2 = 328$ К займе об'єм $V_2 = 64$ л ?

А) $p_2 = 484$ кПа. Б) $p_2 = 296$ кПа. В) $p_2 = 671$ кПа. Г) $p_2 = 319$ кПа. Д) $p_2 = 568$ кПа.

301. У балоні міститься $m_1 = 4$ кг газу при температурі $T_1 = 270$ К. Яку масу газу Δm треба видалити із балону, щоб при нагріванні до температури $T_2 = 300$ К тиск p залишився *тим самим* ?

А) $\Delta m = 0,4$ кг. Б) $\Delta m = 1,2$ кг. В) $\Delta m = 2,4$ кг. Г) $\Delta m = 1,8$ кг. Д) $\Delta m = 0,8$ кг.

302. У посудині об'ємом $V = 4,2$ л знаходиться газ при температурі $t = 18^\circ\text{C}$. Внаслідок витікання газу, тиск у посудині знизився на $\Delta p = 800$ кПа. Скільки молів газу $\Delta \nu$ вийшло із посудини ? Температуру газу T вважати *незмінною*.

А) $\Delta \nu = 2,8$ моль. Б) $\Delta \nu = 1,4$ моль. В) $\Delta \nu = 0,7$ моль. Г) $\Delta \nu = 2,1$ моль. Д) $\Delta \nu = 3,5$ моль.

303. Яка частина газу по масі відносно початкової його кількості $\Delta m/m_1$ витекла із балону, якщо тиск у ньому зменшився від $p_1 = 10$ МПа до $p_2 = 8$ МПа ?

А) $\Delta m/m_1 = 0,2$. Б) $\Delta m/m_1 = 0,4$. В) $\Delta m/m_1 = 0,1$. Г) $\Delta m/m_1 = 0,5$. Д) $\Delta m/m_1 = 0,3$.

Основи термодинаміки

304. Як залежить *внутрішня енергія* ідеального газу U від його *температури* T ?

А) $U \sim T^2$. Б) $U \sim T$. В) $U \sim \sqrt{T}$. Г) $U \sim \frac{1}{T}$. Д) $U = \text{const}$.

305. Як залежить *внутрішня енергія* ідеального газу U від *концентрації* його молекул n ?

А) $U \sim n^2$. Б) $U \sim n$. В) $U \sim \sqrt{n}$. Г) $U \sim \frac{1}{n}$. Д) $U = \text{const}$.

306. При якому із процесів внутрішня енергія системи U *не змінюється* ?

А) При ізобаричному. Б) При ізохоричному. В) При ізотермічному.
Г) При адіабатичному. Д) При довільному.

307. Тиск ідеального газу $p = 2 \cdot 10^{-3}$ Па, а концентрація його молекул $n = 2 \cdot 10^{16}$ м⁻³. Визначте середню кінетичну енергію $\varepsilon_{\text{сеп}}$ поступального руху молекул цього газу.

А) $\varepsilon_{\text{сеп}} = 7,8 \cdot 10^{-16}$ Дж. Б) $\varepsilon_{\text{сеп}} = 1,5 \cdot 10^{-19}$ Дж. В) $\varepsilon_{\text{сеп}} = 6,3 \cdot 10^{-18}$ Дж.
Г) $\varepsilon_{\text{сеп}} = 2,7 \cdot 10^{-17}$ Дж. Д) $\varepsilon_{\text{сеп}} = 4,2 \cdot 10^{-20}$ Дж.

A) $\Delta p=5.6$ kPa B) $\Delta p=3.4$ kPa C) $\Delta p=1.9$ kPa D) $\Delta p=2.7$ kPa E) $\Delta p=4.1$ kPa

300. Gas which has pressure $p_1=540$ kPa and temperature $t_1=24^\circ\text{C}$ occupies a volume of $V_1=72$ l. What will pressure p_2 be if *the same mass* of gas at temperature $T_2=328$ K occupies the volume $V_2=64$ l ?

A) $p_2=484$ kPa B) $p_2=296$ kPa C) $p_2=671$ kPa D) $p_2=319$ kPa E) $p_2=568$ kPa

301. A vessel contains $m_1=4$ kg of gas at temperature $T_1=270$ K. What mass Δm of gas should be taken out of the vessel, that in heating up to temperature $T_2=300$ K the pressure p will be *the same* ?

A) $\Delta m=0.4$ kg B) $\Delta m=1.2$ kg C) $\Delta m=2.4$ kg D) $\Delta m=1.8$ kg E) $\Delta m=0.8$ kg

302. A vessel of $V=4.2$ l in volume contains a gas at temperature $t=18^\circ\text{C}$. Because of gas outflow, pressure in the vessel decreased by $\Delta p=800$ kPa. How many moles of gas $\Delta \nu$ flew out of the vessel ? Considered temperature T as *constant*.

A) $\Delta \nu=2.8$ mole B) $\Delta \nu=1.4$ mole C) $\Delta \nu=0.7$ mole D) $\Delta \nu=2.1$ mole E) $\Delta \nu=3.5$ mole

303. What part of gas in mass relative to its initial quantity $\Delta m/m_1$ flew out of a vessel, if pressure in the vessel decreased from $p_1=10$ MPa to $p_2=8$ MPa ?

A) $\Delta m/m_1=0.2$ B) $\Delta m/m_1=0.4$ C) $\Delta m/m_1=0.1$ D) $\Delta m/m_1=0.5$ E) $\Delta m/m_1=0.3$

Fundamental thermodynamics

304. How does *internal energy* of an ideal gas U depend on its *temperature* T ?

A) $U \sim T^2$ B) $U \sim T$ C) $U \sim \sqrt{T}$ D) $U \sim \frac{1}{T}$ E) $U = \text{const}$

305. How does *internal energy* of an ideal gas U depend on the *concentration* of its molecules n ?

A) $U \sim n^2$ B) $U \sim n$ C) $U \sim \sqrt{n}$ D) $U \sim \frac{1}{n}$ E) $U = \text{const}$

306. At what of the below processes will internal energy of a system U *not change* ?

A) Isobaric B) Isochoric C) Isothermal
D) Adiabatic E) Arbitrary

307. Ideal gas pressure is $p=2 \cdot 10^{-3}$ Pa, concentration of its molecules is $n=2 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$. Find out the average kinetic energy $\varepsilon_{\text{aver}}$ of *translational* motion of the gas molecules.

A) $\varepsilon_{\text{aver}}=7.8 \cdot 10^{-16}$ J B) $\varepsilon_{\text{aver}}=1.5 \cdot 10^{-19}$ J C) $\varepsilon_{\text{aver}}=6.3 \cdot 10^{-18}$ J
D) $\varepsilon_{\text{aver}}=2.7 \cdot 10^{-17}$ J E) $\varepsilon_{\text{aver}}=4.2 \cdot 10^{-20}$ J

308. Знайти внутрішню енергію U *одноатомного* ідеального газу масою $m=80$ г, молярна маса якого $M=4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, при температурі $t=27^\circ\text{C}$.

А) $U=150$ кДж. Б) $U=75$ кДж. В) $U=50$ кДж. Г) $U=25$ кДж. Д) $U=100$ кДж.

309. Знайти зміну внутрішньої енергії ΔU *одного моля* одноатомного ідеального газу, якщо він *ізобарично* розширився при тиску $p=500$ кПа від об'єму $V_1=10$ л до об'єму $V_2=20$ л.

А) $\Delta U=10$ кДж. Б) $\Delta U=2,5$ кДж. В) $\Delta U=5$ кДж. Г) $\Delta U=7,5$ кДж. Д) $\Delta U=15$ кДж.

310. Укажіть одиницю виміру *кількості теплоти* Q :

А) K (Кельвін). Б) $Вт$ (Ват). В) $Н$ (Ньютон). Г) $Дж$ (Джоуль). Д) $Па$ (Паскаль).

311. До якого із перелічених процесів у ідеальному газі застосовна формула для визначення *кількості теплоти* : $Q = p \cdot \Delta V$?

А) Ізохоричного. Б) Ізотермічного. В) Адіабатичного.
Г) Ізобаричного. Д) Довільного.

312. До маси $m_1=100$ кг води при температурі $T_1=373$ К додали масу $m_2=200$ кг води при температурі $T_2=283$ К. Визначити температуру їхньої суміші θ .

А) $\theta=302$ К. Б) $\theta=313$ К. В) $\theta=328$ К. Г) $\theta=336$ К. Д) $\theta=351$ К.

313. Яка кількість теплоти Q потрібна для перетворення $m=5$ кг льоду, взятого при температурі $t=0^\circ\text{C}$, у воду *цієї ж* температури ? Питома теплота плавлення льоду $\lambda=330$ кДж/кг.

А) $Q=1200$ кДж Б) $Q=1350$ кДж В) $Q=1500$ кДж Г) $Q=1650$ кДж Д) $Q=1800$ кДж

314. Яку кількість теплоти Q треба витратити, щоб розплавити $m=2$ кг свинцю, взятого при температурі його плавлення. Питома теплота плавлення $\lambda=25$ кДж/кг.

А) $Q=125$ кДж. Б) $Q=25$ кДж. В) $Q=50$ кДж. Г) $Q=75$ кДж. Д) $Q=100$ кДж.

315. Щоб розплавити кристалічне тіло масою $m=3$ кг, яке знаходиться *при температурі плавлення*, витратили $Q=9$ кДж теплоти. Знайти питому теплоту плавлення матеріалу цього тіла.

А) $\lambda=18$ кДж/кг Б) $\lambda=3$ кДж/кг В) $\lambda=9$ кДж/кг Г) $\lambda=27$ кДж/кг Д) $\lambda=12$ кДж/кг

316. Свинцева куля летить зі швидкістю $V=250$ м/с. На скільки зміниться температура кулі Δt , якщо *вся* кінетична енергія при ударі піде на її нагрівання Q ? Питома теплоємність свинцю $c=100$ Дж/кг·К.

А) $\Delta t=89$ К. Б) $\Delta t=126$ К. В) $\Delta t=182$ К. Г) $\Delta t=254$ К. Д) $\Delta t=312$ К.

308. Find out internal energy U of one-atom ideal gas of mass $m=80$ g, its molar mass is $M=4 \cdot 10^{-3}$ kg/mole at $t=27^\circ\text{C}$.

- A) $U=150$ kJ B) $U=75$ kJ C) $U=50$ kJ D) $U=25$ kJ E) $U=100$ kJ

309. Find out how internal energy ΔU of one mole of one-atom ideal gas will change, if it has *isobarically* extended at $p=500$ kPa from $V_1=10$ l to $V_2=20$ l.

- A) $\Delta U=10$ kJ B) $\Delta U=2.5$ kJ C) $\Delta U=5$ kJ D) $\Delta U=7.5$ kJ E) $\Delta U=15$ kJ

310. Tick a unit of measurement of heat Q :

- A) K (Kelvin) B) W (Watt) C) N (Newton) D) J (Joule) E) Pa (Pascal)

311. What of the below process in ideal gas is the formula to calculate heat $Q=p \cdot \Delta V$ applied to ?

- A) Isochoric B) Isothermal C) Adiabatic
D) Isobaric E) Arbitrary

312. A mass of water $m_1=100$ kg at temperature $T_1=373$ K was added with mass of water $m_2=200$ kg at $T_2=283$ K. Find out the temperature of the mixture θ obtained.

- A) $\theta=302$ K B) $\theta=313$ K C) $\theta=328$ K D) $\theta=336$ K E) $\theta=351$ K

313. What heat Q is needed to transform $m=5$ kg of ice taken at $t=0^\circ\text{C}$ into water of the same temperature ? Specific heat of ice melting is $\lambda=330$ kJ/kg.

- A) $Q=1200$ kJ B) $Q=1350$ kJ C) $Q=1500$ kJ D) $Q=1650$ kJ E) $Q=1800$ kJ

314. What quantity of heat Q is required to melt $m=2$ kg of lead taken at the temperature of its melting. Specific heat of lead melting is $\lambda=25$ kJ/kg.

- A) $Q=125$ kJ B) $Q=25$ kJ C) $Q=50$ kJ D) $Q=75$ kJ E) $Q=100$ kJ

315. To melt a crystalline body of mass $m=3$ kg, which is at melting temperature, $Q=9$ kJ of heat was consumed. Find out specific heat of melting λ of this body material.

- A) $\lambda=18$ kJ/kg B) $\lambda=3$ kJ/kg C) $\lambda=9$ kJ/kg D) $\lambda=27$ kJ/kg E) $\lambda=12$ kJ/kg

316. A lead bullet flies at a velocity $V=250$ m/sec. How will the bullet temperature Δt change, if the whole kinetic impact energy is consumed to heat it Q ? Specific heat capacity of lead is $c=100$ J/kg·K.

- A) $\Delta t=89$ K B) $\Delta t=126$ K C) $\Delta t=182$ K D) $\Delta t=254$ K E) $\Delta t=312$ K

317. Молот масою $m=10$ т падає з висоти $h=2,5$ м на залізну болванку. Яка кількість теплоти Q виділяється при одному ударі молота об неї ?

А) $Q=250$ кДж Б) $Q=500$ кДж В) $Q=750$ кДж Г) $Q=1000$ кДж Д) $Q=1250$ кДж

318. На скільки градусів Δt температура води біля підніжжя водоспаду заввишки $H=120$ м більше, ніж на його вершині, якщо на її нагрівання витрачається 50% роботи A здійсненої силою тяжіння при її падінні ? Питомо теплоємність води $c=4190$ Дж/кг·К.

А) $\Delta t=0,03^{\circ}\text{C}$. Б) $\Delta t=0,11^{\circ}\text{C}$. В) $\Delta t=0,07^{\circ}\text{C}$. Г) $\Delta t=0,14^{\circ}\text{C}$. Д) $\Delta t=0,18^{\circ}\text{C}$.

319. На скільки градусів Δt нагріється шматочок свинцю, якщо він упав з висоти $h=25$ м, а на його нагрівання піде 60% всієї теплоти Q , яка виділиться при ударі. Питомо теплоємність свинцю $c=126$ Дж/кг·К.

А) $\Delta t=0,6^{\circ}\text{C}$. Б) $\Delta t=1,5^{\circ}\text{C}$. В) $\Delta t=0,9^{\circ}\text{C}$. Г) $\Delta t=0,3^{\circ}\text{C}$. Д) $\Delta t=1,2^{\circ}\text{C}$.

320. Яку масу води m_1 , узятої при $t_1=14^{\circ}\text{C}$, можна нагріти до $t_2=50^{\circ}\text{C}$ при спалюванні $m_2=30$ г спирту, якщо на її нагрівання піде *вся* теплота Q , яка виділилась. Питомо теплота згоряння спирту $q=29$ МДж/кг, питома теплоємність води $c=4200$ Дж/кг·К.

А) $m_1=6,4$ кг. Б) $m_1=7,1$ кг. В) $m_1=3,6$ кг. Г) $m_1=5,8$ кг. Д) $m_1=4,2$ кг.

321. Потяг масою $M=3000$ т, який рухався зі швидкістю $V_0=36$ км/год, гальмує до повної зупинки. Яка кількість теплоти Q виділилась у гальмах ?

А) $Q=50$ МДж Б) $Q=125$ МДж В) $Q=150$ МДж Г) $Q=75$ МДж Д) $Q=100$ МДж

322. На скільки градусів Δt нагріється вода у склянці об'ємом $V=200$ см³, якщо їй надати кількість $Q=10$ Дж теплоти ? Густина води $\rho=10^3$ кг/м³, а її питома теплоємність $c=4200$ Дж/кг·К.

А) $\Delta t=0,04^{\circ}\text{C}$. Б) $\Delta t=0,01^{\circ}\text{C}$. В) $\Delta t=0,03^{\circ}\text{C}$. Г) $\Delta t=0,05^{\circ}\text{C}$. Д) $\Delta t=0,02^{\circ}\text{C}$.

323. Свинцева куля летить зі швидкістю $V_0=160$ м/с. На скільки градусів Δt зміниться температура кулі, якщо *вся* її кінетична енергія E_k при ударі піде на її нагрівання Q ? Питомо теплоємність свинцю $c=100$ Дж/кг·К.

А) $\Delta t=76^{\circ}\text{C}$. Б) $\Delta t=64^{\circ}\text{C}$. В) $\Delta t=112^{\circ}\text{C}$. Г) $\Delta t=96^{\circ}\text{C}$. Д) $\Delta t=128^{\circ}\text{C}$.

324. Яку кількість теплоти Q треба витратити, щоб воду масою $m=40$ г нагріти від температури $t_1=16^{\circ}\text{C}$ до $t_2=18^{\circ}\text{C}$? Питомо теплоємність води $c=4,2$ кДж/кг·К.

А) $Q=149$ Дж. Б) $Q=189$ Дж. В) $Q=336$ Дж. Г) $Q=583$ Дж. Д) $Q=438$ Дж.

317. A hammer of mass $m=10$ t falls down from $h=2.5$ m onto an iron ingot. What amount of heat Q is released in one rap of a hammer on an ingot ?

- A) $Q=250$ kJ B) $Q=500$ kJ C) $Q=750$ kJ D) $Q=1000$ kJ E) $Q=1250$ kJ

318. How many degrees Δt is the temperature of water at the bottom of a waterfall of height $H=120$ m higher than at its top if to heat it there is consumed 50% of work A performed by the gravitational force in water fall ? Specific heat capacity of water is $c=4190$ J/kg·K.

- A) $\Delta t=0,03^{\circ}\text{C}$ B) $\Delta t=0,11^{\circ}\text{C}$ C) $\Delta t=0,07^{\circ}\text{C}$ D) $\Delta t=0,14^{\circ}\text{C}$ E) $\Delta t=0,18^{\circ}\text{C}$

319. On how many degrees Δt will a piece of lead get hot, if it falls own from height $h=25$ m and to heat it 60% of the whole heat is consumed. Specific heat capacity of lead is $c=126$ J/kg·K.

- A) $\Delta t=0,6^{\circ}\text{C}$ B) $\Delta t=1,5^{\circ}\text{C}$ C) $\Delta t=0,9^{\circ}\text{C}$ D) $\Delta t=0,3^{\circ}\text{C}$ E) $\Delta t=1,2^{\circ}\text{C}$

320. What mass of water m_1 , taken at $t_1=14^{\circ}\text{C}$, can be heated up to $t_2=50^{\circ}\text{C}$ in burning $m_2=30$ g of spirit, if to heat it *the whole* released heat is consumed Q ? Specific heat of spirit burning is $q=29$ MJ/kg. Specific heat capacity of water is $c=4200$ J/kg·K.

- A) $m_1=6.4$ kg B) $m_1=7.1$ kg C) $m_1=3.6$ kg D) $m_1=5$ 8 kg E) $m_1=4.2$ kg

321. A train of mass $M=3000$ t, which was moving at a velocity $V_0=36$ km/h, is applying the brake up to *a full stop*. What amount of heat Q was released in the brakes ?

- A) $Q=50$ MJ B) $Q=125$ MJ C) $Q=150$ MJ D) $Q=75$ MJ E) $Q=100$ MJ

322. On how many degrees Δt will water in a glass of $V=200$ cm³ in volume get warm if $Q=10$ J of heat is given to it ? Water density is $\rho=10^3$ kg/m³, and its specific heat capacity is $c=4200$ J/kg·K.

- A) $\Delta t=0.04^{\circ}\text{C}$ B) $\Delta t=0.01^{\circ}\text{C}$ C) $\Delta t=0.03^{\circ}\text{C}$ D) $\Delta t=0.05^{\circ}\text{C}$ E) $\Delta t=0.02^{\circ}\text{C}$

323. A lead bullet flies at a velocity $V_0=160$ m/sec. On how many degrees Δt will the bullet temperature change, if its *whole* kinetic energy E_k in an impact is consumed to heat it Q ? Specific heat capacity of lead is $c=100$ J/kg·K.

- A) $\Delta t=76^{\circ}\text{C}$ B) $\Delta t=64^{\circ}\text{C}$ C) $\Delta t=112^{\circ}\text{C}$ D) $\Delta t=96^{\circ}\text{C}$ E) $\Delta t=128^{\circ}\text{C}$

324. What amount of heat Q is to be consumed to heat water of mass $m=40$ g from temperature $t_1=16^{\circ}\text{C}$ to $t_2=18^{\circ}\text{C}$? Specific heat capacity of water is $c=4.2$ kJ/kg·K.

- A) $Q=149$ J B) $Q=189$ J C) $Q=336$ J D) $Q=583$ J E) $Q=438$ J

325. Яка кількість теплоти Q виділиться при охолодженні води масою $m=0,5$ кг від $t_1=80^\circ\text{C}$ до $t_2=60^\circ\text{C}$? Питома теплоємність води $c=4,2$ кДж/кг К.

А) $Q=54$ кДж. Б) $Q=36$ кДж. В) $Q=28$ кДж. Г) $Q=42$ кДж. Д) $Q=63$ кДж.

326. Щоб охолодити воду масою $m_1=2$ кг, взятую при температурі $t_1=80^\circ\text{C}$ до температури $t_2=60^\circ\text{C}$, додають холодну воду при температурі $t_3=10^\circ\text{C}$. Яку масу холодної води m_2 треба взяти ?

А) $m_2=0,4$ кг. Б) $m_2=0,8$ кг. В) $m_2=1,2$ кг. Г) $m_2=1,6$ кг. Д) $m_2=2,0$ кг.

327. Для приготування ванни змішали $m_1=80$ кг холодної води при температурі $t_1=10^\circ\text{C}$ із гарячою водою при температурі $t_2=60^\circ\text{C}$. Визначте масу суміші M , якщо її температура $\theta=40^\circ\text{C}$?

А) $M=180$ кг. Б) $M=120$ кг. В) $M=200$ кг. Г) $M=160$ кг. Д) $M=140$ кг.

328. На яку висоту h можна було б підняти вантаж масою $m_1=1$ т, якщо вдалося б повністю використувати енергію, яка звільняється при охолодженні води масою $m_2=1$ кг від температури $t_1=100^\circ\text{C}$ до $t_2=20^\circ\text{C}$? Питома теплоємність води $c=4200$ Дж/кг·К.

А) $h=5,6$ м. Б) $h=7,2$ м. В) $h=3,4$ м. Г) $h=4,5$ м. Д) $h=6,8$ м.

329. У каструлю налили холодної води при температурі $t_1=10^\circ\text{C}$ і поставили на плиту. Через проміжок часу $\tau_1=10$ мін вода закипіла. Через який час після цього τ_2 вода *повністю википить*, якщо втратами енергії знехтувати ? Питома теплоємність води $c=4200$ Дж/кг·К, а питома теплота її пароутворення $r=22,6 \cdot 10^5$ Дж/кг.

А) $\tau_2=50$ хв. Б) $\tau_2=30$ хв. В) $\tau_2=20$ хв. Г) $\tau_2=40$ хв. Д) $\tau_2=60$ хв.

330. Змішують *рівні по масі* кількості води при температурі $t_1=90^\circ\text{C}$ і льоду при температурі $t_2=-40^\circ\text{C}$. Якою буде кінцева температура суміші θ ? Питома теплоємність води $c_1=4 \cdot 10^3$ Дж/кг·К, а льоду $c_2=2 \cdot 10^3$ Дж/кг·К, питома теплота плавлення льоду $\lambda=3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

А) $\theta=24^\circ\text{C}$. Б) $\theta=11^\circ\text{C}$. В) $\theta=18^\circ\text{C}$. Г) $\theta=21^\circ\text{C}$. Д) $\theta=14^\circ\text{C}$.

331. Залізну кульку радіусом $r=1$ см, нагріту до температури $t_1=120^\circ\text{C}$, поклали на лід, взятий при $t_2=0^\circ\text{C}$. На яку глибину h зануриться кулька у лід при її охолодженні ? Для заліза $\rho_3=7900$ кг/м³, $c_3=500$ Дж/кг·К, для води $\rho_6=10^3$ кг/м³, для льоду $\lambda_{\text{л}}=335$ Дж/кг.

А) $h=12$ см. Б) $h=36$ см. В) $h=24$ см. Г) $h=19$ см. Д) $h=30$ см.

332. Чому дорівнює робота A , здійснювана газом при *ізохорному процесі*?

А) $A = \frac{m}{M} \cdot C_v \cdot \Delta T$. Б) $A=0$. В) $A = \frac{m}{M} RT \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$. Г) $A = p \cdot \Delta V$. Д) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$.

325. What amount of heat Q will be released in cooling water of mass $m=0.5$ kg from temperature $t_1=80^\circ\text{C}$ to $t_2=60^\circ\text{C}$? Specific heat capacity of water is $c=4.2$ kJ/kg·K.

- A) $Q=54$ kJ B) $Q=36$ kJ C) $Q=28$ kJ D) $Q=42$ kJ E) $Q=63$ kJ

326. To cool water of mass $m_1=2$ kg take at temperature $t_1=80^\circ\text{C}$ up to temperature $t_2=60^\circ\text{C}$, cold water at $t_3=10^\circ\text{C}$ is added. What mass of cold water m_2 is to be taken ?

- A) $m_2=0.4$ kg B) $m_2=0.8$ kg C) $m_2=1.2$ kg D) $m_2=1.6$ kg E) $m_2=2.0$ kg

327. To prepare a bath they mixed $m_1=80$ kg of cold water at temperature $t_1=10^\circ\text{C}$ and hot water at temperature $t_2=60^\circ\text{C}$. Find out the mass of the *mixture* M , if its temperature is $\theta=40^\circ\text{C}$?

- A) $M=180$ kg B) $M=120$ kg C) $M=200$ kg D) $M=160$ kg E) $M=140$ kg

328. At what height h could a load of mass $m_1=1$ t be lifted, if the energy which is released in cooling water of mass $m_2=1$ kg from temperature $t_1=100^\circ\text{C}$ to $t_2=20^\circ\text{C}$ could be completely consumed ? Specific heat capacity of water is $c=4200$ J/kg·K.

- A) $h=5.6$ m B) $h=7.2$ m C) $h=3.4$ m D) $h=4.5$ m E) $h=6.8$ m

329. A pan was filled with cold water at temperature $t_1=10^\circ\text{C}$ and put on an oven. In $\tau_1=10$ min the water boiled. In what time τ_2 after this will the water *boil completely away*, if energy losses can be neglected ? Specific heat capacity of water is $c=4200$ J/kg·K. Specific heat of its vaporization is $r=22.6\cdot 10^5$ J/kg.

- A) $\tau_2=50$ min B) $\tau_2=30$ min C) $\tau_2=20$ min D) $\tau_2=40$ min E) $\tau_2=60$ min

330. *Equal in mass* quantities of water at $t_1=90^\circ\text{C}$ and ice at temperature $t_2=-40^\circ\text{C}$ are mixed. What will the final temperature of this mixture be θ ? Specific heat capacity of water is $c_1=4\cdot 10^3$ J/kg·K, of ice – $c_2=2\cdot 10^3$ J/kg·K, specific heat of ice melting is $\lambda=3.3\cdot 10^5$ J/kg.

- A) $\theta=24^\circ\text{C}$ B) $\theta=11^\circ\text{C}$ C) $\theta=18^\circ\text{C}$ D) $\theta=21^\circ\text{C}$ E) $\theta=14^\circ\text{C}$

331. An iron ball of $r=1$ cm in radius heated up to temperature $t_1=120^\circ\text{C}$ was put on ice taken at $t_2=0^\circ\text{C}$. At what depth h will the ball sink into ice in its cooling ? For iron $\rho_b=7900$ kg/m³, $c_b=500$ J/kg·K, for water $\rho_s=10^3$ kg/m³, for ice $\lambda_i=335$ J/kg.

- A) $h=12$ cm B) $h=36$ cm C) $h=24$ cm D) $h=19$ cm E) $h=30$ cm

332. What is work A performed by gas in the *isochoric process* ?

- A) $A=\frac{m}{M}\cdot C_v\cdot \Delta T$. B) $A=0$ C) $A=\frac{m}{M}RT\cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$ D) $A=p\cdot \Delta V$. E) $A=\frac{m}{M}\cdot R\cdot \Delta T$.

333. Чому дорівнює робота A , здійснювана газом при *ізотермічному процесі* ?

А) $A = \frac{m}{M} \cdot C_v \cdot \Delta T$. Б) $A = 0$. В) $A = \frac{m}{M} RT \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$. Г) $A = p \cdot \Delta V$. Д) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$.

334. Чому дорівнює робота A , здійснювана газом при *ізобаричному процесі* ?

А) $A = \frac{m}{M} \cdot C_v \cdot \Delta T$. Б) $A = 0$. В) $A = \frac{m}{M} RT \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$. Г) $A = p \cdot \Delta V$. Д) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$.

335. Для якого із ізопроеесів здійснювана газом робота A дорівнює нулю ?

- А) Ізохоричного. Б) Ізотермічного. В) Ізобаричного.
Г) Такого бути не може. Д) Адіабатичного.

336. При *ізобаричному* розширенні газу його об'єм зріс на $\Delta V = 0,05$ л. Яка при цьому здійснюється робота A , якщо тиск газу становить $p = 2 \cdot 10^5$ Па.

А) $A = 1$ Дж. Б) $A = 2,5$ Дж. В) $A = 10$ Дж. Г) $A = 1$ кДж. Д) $A = 2,5$ кДж.

337. При *ізобаричному* розширенні при тиску $p = 10^2$ Па газ здійснив роботу $A = 50$ Дж і при цьому зайняв об'єм $V_2 = 2$ м³. Визначити початковий об'єм газу V_1 .

А) $V_1 = 1,25$ м³. Б) $V_1 = 1,0$ м³. В) $V_1 = 0,75$ м³. Г) $V_1 = 1,50$ м³. Д) $V_1 = 1,75$ м³.

338. Газ *ізобарично* потроїв свій об'єм при тиску $p = 3$ кПа, при цьому він здійснив роботу $A = 12$ кДж. Знайти початковий об'єм цього газу V_1 .

А) $V_1 = 2$ м³. Б) $V_1 = 6$ м³. В) $V_1 = 4$ м³. Г) $V_1 = 12$ м³. Д) $V_1 = 8$ м³.

339. Газ, який знаходився під тиском $p = 10$ Па, *ізобарично* розширився, здійснивши роботу $A = 25$ Дж. На скільки при цьому збільшився об'єм газу ΔV ? Відповідь надати у літрах.

А) $\Delta V = 1500$ л. Б) $\Delta V = 250$ л. В) $\Delta V = 500$ л. Г) $\Delta V = 1000$ л. Д) $\Delta V = 2500$ л.

340. У циліндрі знаходився газ масою $m = 3$ кг і молярною масою $M = 0,04$ кг/моль. Визначте роботу газу A при його *ізобаричному* розширенні на $\Delta T = 80^\circ\text{C}$.

А) $A = 125$ Дж. Б) $A = 50$ Дж. В) $A = 75$ Дж. Г) $A = 100$ Дж. Д) $A = 25$ Дж.

341. Повітря масою $m = 4$ кг приміщене у циліндр при температурі $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Яка буде здійснена робота A при його *ізобаричному* нагріванні до температури $t_2 = 120^\circ\text{C}$? (Молярна маса повітря $M = 0,029$ кг/моль).

А) $A = 100$ кДж. Б) $A = 55$ кДж. В) $A = 70$ кДж. Г) $A = 115$ кДж. Д) $A = 85$ кДж.

333. What is work A performed by gas in the *isothermal process* ?

A) $A = \frac{m}{M} \cdot C_v \cdot \Delta T$. B) $A = 0$. C) $A = \frac{m}{M} RT \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$. D) $A = p \cdot \Delta V$. E) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$.

334. What is work A performed by gas in the *isobaric process* ?

A) $A = \frac{m}{M} \cdot C_v \cdot \Delta T$. B) $A = 0$. C) $A = \frac{m}{M} RT \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$. D) $A = p \cdot \Delta V$. E) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$.

335. For what of the iso-processes is the work A performed by a gas *equal to zero* ?

- A) Isochoric B) Isothermal C) Isobaric
D) It cannot happen E) Adiabatic

336. In an *isobaric* gas expansion its volume increased by $\Delta V = 0.05$ l. What work A is performed thereat, if gas pressure is $p = 2 \cdot 10^5$ Pa.

A) $A = 1$ J B) $A = 2.5$ J C) $A = 10$ J D) $A = 1$ kJ E) $A = 2.5$ kJ

337. In an *isobaric* expansion at pressure $p = 10^2$ Pa gas performed work $A = 50$ J and occupied volume $V_2 = 2$ m³. Find out the initial volume of gas V_1 .

A) $V_1 = 1.25$ m³ B) $V_1 = 1.0$ m³ C) $V_1 = 0.75$ m³ D) $V_1 = 1.50$ m³ E) $V_1 = 1.75$ m³

338. Gas *isobarically* trebled its volume at pressure $p = 3$ kPa, and it performed work $A = 12$ kJ. Find out the initial volume of gas V_1 .

A) $V_1 = 2$ m³ B) $V_1 = 6$ m³ C) $V_1 = 4$ m³ D) $V_1 = 12$ m³ E) $V_1 = 8$ m³

339. Gas which is at pressure $p = 10$ Pa *isobarically* expanded having performed work $A = 25$ J. How did gas volume ΔV increase thereat ? The answer should be given in liters.

A) $\Delta V = 1500$ l B) $\Delta V = 250$ l C) $\Delta V = 500$ l D) $\Delta V = 1000$ l E) $\Delta V = 2500$ l

340. In a cylinder there is gas of mass $m = 3$ kg and molar mass $M = 0.04$ kg/mole. Find out gas work A at its *isobaric* expansion by $\Delta T = 80^\circ\text{C}$.

A) $A = 125$ J B) $A = 50$ J C) $A = 75$ J D) $A = 100$ J E) $A = 25$ J

341. Air of mass $m = 4$ kg is in a cylinder at temperature $t_1 = 20^\circ\text{C}$. What work A will be performed in its *isobaric* heating up to $t_2 = 120^\circ\text{C}$? (Molar mass of air is $M = 0.029$ kg/mole).

A) $A = 100$ kJ B) $A = 55$ kJ C) $A = 70$ kJ D) $A = 115$ kJ E) $A = 85$ kJ

342. Газ знаходиться під поршнем циліндра при температурі $t_1=0^\circ\text{C}$ і тиску $p=2\cdot 10^5$ Па. Яку роботу A здійснить газ об'ємом $V=1$ л при ізобаричному розширенні, якщо його температура підвищиться на $\Delta t=20^\circ\text{C}$?

А) $A=15$ Дж. Б) $A=20$ Дж. В) $A=5$ Дж. Г) $A=10$ Дж. Д) $A=25$ Дж.

343. Газ ізобарично збільшив свій об'єм у чотири рази при тиску $p=3$ кПа, здійснивши при цьому роботу $A=24$ кДж. Визначте початковий об'єм газу V_1 .

А) $V_1=2,4$ м³. Б) $V_1=1,8$ м³. В) $V_1=3,0$ м³. Г) $V_1=2,7$ м³. Д) $V_1=2,1$ м³.

344. У циліндрі знаходиться газ масою $m=0,6$ кг та молярною масою $M=0,03$ кг/моль. Знайти роботу газу A при його ізобаричному нагріванні на $\Delta T=120^\circ\text{C}$. Відповідь надати у кДж.

А) $A=40$ кДж. Б) $A=80$ кДж. В) $A=20$ кДж. Г) $A=60$ кДж. Д) 10 кДж.

345. Газ, який займав об'єм $V_1=20$ дм³, ізобарично нагріли від температури $t_1=27^\circ\text{C}$ до $t_2=78^\circ\text{C}$. Робота розширення газу $A=340$ Дж. Визначити тиск газу p у кілопаскалях.

А) $p=300$ кПа. б) $p=500$ кПа. в) $p=100$ кПа. г) $p=400$ кПа. д) $p=200$ Па.

346. У циліндрі об'ємом $V=1$ м³ знаходилося повітря під тиском $p=2\cdot 10^4$ Па. В результаті його ізобаричного нагрівання на $\Delta T=100$ К була здійснена робота $A=7,2$ кДж. Визначте початкову температуру повітря T_1 .

А) $T_1=316$ К. Б) $T_1=253$ К. В) $T_1=424$ К. Г) $T_1=278$ К. Д) $T_1=387$ К.

347. Який процес називають адіабатичним ?

А) При постійному тиску. Г) Із теплообміном з довкіллям.
Б) При постійному об'ємі. Д) Без теплообміну із довкіллям.
В) При постійній температурі.

348. Для якого із перелічених процесів застосовне рівняння $\Delta Q=0$?

А) Ізохоричного. Б) Адіабатичного. В) Ізотермічного.
Г) Ізобаричного.) Довільного.

349. Відбувається адіабатичне розширення газу. Як змінюються при цьому внутрішня енергія газу U і його температура T ? Яка за знаком робота здійснюється при цьому ? (\uparrow - збільшується, \downarrow - зменшується).

А) $U\uparrow, T\uparrow, A>0$. Б) $U\downarrow, T\downarrow, A<0$. В) $U\uparrow, T\downarrow, A>0$. Г) $U\downarrow, T\downarrow, A>0$. Д) $U\uparrow, T\uparrow, A<0$.

342. Gas is under a cylinder piston at temperature $t_1=0^{\circ}\text{C}$ and pressure $p=2\cdot 10^5$ Pa. What work A will $V=1$ l of gas perform in *isobaric* expansion, if its temperature rises by $\Delta t=20^{\circ}\text{C}$?

- A) $A=15$ J B) $A=20$ J C) $A=5$ J D) $A=10$ J E) $A=25$ J

343. Gas *isobarically* quadrupled its volume at pressure $p=3$ kPa having performed work $A=24$ kJ. Find out the initial volume of gas V_1 .

- A) $V_1=2.4$ m³ B) $V_1=1.8$ m³ C) $V_1=3.0$ m³ D) $V_1=2.7$ m³ E) $V_1=2.1$ m³

344. Gas of mass $m=0.6$ kg and of molar mass $M=0.03$ kg/mole is in a cylinder. Find out work A of the gas in its *isobaric* heating by $\Delta T=120^{\circ}\text{C}$. Answer should be given in kJ.

- A) $A=40$ kJ B) $A=80$ kJ C) $A=20$ kJ D) $A=60$ kJ E) 10 kJ

345. Gas that occupied volume $V_1=20$ dm³ was *isobarically* heated from temperature $t_1=27^{\circ}\text{C}$ to $t_2=78^{\circ}\text{C}$. Work of gas expansion is $A=340$ J. Find out gas pressure p in kPa.

- A) $p=300$ kPa B) $p=500$ kPa C) $p=100$ kPa D) $p=400$ kPa E) $p=200$ Pa

346. Air is in a cylinder of $V=1$ m³ in volume at pressure $p=2\cdot 10^4$ Pa. Due to its *isobaric* heating by $\Delta T=100$ K there was perform work $A=7.2$ kJ. Find out the air initial temperature T_1 .

- A) $T_1=316$ K B) $T_1=253$ K C) $T_1=424$ K D) $T_1=278$ K E) $T_1=387$ K

347. What process is called *adiabatic* ?

- A) At a constant pressure D) At a heat exchange with the environment
B) At a constant volume E) Without a heat exchange with the environment
C) At a constant temperature

348. For what of the below process is equation $\Delta Q=0$ applied ?

- A) Isochoric B) Adiabatic C) Isothermal
D) Isobaric E) Arbitrary

349. An *adiabatic expansion* of gas is proceeding. How do internal energy U of gas and its temperature T change thereat ? What work *by sign* is performed thereat? (\uparrow - it increases, \downarrow - it decreases).

- A) $U\uparrow, T\uparrow, A>0$ B) $U\downarrow, T\downarrow, A<0$ C) $U\uparrow, T\downarrow, A>0$ D) $U\downarrow, T\downarrow, A>0$ E) $U\uparrow, T\uparrow, A<0$

350. Відбувається **адіабатичне стиснення** газу. Як змінюються при цьому внутрішня енергія газу U і його температура T ? Яка за знаком робота здійснюється при цьому? (\uparrow - збільшується, \downarrow - зменшується).

А) $U\uparrow, T\uparrow, A<0$. Б) $U\uparrow, T\downarrow, A<0$. В) $U\uparrow, T\uparrow, A>0$. Г) $U\downarrow, T\uparrow, A<0$. Д) $U\downarrow, T\downarrow, A<0$.

351. При **адіабатичному розширенні** $\nu=10$ молів ідеального газу була здійснена робота $A=249$ Дж. На скільки при цьому зменшилась температура газу ΔT ?

А) $\Delta T=12$ К. Б) $\Delta T=3$ К. В) $\Delta T=9$ К. Г) $\Delta T=15$ К. Д) $\Delta T=6$ К.

352. Яке із наведених тверджень про кількість теплоти Q визначає *теплоємність тіла C* ?

- А) Q , яке **потрібне** для нагрівання 1 кг речовини тіла на 1 К.
- Б) Q , яке **потрібне** для нагрівання довільної маси речовини на 1 К.
- В) Q , яке **потрібна** для нагрівання всієї маси речовини тіла на 1 К.
- Г) Q , яке **потрібне** для нагрівання 1 моля речовини тіла на 1 К.
- Д) Q , яке **отримане** при згорянні 1 кг речовини тіла.

353. Яке із наведених тверджень про кількість теплоти Q визначає *питому теплоємність тіла c* ?

- А) Q , яка **потрібне** для нагрівання 1 кг речовини тіла на 1 К.
- Б) Q , яка **потрібне** для нагрівання довільної маси речовини на 1 К.
- В) Q , яка **потрібна** для нагрівання всієї маси речовини тіла на 1 К.
- Г) Q , яка **потрібне** для нагрівання 1 моля речовини тіла на 1 К.
- Д) Q , яка **отримане** при згорянні 1 кг речовини тіла.

354. Яке із наведених тверджень про кількість теплоти Q визначає *молярну теплоємність тіла C* ?

- А) Q , яка **потрібне** для нагрівання 1 кг речовини тіла на 1 К.
- Б) Q , яка **потрібне** для нагрівання довільної маси речовини на 1 К.
- В) Q , яка **потрібна** для нагрівання усієї маси речовини тіла на 1 К.
- Г) Q , яка **потрібне** для нагрівання 1 моля речовини тіла на 1 К.
- Д) Q , яка **отримане** при згорянні 1 кг речовини тіла.

355. Як називають кількість теплоти Q , яка потрібна для підвищення температури термодинамічної системи на 1 Кельвін?

- А) Теплоємність. Б) Ентропія. В) Густина.
- Г) Внутрішня енергія. Д) Теплопровідність.

356. Яка із наведених формул визначає *теплоємність термодинамічної системи C* ?

А) $C=\Delta U+A$. Б) $C=Q-\Delta U$. В) $C=\frac{\Delta U}{A}$. Г) $C=\frac{\Delta Q}{\Delta T}$. Д) $C=p\cdot\Delta V$.

350. An *adiabatic compression* of gas is proceeding. How do internal energy U of gas and its temperature T change thereat? What work *by sign* is performed thereat? (\uparrow - it increases, \downarrow - it decreases).

- A) $U\uparrow, T\uparrow, A<0$ B) $U\uparrow, T\downarrow, A<0$ C) $U\uparrow, T\uparrow, A>0$ D) $U\downarrow, T\uparrow, A<0$ E) $U\downarrow, T\downarrow, A<0$

351. In an *adiabatic expansion* of $\nu=10$ moles of the ideal gas there was performed work $A=249$ J. By how many degrees did the gas temperature ΔT decrease thereat?

- A) $\Delta T=12$ K B) $\Delta T=3$ K C) $\Delta T=9$ K D) $\Delta T=15$ K E) $\Delta T=6$ K

352. What of the below statements on heat quantity Q determines *heat capacity of body C*?

- A) Q needed to heat 1 kg of a substance by 1 K
 B) Q needed to heat an arbitrary mass of a substance by 1 K
 C) Q needed to heat the whole mass of a substance by 1 K
 D) Q needed to heat 1 mole of a substance by 1 K.
 E) Q obtained in burning 1 kg of a body substance

353. What of the below statements on heat quantity Q determines *specific heat capacity of body c*?

- A) Q needed to heat 1 kg of a substance by 1 K
 B) Q needed to heat an arbitrary mass of a substance by 1 K
 C) Q needed to heat the whole mass of a substance by 1 K
 D) Q needed to heat 1 mole of a substance by 1 K
 E) Q obtained in burning 1 kg of a body substance

354. What of the below statements on heat quantity Q determines *molar heat capacity of body C*?

- A) Q needed to heat 1 kg of a substance by 1 K
 B) Q needed to heat an arbitrary mass of a substance by 1 K
 C) Q needed to heat the whole mass of a substance by 1 K
 D) Q needed to heat 1 mole of a substance by 1 K
 E) Q obtained in burning 1 kg of a body substance

355. How is heat quantity Q needed to increase temperature of a thermodynamic system by 1 Kelvin called?

- A) Heat capacity B) Specific heat capacity C) Density
 D) Internal energy E) Heat conductivity

356. What of the below formulas determines heat capacity *of a thermodynamic system C*?

- A) $C=\Delta U+A$ B) $C=Q-\Delta U$ C) $C=\frac{\Delta U}{A}$ D) $C=\frac{\Delta Q}{\Delta T}$ E) $C=p\cdot\Delta V$

357. Укажіть одиницю виміру *теплоємності* C термодинамічної системи:

А) $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \right]$. Б) $\left[\frac{\text{моль}}{\text{К}} \right]$. В) $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \right]$. Г) $\left[\frac{\text{Па}}{\text{К}} \right]$. Д) $[\text{Дж} \cdot \text{К}]$.

358. Яка фізична характеристика системи визначається формулою $\frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$?

- А) Теплоємність. Б) Питома теплоємність. В) Густина.
Г) Теплопровідність. Д) Молярна теплоємність.

359. Яка фізична характеристика системи визначається формулою $\frac{1}{\nu} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$?

- А) Теплоємність. Б) Концентрація. В) Молярна теплоємність.
Г) Теплопровідність. Д) Питома теплоємність.

360. Вкажіть *невірну* розмірність для *молярної теплоємності* газу C .

А) $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$. Б) $\left[\frac{\text{В} \cdot \text{А}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$. В) $\left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$. Г) $\left[\frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$. Д) $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$.

361. Молярна теплоємність C якого із процесів *нескінченно велика* ($C \rightarrow \infty$) ? Дайте визначення цього процесу.

- А) Ізотермічного. Б) Адіабатичного. В) Ізохоричного.
Г) Ізобаричного. Д) Нереального.

362. Молярна теплоємність C якого із процесів *дорівнює нулю* ? Дайте визначення цього процесу.

- А) Ізотермічного. Б) Адіабатичного. В) Ізохоричного.
Г) Ізобаричного. Д) Нереального.

363. Укажіть формулу, яка визначає *перший закон* термодинаміки:

А) $Q = \Delta U + A$. Б) $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$. В) $Q = \Delta U - A$. Г) $A = p \cdot \Delta V$. Д) $\Delta U = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} R \cdot \Delta T$.

364. При якому із перелічених процесів теплота Q , яка надається газу, *повністю* перетворюється на роботу A ? Дайте визначення цього процесу.

- А) Адіабатичному. Б) Ізотермічному. В) Ізохоричному.
Г) Ізобаричному. Д) Довільному.

357. Tick the unit of measurement of *heat capacity* C of a thermodynamic system:

- A) $\left[\frac{J}{K}\right]$ B) $\left[\frac{mole}{\hat{E}}\right]$ C) $\left[\frac{J}{mole}\right]$ D) $\left[\frac{Pa}{\hat{E}}\right]$ E) $[J \cdot K]$

358. What physical characteristic of a system is determined by formula $\frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$?

- A) Heat capacity B) Specific heat capacity C) Density
D) Heat conductivity E) Molar heat capacity

359. What physical characteristic of a system is determined by formula $\frac{1}{\nu} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$?

- A) Heat capacity B) Concentration C) Molar heat capacity
D) Heat conductivity E) Specific heat capacity

360. Show a *false* dimension for *molar heat capacity* of gas C .

- A) $\left[\frac{J}{kg \cdot \hat{E}}\right]$ B) $\left[\frac{\hat{A} \cdot \hat{A}}{mole \cdot \hat{E}}\right]$ C) $\left[\frac{N \cdot m}{mole \cdot \hat{E}}\right]$ D) $\left[\frac{Watt \cdot sec}{mole \cdot \hat{E}}\right]$ E) $\left[\frac{J}{mole \cdot \hat{E}}\right]$

361. Molar heat capacity C of what process is *an infinite quantity* ($C \rightarrow \infty$) ? Give a definition of this process.

- A) Isothermal B) Adiabatic C) Isochoric
D) Isobaric E) Unreal

362. Molar heat capacity C of what process is *equal to zero* ? Give a definition of this process.

- A) Isothermal B) Adiabatic C) Isochoric
D) Isobaric E) Unreal

363. Show the formula which determines *the first law* of thermodynamics:

$$A) Q = \Delta U + A \quad B) Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad C) Q = \Delta U - A \quad D) A = p \cdot \Delta V \quad E) \Delta U = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} R \cdot \Delta T$$

364. In what of the below processes is heat Q imparted to gas *completely* transformed into work A ? Give a definition of this process.

- A) Adiabatic B) Isothermal C) Isochoric
D) Isobaric E) Arbitrary

365. Який вираз має перший закон термодинаміки для *адіабатичного* процесу ?

А) $Q=A$. Б) $A=p \cdot \Delta V$. В) $Q=+\Delta U$. Г) $A=-\Delta U$. Д) $A=-c \cdot m \cdot \Delta T$.

366. Який вираз має перший закон термодинаміки для *ізотермічного* процесу ?

А) $Q=A$. Б) $A=-\Delta U$. В) $Q=+\Delta U$. Г) $A=p \cdot \Delta V$. Д) $Q=c \cdot m \cdot \Delta T$.

367. Який вираз має перший закон термодинаміки для *ізохоричного* процесу ?

А) $Q=A$. Б) $A=-\Delta U$. В) $Q=c \cdot m \cdot \Delta T$. Г) $A=p \cdot \Delta V$. Д) $Q=+\Delta U$.

368. Для якого із процесів *перший закон* термодинаміки має вигляд $Q=A$?

- А) Ізохоричного. Б) Адіабатичного. В) Ізотермічного.
Г) Ізобаричного. Д) Нездійсненого.

369. Укажіть формулу для визначення роботи A , здійснюваної ідеальним газом при *адіабатичному* процесі:

А) $A = p \cdot \Delta V$. Б) $A = 0$. В) $A = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$. Г) $A = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} \cdot (T_2 - T_1)$. Д) $A = \nu \cdot R \cdot \Delta T$.

370. Укажіть формулу для визначення роботи A , здійснюваною ідеальним газом при *ізотермічному* процесі:

А) $A = p \cdot \Delta V$. Б) $A = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} \cdot \Delta T$. В) $A = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$. Г) $A = 0$. Д) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$.

371. Вкажіть формулу для визначення роботи A , здійснюваною ідеальним газом при *ізохоричному* процесі:

А) $A = p \cdot \Delta V$. Б) $A = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} \cdot \Delta T$. В) $A = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$. Г) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$. Д) $A = 0$.

372. Кількість переданої системі теплоти $Q=25$ Дж. При цьому збільшення її внутрішньої енергії $\Delta U=15$ Дж. Визначте роботу A , виконану системою.

А) $A=10$ Дж. Б) $A=15$ Дж. В) $A=20$ Дж. Г) $A=25$ Дж. Д) $A=40$ Дж.

373. При *ізобарному* нагріванні $\nu=80$ молів газу від температури $t_1=25^\circ\text{C}$ до температури $t_2=537^\circ\text{C}$ він поглинув $Q=940$ кДж теплоти. Визначити приріст його внутрішньої енергії ΔU .

А) $\Delta U=400$ кДж. Б) $\Delta U=600$ кДж. В) $\Delta U=500$ кДж. Г) $\Delta U=300$ кДж. Д) $\Delta U=700$ кДж.

365. What is the expression of the first law of thermodynamics for the *adiabatic* process ?

A) $Q=A$ B) $A=p \cdot \Delta V$ C) $Q=+\Delta U$ D) $A=-\Delta U$ E) $A=-c \cdot m \cdot \Delta T$

366. What is the expression of the first law of thermodynamics for the *isothermal* process ?

A) $Q=A$ B) $A=-\Delta U$ C) $Q=+\Delta U$ D) $A=p \cdot \Delta V$ E) $Q=c \cdot m \cdot \Delta T$

367. What is the expression of the first law of thermodynamics for the *isochoric* process ?

A) $Q=A$ B) $A=-\Delta U$ C) $Q=c \cdot m \cdot \Delta T$ D) $A=p \cdot \Delta V$ E) $Q=+\Delta U$

368. For what of the below processes does *the first law* of thermodynamics have the form $Q=A$?

A) Isochoric B) Adiabatic C) Isothermal D) Isobaric E) Unrealizable

369. Show the formula to calculate work A performed by an ideal gas in the *adiabatic* process:

A) $A = p \cdot \Delta V$ B) $A = 0$ C) $A = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ D) $A = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} \cdot (T_2 - T_1)$ E) $A = \nu \cdot R \cdot \Delta T$

370. Show the formula to calculate work A performed by an ideal gas in the *isothermal* process:

A) $A = p \cdot \Delta V$ B) $A = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} \cdot \Delta T$ C) $A = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ D) $A = 0$ E) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$

371. Show the formula to calculate work A performed by an ideal gas in the *isochoric* process:

A) $A = p \cdot \Delta V$ B) $A = \frac{m}{M} \cdot \frac{3}{2} \cdot \Delta T$ C) $A = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$ D) $A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$ E) $A = 0$

372. The quantity of heat transferred to a system is $Q=25$ J. And its internal energy increase is $\Delta U=15$ J. Find out work A performed by the system.

A) $A=10$ J B) $A=15$ J C) $A=20$ J D) $A=25$ J E) $A=40$ J

373. In *isobaric* heating of $\nu=80$ moles of gas from temperature $t_1=25^\circ\text{C}$ to temperature $t_2=537^\circ\text{C}$ it absorbed $Q=940$ kJ of heat. Find out its internal energy increase ΔU .

A) $\Delta U=400$ kJ B) $\Delta U=600$ kJ C) $\Delta U=500$ kJ D) $\Delta U=300$ kJ E) $\Delta U=700$ kJ

374. Після отримання $Q=800$ Дж теплоти, повітря в циліндрі розширилось, здійснивши роботу $A=200$ Дж. На скільки змінилась при цьому його внутрішня енергія ΔU ?

А) $\Delta U=200$ Дж. Б) $\Delta U=300$ Дж. В) $\Delta U=400$ Дж. Г) $\Delta U=500$ Дж. Д) $\Delta U=600$ Дж.

375. Яку кількість теплоти Q треба надати газу в циліндрі під поршнем, щоб його внутрішня енергія U зросла на 100 Дж, і при цьому він здійснив роботу $A=200$ Дж?

А) $Q=600$ Дж. Б) $Q=500$ Дж. В) $Q=400$ Дж. Г) $Q=300$ Дж. Д) $Q=200$ Дж.

376. При *ізохоричному* процесі $\nu=100$ моль *одноатомного* ідеального газу надали $Q=249$ кДж теплоти. На скільки збільшилась при цьому температура газу ΔT ?

А) $\Delta T=350$ К. Б) $\Delta T=200$ К. В) $\Delta T=150$ К. Г) $\Delta T=300$ К. Д) $\Delta T=250$ К.

377. Температура газу масою $m=1$ кг збільшилась при *ізохоричному* процесі від $t_1=273^\circ\text{C}$ до $t_2=300^\circ\text{C}$. Знайти зміну внутрішньої енергії газу ΔU , якщо його *питома* теплоємність $c=38$ Дж/кг·К.

А) $\Delta U=684$ Дж. Б) $\Delta U=968$ Дж. В) $\Delta U=857$ Дж. Г) $\Delta U=739$ Дж. Д) $\Delta U=1026$ Дж.

378. В процесі *ізобаричного* розширення при тиску $p=0,6$ МПа газу надали $Q=4$ МДж теплоти. Визначити зміну внутрішньої енергії газу ΔU , якщо при цьому його об'єм збільшився на $\Delta V=2$ м³.

А) $\Delta U=3,2$ МДж Б) $\Delta U=2,0$ МДж В) $\Delta U=2,8$ МДж Г) $\Delta U=1,6$ МДж Д) $\Delta U=2,4$ МДж

379. При *адіабатичному* розширенні $\nu=10$ моль *одноатомного* ідеального газу здійснив роботу $A=249$ Дж. На скільки зменшилась при цьому температура газу ΔT ?

А) $\Delta T=2$ К. Б) $\Delta T=8$ К. В) $\Delta T=10$ К. Г) $\Delta T=6$ К. Д) $\Delta T=4$ К.

380. У посудині ємністю $V=2,9$ м³ знаходиться *одноатомний* ідеальний газ при температурі $t_1=17^\circ\text{C}$ і тиску $p_1=1$ кПа. Газ *ізохорично* нагрівають на $\Delta T=100^\circ\text{C}$. Визначити зміну його внутрішньої енергії ΔU .

А) $\Delta U=4$ кДж. Б) $\Delta U=2,5$ кДж. В) $\Delta U=3$ кДж. Г) $\Delta U=1,5$ кДж. Д) $\Delta U=2$ кДж.

381. *Одноатомному* ідеальному газу надали $Q=14$ кДж теплоти. При цьому газ *ізобарично* розширився. Знайти зміну його внутрішньої енергії ΔU .

А) $\Delta U=6,3$ кДж. Б) $\Delta U=4,5$ кДж. В) $\Delta U=2,7$ кДж. Г) $\Delta U=3,8$ кДж. Д) $\Delta U=5,6$ кДж.

383. Яка із наведених формул визначає коефіцієнт корисної дії (ККД) η *необоротної* теплової машини?

374. After receiving $Q=800$ J of heat, the air in a cylinder expanded having performed work $A=200$ J. How many Joules did its internal energy ΔU change by ?
- A) $\Delta U=200$ J B) $\Delta U=300$ J C) $\Delta U=400$ J D) $\Delta U=500$ J E) $\Delta U=600$ J
375. What quantity of heat Q is to be imparted to gas in a cylinder under a piston for its internal energy U to increase by 100 J and gas will perform work $A=200$ J ?
- A) $Q=600$ J B) $Q=500$ J C) $Q=400$ J D) $Q=300$ J E) $Q=200$ J
377. In the *isochoric* process, $\nu=100$ moles of a *monatomic* ideal gas was imparted with $Q=249$ kJ of heat. How many degrees did temperature of the gas ΔT increase by ?
- A) $\Delta T=350$ K B) $\Delta T=200$ K C) $\Delta T=150$ K D) $\Delta T=300$ K E) $\Delta T=250$ K
378. In the *isochoric* process temperature of $m=1$ kg of gas increased from $t_1=273^\circ\text{C}$ to $t_2=300^\circ\text{C}$. Find out how the internal energy ΔU of the gas changed if its *specific* heat capacity is $c=38$ J/kg·K.
- A) $\Delta U=684$ J B) $\Delta U=968$ J C) $\Delta U=857$ J D) $\Delta U=739$ J E) $\Delta U=1026$ J
379. In the *isobaric* expansion at $p=0.6$ MPa gas was imparted with $Q=4$ MJ of heat. Find out how the internal energy ΔU of the gas changed, if its volume had changed by $\Delta V=2$ m³ thereat.
- A) $\Delta U=3.2$ MJ B) $\Delta U=2.0$ MJ C) $\Delta U=2.8$ MJ D) $\Delta U=1.6$ MJ E) $\Delta U=2.4$ MJ
380. In the *adiabatic* expansion $\nu=10$ moles of a *monatomic* ideal gas performed work $A=249$ J. How many degrees did temperature of the gas ΔT decrease thereat ?
- A) $\Delta T=2$ K B) $\Delta T=8$ K C) $\Delta T=10$ K D) $\Delta T=6$ K E) $\Delta T=4$ K
381. A *monatomic* ideal gas is in a vessel of $V=2.9$ m³ in volume at temperature $t_1=-17^\circ\text{C}$ and pressure $p_1=1$ kPa. The gas is *isochorically* heated by $\Delta T=100^\circ\text{C}$. Find out a change of its internal energy ΔU .
- A) $\Delta U=4$ kJ B) $\Delta U=2.5$ kJ C) $\Delta U=3$ kJ D) $\Delta U=1.5$ kJ E) $\Delta U=2$ kJ
382. A *monatomic* ideal gas is imparted with $Q=14$ kJ of heat. The gas was *isobarically* expanding thereat. Find out a change of its internal energy ΔU .
- A) $\Delta U=6.3$ kJ B) $\Delta U=4.5$ kJ C) $\Delta U=2.7$ kJ D) $\Delta U=3.8$ kJ E) $\Delta U=5.6$ kJ
383. What of the below formulas specifies the efficiency factor η of an *irreversible* heat engine ?

$$\text{А) } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} . \text{ Б) } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} . \text{ В) } \eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} . \text{ Г) } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2} . \text{ Д) } \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} .$$

384. У скільки разів збільшиться ККД *ідеальної* теплової машини Карно, якщо температура нагрівача T_1 зростає від 400 К до 500 К, а температура охолоджувача $T_2=350$ К **збережеться** ?

А) У 2,8 рази. Б) В 1,6 рази. В) У 2 рази. Г) У 2,4 рази. Д) У 3,2 рази.

385. Визначте температуру охолоджувача *ідеальної* теплової машини T_2 , яка працює по циклу Карно, якщо температура нагрівача $T_1=500$ К, а при витраті теплоти $Q_1=2000$ Дж за цикл здійснюється робота $A=900$ Дж.

А) $T_2=225$ К. Б) $T_2=275$ К. В) $T_2=325$ К. Г) $T_2=175$ К. Д) $T_2=375$ К.

386. Яку кількість теплоти Q_1 надають робочому тілу, якщо машина працює **по** циклу Карно в інтервалі температур $T_1=800$ К і $T_2=400$ К, і здійснює за цикл роботу $A=5$ кДж ?

А) $Q_1=10$ кДж. Б) $Q_1=15$ кДж. В) $Q_1=20$ кДж. Г) $Q_1=25$ кДж. Д) $Q_1=7,5$ кДж.

387. Кількість теплоти, яку тепловий двигун отримує від нагрівача $Q_1=5$ кДж, і при цьому за цикл він здійснює роботу $A=1,5$ кДж. Визначити ККД двигуна η .

А) $\eta=35\%$. Б) $\eta=40\%$. В) $\eta=25\%$. Г) $\eta=30\%$. Д) $\eta=45\%$.

388. Ідеальна тепла машина з коефіцієнтом корисної дії $\eta=25\%$ отримує від нагрівача за цикл $Q_1=800$ Дж теплоти. Яку корисну роботу A вона здійснює за цикл ?

А) $A=500$ Дж. Б) $A=200$ Дж. В) $A=400$ Дж. Г) $A=100$ Дж. Д) $A=300$ Дж.

389. Кількість теплоти, яку тепловий двигун віддає **охолоджувачу** за цикл $Q_2=5$ кДж, здійснюючи при цьому роботу $A=1,5$ кДж. Визначити коефіцієнт корисної дії η цього двигуна у %.

А) $\eta=27\%$. Б) $\eta=42\%$. В) $\eta=33\%$. Г) $\eta=46\%$. Д) $\eta=38\%$.

390. Температура пари, яка поступає у парову машину $t_1=227^\circ\text{C}$, а температура у холодильнику $t_2=27^\circ\text{C}$. Яку максимальну роботу A може здійснити ця машина, витративши $Q_1=40$ Дж теплоти ?

А) $A=28$ Дж. Б) $A=20$ Дж. В) $A=24$ Дж. Г) $A=16$ Дж. Д) $A=32$ Дж.

$$\text{A) } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad \text{B) } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \quad \text{C) } \eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \quad \text{D) } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2} \quad \text{E) } \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

384. How many times will the efficiency factor η of the Carnot *ideal* heat engine increase, if the heater temperature T_1 *increases* from 400 K to 500 K, the cooler temperature $T_2=350$ K *does not change* ?

A) 2.8 times B) 1.6 times C) 2 times D) 2.4 times E) 3.2 times

385. Determine temperature of an ideal heat engine cooler T_2 , which operates on the Carnot cycle, if the heater temperature is $T_1=500$ K and at heat consumption of $Q_1=2000$ J per cycle the work $A=900$ J is performed.

A) $T_2=225$ K B) $T_2=275$ K C) $T_2=325$ K D) $T_2=175$ K E) $T_2=375$ K

386. What quantity of heat Q_1 is imparted to the operating element, if the engine operates on the Carnot cycle in the range of temperatures $T_1=800$ K and $T_2=400$ K and performs work $A=5$ kJ per cycle ?

A) $Q_1=10$ kJ B) $Q_1=15$ kJ C) $Q_1=20$ kJ D) $Q_1=25$ kJ E) $Q_1=7.5$ kJ

387. The quantity of heat a heat engine obtains from a heater is $Q_1=5$ kJ and it performs work $A=1.5$ kJ thereat. Find out the efficiency factor η of the engine.

A) $\eta=35\%$ B) $\eta=40\%$ C) $\eta=25\%$ D) $\eta=30\%$ E) $\eta=45\%$

388. An ideal heat engine with the efficiency factor $\eta=25\%$ obtains $Q_1=800$ J of heat per cycle from a heater. What effective work A does this engine perform per cycle ?

A) $A=500$ J B) $A=200$ J C) $A=400$ J D) $A=100$ J E) $A=300$ J

389. The quantity of heat a heat engine transfers to a cooler per cycle is $Q_2=5$ kJ and work $A=1.5$ kJ is performed thereat. Find out the efficiency factor η of this engine in %.

A) $\eta=27\%$ B) $\eta=42\%$ C) $\eta=33\%$ D) $\eta=46\%$ E) $\eta=38\%$

390. Temperature of the vapor, which is delivered to a steam engine is $t_1=227^\circ\text{C}$ and temperature in a cooler is $t_2=27^\circ\text{C}$. What maximum work A can be performed by this engine after consuming $Q_1=40$ J of heat ?

A) $A=28$ J B) $A=20$ J C) $A=24$ J D) $A=16$ J E) $A=32$ J

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ "ОСНОВИ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ"

Закон Кулона

391. Як зміниться сила кулонівської взаємодії двох точкових зарядів, якщо відстань між ними *збільшити* у 2 рази ?

- А) Зменшиться у 4 рази. Б) Збільшиться у 2 рази. В) Зменшиться у 2 рази.
Г) Збільшиться у 4 рази. Д) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів.

392. Як зміниться сила кулонівської взаємодії двох точкових зарядів, якщо відстань між ними *зменшити* у 3 рази ?

- А) Зменшиться у 3 рази. Б) Збільшиться у 3 рази. В) Збільшиться у 9 разів.
Г) Зменшиться у 9 рази. Д) Збільшиться у $\sqrt{3}$ разів.

393. Як зміниться сила взаємодії двох точкових зарядів, якщо перенести їх із мастиля, діелектрична проникність якого $\epsilon=5$, у вакуум ? Відстань між зарядами *не змінилась*.

- А) Збільшиться у 25 разів. Б) Збільшиться у 5 разів. В) Зменшиться у 5 разів.
Г) Збільшиться у $\sqrt{5}$ разів. Д) Зменшиться у 25 разів.

394. Яким буде заряд (по модулю) металеві кулі Q , якщо на ньому містяться $N=4 \cdot 10^{20}$ надлишкових електронів ? (Заряд електрона $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

- А) $Q=6,4$ Кл. Б) $Q=4,0$ Кл. В) $Q=0,64$ Кл. Г) $Q=64$ Кл. Д) $Q=0,4$ Кл.

395. Яке твердження є *законом збереження* електричного заряду?

- А) Заряд будь-якого тіла кратний елементарному заряду.
Б) Електричні заряди не можуть зникати і виникати знову.
В) Сумарний заряд електрично ізольованої системи не змінюється.
Г) В замкнутій системі кількість зарядів обох і знаків однаково.
Д) При електризації тіл їх заряди рівні і протилежні **по знаку**.

396. Визначте силу F взаємодії електрона із ядром у атомі водню, якщо відстань між ними $r=0,5 \cdot 10^{-10}$ м. (Заряд електрона $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, коефіцієнт пропорційності в законі Кулона $k=9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл²).

- А) $F=9,2 \cdot 10^{-8}$ Н. Б) $F=3,6 \cdot 10^{-7}$ Н. В) $F=5,7 \cdot 10^{-9}$ Н. Г) $F=1,2 \cdot 10^{-8}$ Н. Д) $F=7,8 \cdot 10^{-6}$ Н.

397. Відстань r між двома точковими зарядами $q_1=3$ нКл і $q_2=-8$ нКл складає 40 см. Визначити силу взаємодії між ними у *гасі* F , діелектрична проникність якого $\epsilon=2$.

- А) $F=675$ нН. Б) $F=6,75$ нН. В) $F=6750$ нН. Г) $F=67,5$ нН. Д) $F=0,675$ нН.

398. Визначте силу F , яка діє на заряд $Q=5 \cdot 10^{-8}$ Кл, приміщений *по середині* між двома точковими зарядами $q_1=10^{-6}$ Кл і $q_2=-2 \cdot 10^{-6}$ Кл, якщо вони знаходяться у вакуумі на відстані $d=20$ см.

TEST TASKS TO THE SECTION “*FUNDAMENTAL ELECTRODYNAMICS*”

Coulomb's law (inverse-square law)

391. How will the force of the Coulomb mutual interaction of two point charges change, if the distance between them *increases* twice ?
- A) It will decrease 4 times. B) It will increase twice. C) It will decrease 2 times.
D) It will increase 4 times. E) It will decrease $\sqrt{2}$ times.
392. How will the forces of the Coulomb mutual interaction of two point charges change, if the distance between them *decreases* three times ?
- A) It will decrease 3 times. B) It will increase 3 times. C) It will increase 9 times.
D) It will decrease 9 times. E) It will increase $\sqrt{3}$ times.
393. How will the force of the Coulomb mutual interaction of two point charges change, if to take them out of an oil the dielectric permeability of which is $\varepsilon=5$, to vacuum ? The distance between the charges remains *the same*.
- A) It will increase 25 times. B) It will increase 5 times. C) It will decrease 5 times.
D) It will increase $\sqrt{5}$ times. E) It will decrease 25 times.
394. What will the charge (in modulus) of a metallic ball Q be, if there are $N=4 \cdot 10^{20}$ of excess electrons on it ? (Electron charge is $e=1.6 \cdot 10^{-19}$ coul).
- A) $Q=6.4$ coul B) $Q=4.0$ coul C) $Q=0.64$ coul D) $Q=64$ coul E) $Q=0.4$ coul
395. What statement is the law of conservation of electrical charge?
- A) A charge of any body is multiple of the elementary charge
B) Electrical charges cannot disappear and appear again
C) A total charge of an electrically isolated system does not change
D) In a closed system the number of charges of the both signs is the same
E) In the electrization of bodies their charges are equal and opposite in sign
396. Find out the force F of interaction between an electron and the nucleus in a hydrogen atom, if the distance between them is $r=0,5 \cdot 10^{-10}$ m. (Electron charge is $e=1.6 \times 10^{-19}$ coul, the coefficient in Coulomb's law is $k=9 \cdot 10^9$ N·m²/coul²).
- A) $F=9.2 \cdot 10^{-8}$ N B) $F=3.6 \cdot 10^{-7}$ N C) $F=5.7 \cdot 10^{-9}$ N D) $F=1.2 \cdot 10^{-8}$ N E) $F=7.8 \cdot 10^{-6}$ N
397. The distance r between two point charges $q_1=3$ ncoul and $q_2=-8$ ncoul is 40 cm. Find out the force of interaction between them *in kerosene* F , the dielectric permeability of which $\varepsilon=2$.
- A) $F=675$ nN B) $F=6.75$ nN C) $F=6750$ nN D) $F=67.5$ nN E) $F=0.675$ nN
398. Find out the force, which influences the charge $Q=5 \cdot 10^{-8}$ coul, located *in the middle* between two point charges $q_1=10^{-6}$ coul and $q_2=-2 \cdot 10^{-6}$ coul, if they are in vacuum and the distance between them is $d=20$ cm.

А) $F=45$ мН. Б) $F=105$ мН. В) $F=135$ мН. Г) $F=180$ мН. Д) $F=90$ мН.

399. Два точкові заряди q_1 і q_2 знаходяться на відстані L один від одного. Якщо відстань між ними зменшити на $\Delta d=50$ см, то сила взаємодії F між ними збільшиться у два рази. Визначити відстань L .

А) $L=35$ см. Б) $L=69$ см. В) $L=171$ см. Г) $L=94$ см. Д) $L=228$ см.

400. Два заряди, знаходячись у повітрі на відстані $r_0=5$ см, взаємодіють із силою $F_0=120$ мкН. Ці ж заряди у рідині на відстані $r_1=10$ см взаємодіють із силою $F_1=15$ мкН. Знайти діелектричну проникність цієї рідини ϵ .

А) $\epsilon=4$. Б) $\epsilon=2$. В) $\epsilon=8$. Г) $\epsilon=10$. Д) $\epsilon=6$.

401. Знайти відстань r між двома однаковими електричними зарядами, приміщеними у мастило із діелектричною проникністю $\epsilon=3$, якщо сила F взаємодії між ними така ж сама, як і F_0 у вакуумі на відстані $r_0=30$ см.

А) $r=52$ см. Б) $r=36$ см. В) $r=90$ см. Г) $r=72$ см. Д) $r=64$ см.

Напруженість і потенціал електричного поля

402. У яких одиницях вимірюється напруженість електричного поля E ?

А) Електрон-вольтах (еВ). Б) Веберах (Вб). В) Кулонах (Кл).
Г) Вольтах на метр (В/м). Д) Амперах на квадратний метр (А/м²).

403. У яких одиницях вимірюється потенціал електричного поля φ ?

А)Кулонах (Кл). Б)Амперах (А). В)Джоулях (Дж). Г)Ватах (Вт). Д)Вольтах (В).

404. Яка із наведених формул дозволяє визначити потенціал φ електричного поля точкового заряду ?

А) $\varphi = \frac{q}{C}$. Б) $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$. В) $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$. Г) $\varphi = \frac{W_{\text{пот}}}{q}$. Д) $\Delta\varphi = -E \cdot \Delta r$.

405. На точковий заряд $q=2 \cdot 10^{-7}$ Кл у деякій точці електричного поля діє сила $F=15$ мН. Визначити напруженість поля E в цій точці.

А) $E=15$ кН/Кл Б) $E=90$ кН/Кл В) $E=30$ кН/Кл Г) $E=45$ кН/Кл Д) $E=75$ кН/Кл

406. Визначити напруженість E електричного поля у точці, яка знаходиться на відстані $r=1$ см від точкового заряду $q=5$ нКл.

А) $E=750$ кН/Кл. Б) $E=250$ кН/Кл. В) $E=50$ кН/Кл.
Г) $E=450$ кН/Кл. Д) $E=150$ кН/Кл.

A) $F=45$ mN B) $F=105$ mN C) $F=135$ mN D) $F=180$ mN E) $F=90$ mN

399. The distance between two point charges q_1 and q_2 is L . If the distance between them decreases by $\Delta d=50$ cm, then the force of interaction F between them will increase twice. Find out the distance L .

A) $L=35$ cm B) $L=69$ cm C) $L=171$ cm D) $L=94$ cm E) $L=228$ cm

400. Two charges *in air*, the distance between them being $r_0=5$ cm, interact with the force $F_0=120$ mN. These very charges *in a liquid* at the distance $r_1=10$ cm interact with the force $F_1=15$ mN. Find out the dielectric permeability of this liquid ε .

A) $\varepsilon=4$ B) $\varepsilon=2$ C) $\varepsilon=8$ D) $\varepsilon=10$ E) $\varepsilon=6$

401. Find out the distance r between two equal electrical charges, located *in the oil* of the dielectric permeability $\varepsilon=3$, if the force F of interaction between them is *the same* as F_0 in vacuum at the distance $r_0=30$ cm.

A) $r=52$ cm B) $r=36$ cm C) $r=90$ cm D) $r=72$ cm E) $r=64$ cm

Electric-field strength and potential

402. In what units is *electric-field strength* E measured ?

A) Electron-volt (eV) B) Weber (Wb) C) Coulomb (coul)
D) Volt per meter (V/m) E) Ampere per square meter (A/m²)

403. In what units is *electric-field potential* φ measured ?

A) Coulomb (coul) B) Ampere (A) C) Joule (J) D) Watt (W) E) Volt (V)

404. What of the below formulas allows determining the electric-field potential φ of a point charge ?

$$A) \varphi = \frac{q}{C} \quad B) \varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad C) \varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad D) \varphi = \frac{W_{\text{pot}}}{q} \quad E) \Delta\varphi = -E \cdot \Delta r$$

405. A point charge $q=2 \cdot 10^{-7}$ coul in some point of the electric field is influenced with force $F=15$ mN. Find out the field strength E in this point.

A) $E=15$ kN/coul B) $E=90$ kN/coul C) $E=30$ kN/coul D) $E=45$ kN/coul E) $E=75$ kN/coul

406. Find out the field strength E in the point which is $r=1$ cm away from a point charge $q=5$ nCoul.

A) $E=750$ kN/coul B) $E=250$ kN/coul C) $E=50$ kN/coul
D) $E=450$ kN/coul E) $E=150$ kN/coul

407. Відстань між двома точковими зарядами $q_1=8$ нКл і $q_2=-5,3$ нКл становить $d=40$ см. Визначити напруженість електричного поля E у точці, яка лежить *по середині* між цими зарядами.

А) $E=4,2$ кВ/м. Б) $E=1,2$ кВ/м. В) $E=2,4$ кВ/м. Г) $E=3,0$ кВ/м. Д) $E=1,8$ кВ/м.

408. У однорідному електричному полі у вакуумі знаходиться порошинка масою $m=4 \cdot 10^{-9}$ г, яка має заряд $q=-1,6 \cdot 10^{-11}$ Кл. Якою має бути напруженість поля E , щоб порошинка залишалась у *рівновазі*?

А) $E=9,81$ В/м. Б) $E=2,45$ В/м. В) $E=6,78$ В/м. Г) $E=4,96$ В/м. Д) $E=1,24$ В/м.

409. На відстані $r=3$ см від точкового заряду $q=4$ нКл, який *приміщений* у рідкий діелектрик, напруженість поля $E=2 \cdot 10^4$ В/м. Яку діелектричну проникність ϵ має цей діелектрик?

А) $\epsilon=8$. Б) $\epsilon=2$. В) $\epsilon=6$. Г) $\epsilon=81$. Д) $\epsilon=4$.

410. На який кут φ відхилиться підвішена на шовковій нитці кулька із зарядом $q=4,9 \cdot 10^{-9}$ Кл і масою $m=0,4$ г, якщо його помістити у *горизонтальне* однорідне поле, напруженістю $E=10^5$ Н/Кл?

А) $\varphi=14,2^\circ$. Б) $\varphi=3,6^\circ$. В) $\varphi=21,3^\circ$. Г) $\varphi=7,1^\circ$. Д) $\varphi=1,8^\circ$.

411. Електрон, *рухомий зі швидкістю* $V=5 \cdot 10^6$ м/з, влітає у *паралельне його руху* електричне поле напруженістю $E=10^3$ В/м. Яку відстань S пройде електрон до *повної зупинки*? ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

А) $S=48$ мм. Б) $S=71$ мм. В) $S=24$ мм. Г) $S=96$ мм. Д) $S=36$ мм.

412. Електрон знаходиться у однорідному електричному полі напруженістю $E=200$ кВ/м. Яку відстань S пролетить електрон за проміжок часу $t=1$ нс, якщо його *початкова швидкість* $V_0=0$? ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

А) $S=84$ см. Б) $S=3,5$ см. В) $S=0,12$ см. Г) $S=31$ см. Д) $S=128$ см.

413. Якої швидкості V набуває електрон, який пройшов прискорюючу різницю потенціалів $\Delta\varphi=100$ В? ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

А) $V=8,3 \cdot 10^4$ м/с. Б) $V=7,6 \cdot 10^5$ м/с. В) $V=1,8 \cdot 10^7$ м/с.
Г) $V=5,9 \cdot 10^6$ м/с. Д) $V=3,4 \cdot 10^3$ м/с.

414. Яка робота A здійснюється електричним полем при переміщенні точкового заряду $q=3$ нКл із точки з потенціалом $\varphi_1=1$ В у точку з потенціалом $\varphi_2=9$ В?

А) $A=2,4$ нДж. Б) $A=240$ нДж. В) $A=24$ нДж. Г) $A=2,4$ мкДж. Д) $A=0,24$ нДж.

407. The distance between two point charges $q_1=8$ nCoul and $q_2=-5,3$ nCoul is $d=40$ cm. Find out the field strength E in the point, which is *in the midpoint* between these charges.

A) $E=4.2$ kV/m B) $E=1.2$ kV/m C) $E=2.4$ kV/m D) $E=3.0$ kV/m E) $E=1.8$ kV/m

408. In a homogeneous electric field in vacuum there is a grain of powder of mass $m=4\cdot 10^{-9}$ g, which has charge $q=-1,6\cdot 10^{-11}$ Coul. What must the field strength E be for the grain of powder to be *in equilibrium* ?

A) $E=9.81$ V/m B) $E=2.45$ V/m C) $E=6.78$ V/m D) $E=4.96$ V/m E) $E=1.24$ V/m

409. The field strength away from a point charge $q=4$ nCoul located in a liquid dielectric is $E=2\cdot 10^4$ Volt/m. What dielectric permeability ϵ does this dielectric have ?

A) $\epsilon=8$ B) $\epsilon=2$ C) $\epsilon=6$ D) $\epsilon=81$ E) $\epsilon=4$

410. Through what angle φ did a little ball of a charge $q=4,9\cdot 10^{-9}$ Coul and of mass $m=0.4$ g hung up on a silk thread deviate, if it is placed into a homogeneous *horizontal* field of $E=10^5$ N/Coul in strength ?

A) $\varphi=14.2^\circ$ B) $\varphi=3.6^\circ$ C) $\varphi=21.3^\circ$ D) $\varphi=7.1^\circ$ E) $\varphi=1.8^\circ$

411. An electron moving at a velocity $V=5\cdot 10^6$ m/sec flies into the electric field of $E=10^3$ V/m in strength and which is *parallel* to the electron motion. What distance S will the electron travel before *its full stop* ? ($e=1.6\cdot 10^{-19}$ Coul, $m_e=9.1\cdot 10^{-31}$ kg).

A) $S=48$ mm B) $S=71$ mm C) $S=24$ mm D) $S=96$ mm E) $S=36$ mm

412. An electron is in the homogeneous electric field of strength $E=200$ kV/m. What distance S will the electron travel for the period of time $t=1$ ns, if its *initial* velocity is $V_0=0$? ($e=1.6\cdot 10^{-19}$ Coul, $m_e=9.1\cdot 10^{-31}$ kg).

A) $S=84$ cm B) $S=3.5$ cm C) $S=0.12$ cm D) $S=31$ cm E) $S=128$ cm

413. What velocity V will an electron that has passed the accelerating potential difference $\Delta\varphi=100$ Volt have ? ($e=1.6\cdot 10^{-19}$ Coul, $m_e=9.1\cdot 10^{-31}$ kg).

A) $V=8.3\cdot 10^4$ m/sec B) $V=7.6\cdot 10^5$ m/sec C) $V=1.8\cdot 10^7$ m/sec
D) $V=5.9\cdot 10^6$ m/sec E) $V=3.4\cdot 10^3$ m/sec

414. What work A is done by the electric field in the motion of a point charge $q=3$ nCoul from the point with potential $\varphi_1=1$ Volt to the point with the potential $\varphi_2=9$ Volt ?

A) $A=2.4$ nJ B) $A=240$ nJ C) $A=24$ nJ D) $A=2.4$ mJ E) $A=0.24$ nJ

415. Електрон летить із точки A у точку B , різниця потенціалів між якими $\Delta\varphi = 100$ В. Яку швидкість V матиме електрон в точці B , якщо в точці A його швидкість $V_0 = 0$? Відношення заряду електрона до його маси $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

- А) $V = 1,2 \cdot 10^8$ м/с. Б) $V = 8,4 \cdot 10^5$ м/с. В) $V = 2,4 \cdot 10^7$ м/с.
Г) $V = 4,8 \cdot 10^4$ м/с. Д) $V = 5,9 \cdot 10^6$ м/с.

416. Напруженість поля між пластинами конденсатора $E = 3 \cdot 10^4$ В/м. Різниця потенціалів між ними $U = 600$ В. Визначити відстань d між його пластинами.

- А) $d = 2$ см. Б) $d = 0,5$ см. В) $d = 2$ мм. Г) $d = 10$ мм. Д) $d = 10$ см.

417. Точковий заряд $q_1 = 1 \cdot 10^{-12}$ Кл переміщується вздовж траєкторії *півкільця* радіусом $R = 10$ см, в центрі якого **приміщений** точковий заряд $q_0 = 1$ Кл. Визначити роботу A переміщення заряду.

- А) $A = 135$ мДж. Б) $A = 90$ мДж. В) $A = 45$ мДж. Г) $A = 180$ мДж. Д) $A = 0$ мДж.

418. Порошинка масою $m = 10^{-11}$ г має заряд $q = 3,2 \cdot 10^{-18}$ Кл і знаходиться у *рівновазі* між пластинами конденсатора із різницею потенціалів $U = 153$ В. Визначити відстань d між його пластинами.

- А) $d = 2,5$ мм. Б) $d = 5,0$ мм. В) $d = 7,5$ мм. Г) $d = 10$ мм. Д) $d = 12,5$ мм.

Конденсатори. Енергія електричного поля

419. Яка із наведених формул визначає поняття електричної **ємності** C *відокремленого провідника* ?

- А) $C = \frac{\varphi}{q}$. Б) $C = \frac{q}{\varphi}$. В) $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$. Г) $C = \frac{U}{d}$. Д) $C = q \cdot \varphi$.

420. Заряд Q на обкладках конденсатора *збільшили* у 2 рази. Як змінилась при цьому ємність конденсатора C ?

- А) Зменшилась у 2 рази. Б) Збільшилась у 2 рази. В) Не змінилась.
Г) Зменшилась у 4 рази. Д) Збільшилась у 4 рази.

421. Ємність провідника *залежить від*:

- А) Температури провідника. Г) Агрегатного стану провідника.
Б) Матеріалу провідника. Д) Форми і розмірів провідника.
В) Питомого опору матеріалу провідника.

422. Яка із наведених формул **не призначена** для визначення *енергії* електричного поля плоского конденсатора W ?

415. An electron is flying from point A to point B , the potential difference between them is $\Delta\varphi=100$ volt. What velocity V will the electron have in point B , if in point A its velocity is $V_0=0$? The relationship between the electron charge and its mass is $e/m=1.76\cdot 10^{11}$ coul/kg.

- A) $V=1.2\cdot 10^8$ m/sec B) $V=8.4\cdot 10^5$ m/sec C) $V=2.4\cdot 10^7$ m/sec
D) $V=4.8\cdot 10^4$ m/sec E) $V=5.9\cdot 10^6$ m/sec

416. Strength of the field between the condenser disks is $E=3\cdot 10^4$ volt/m. The potential difference between them is $U=600$ volt. Find out the distance d between its disks.

- A) $d=2$ cm B) $d=0,5$ cm C) $d=2$ mm D) $d=10$ mm E) $d=10$ cm

417. A point charge $q_1=1\cdot 10^{-12}$ coul moves along a *semi-ring* of radius $R=10$ cm in the center of which there is a point charge $q_0=1$ coul. Find out work of the charge motion.

- A) $A=135$ mJ B) $A=90$ mJ C) $A=45$ mJ D) $A=180$ mJ E) $A=0$ mJ

418. A particle of dust of $m=10^{-11}$ g in mass has the charge $q=3.2\cdot 10^{-18}$ coul and is *in equilibrium* between the condenser disks with the potential difference $U=153$ volt. Find out the distance d between its disks.

- A) $d=2.5$ mm B) $d=5.0$ mm C) $d=7.5$ mm D) $d=10$ mm E) $d=12.5$ mm

Condensers. Electric field energy

419. What of the below formulas determines the concept of the capacity C of a *free conductor* ?

- A) $C = \frac{\varphi}{q}$ B) $C = \frac{q}{\varphi}$ C) $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ D) $C = \frac{U}{d}$ E) $C = q \cdot \varphi$

420. The charge Q on the condenser plates was *increased* two times. How did the condenser electro-capacity C change ?

- A) It decreased 2 times. B) It increased 2 times. C) It did not change.
D) It decreased 4 times. E) It increased 4 times.

421. A conductor electro-capacity C *depends on*:

- A) The conductor temperature. D) The conductor aggregative state.
B) The conductor material. E) The conductor form and sizes.
C) The conductor material resistivity.

422. What of the below formulas is *not intended* for determining energy of a plane condenser electric field W ?

$$\text{А) } W = \frac{C \cdot U^2}{2}. \quad \text{Б) } W = \frac{q \cdot U}{2}. \quad \text{В) } W = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}. \quad \text{Г) } W = \frac{q^2}{2 \cdot C}.$$

423. Як зміниться ємність плоского конденсатора C , якщо відстань d між його пластинами *зменшити* у 3 рази ?

- А) Збільшиться у 3 рази. Б) Збільшиться у $\sqrt{3}$ разів. В) Збільшиться у 9 разів.
Г) Зменшиться у 3 рази. Д) Зменшиться у $\sqrt{3}$ разів.

424. Надавши провіднику заряд $q=2 \cdot 10^{-2}$ Кл, його зарядили до потенціалу $\varphi=100$ В. Визначити електроємність C цього провідника.

- А) $C=100$ мкФ. Б) $C=200$ мкФ. В) $C=500$ мкФ. Г) $C=50$ мкФ. Д) $C=150$ мкФ.

425. Визначити ємність плоского конденсатора C , обкладками якого є листи сталюю площею $S=47$ см², ізолювані п'ятнадцятьма ($N=15$) листами парафінового паперу, завтовшки $d=0,03$ мм, діелектрична проникність якого $\varepsilon=3$.

- А) $C=438$ пФ. Б) $C=25,4$ пФ. В) $C=68,2$ пФ. Г) $C=277$ пФ. Д) $C=146$ пФ.

426. Два конденсатори ємностями $C_1=0,25$ мкФ і $C_2=0,5$ мкФ з'єднали *паралельно* і підключили до джерела напруги $U=12$ В. Який електричний заряд Q *придбає* ця система ?

- А) $Q=9$ мкКл. Б) $Q=36$ мкКл. В) $Q=72$ мкКл. Г) $Q=4$ мкКл. Д) $Q=24$ мкКл.

427. Як зміниться електроємність C плоского конденсатора, якщо площу S його пластин *збільшити* у 2 рази ?

- А) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Збільшиться у 4 рази. В) Збільшиться у 2 рази.
Г) Зменшиться у 2 рази. Д) Зменшиться у 4 рази.

428. Визначити різницю потенціалів U між пластинами конденсатора, який має на пластинах електричний заряд $q=2$ мКл, а його *місткість* C складає 200 мкФ.

- А) $U=50$ В. Б) $U=75$ В. В) $U=5$ В. Г) $U=10$ В. Д) $U=25$ В.

429. Площа пластин плоского конденсатора $S=100$ см², а відстань між ними $d=5$ мм. До пластин прикладена різниця потенціалів $U=300$ В. Чому дорівнює енергія конденсатора W , якщо діелектрична проникність речовини між його пластинами $\varepsilon=2,5$?

- А) $W=2 \cdot 10^{-7}$ Дж. Б) $W=2 \cdot 10^{-5}$ Дж. В) $W=2 \cdot 10^{-3}$ Дж. Г) $W=2 \cdot 10^{-4}$ Дж. Д) $W=2 \cdot 10^{-6}$ Дж.

430. Плоский повітряний конденсатор із площею пластин $S=50$ см² та відстанню

$$\text{A) } W = \frac{C \cdot U^2}{2}. \quad \text{B) } W = \frac{q \cdot U}{2}. \quad \text{C) } W = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}. \quad \text{D) } W = \frac{q^2}{2 \cdot C}.$$

423. How will the value of a plane condenser C change, if the distance d between its disks *decreased* by a factor equal to three ?

- A) It will increase 3 times. B) It will increase $\sqrt{3}$ times. C) It will increase 9 times.
D) It will decrease 3 times. E) It will decrease $\sqrt{3}$ times.

424. Having imparted the charge $q=2 \cdot 10^{-2}$ coul to a conductor, it was charged up to the potential $\varphi=100$ volt. Find out this conductor electro-capacity C .

- A) $C=100$ mkF B) $C=200$ mkF C) $C=500$ mkF D) $C=50$ mkF E) $C=150$ mkF

425. Find out the capacity C of a plane condenser, which plates are tin foil leaves of $S=47 \text{ cm}^2$ in square isolated with fifteen ($N=15$) leaves of paraffined paper as thick as $d=0.03 \text{ mm}$; its dielectric permeability is $\varepsilon=3$.

- A) $C=438$ pF B) $C=25.4$ pF C) $C=68.2$ pF D) $C=277$ pF E) $C=146$ pF

426. Two condensers of the capacities $C_1=0.25$ mkF and $C_2=0.5$ mkF were connected *in parallel* and were connected to a voltage source $U=12$ volt. What electric charge Q will this system gain ?

- A) $Q=9$ mkcoul B) $Q=36$ mkcoul C) $Q=72$ mkcoul D) $Q=4$ mkcoul E) $Q=24$ mkcoul

427. How will electro-capacity C of a plane condenser change, if the area S of its plates *is increased* twice ?

- A) It will increase $\sqrt{2}$ times. B) It will increase 4 times. C) It will increase 2 times.
D) It will decrease 2 times. E) It will decrease 4 times.

428. Determine the potential difference U between the condenser disks, which have electric charge $q=2$ mcoul and the condenser capacity is $C=200$ mkF.

- A) $U=50$ volt B) $U=75$ volt C) $U=5$ volt D) $U=10$ volt E) $U=25$ volt

429. The area of plane condenser disks is $S=100 \text{ cm}^2$ and the distance between them is $d=5 \text{ mm}$. the disks are applied with the potential difference $U=300$ volt. What is the condenser energy W equal to if the dielectric permeability of the substance between the disks is $\varepsilon=2.5$?

- A) $W=2 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ B) $W=2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ C) $W=2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ D) $W=2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ E) $W=2 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

430. The area of a plane air condenser is $S=50 \text{ cm}^2$ and the distance between them is

між ними $d=2$ мм заряджається від батареї з напругою $U=500$ В. Визначити величину заряду q на пластинах конденсатора.

А) $q=4 \cdot 10^{-10}$ Кл. Б) $q=7 \cdot 10^{-7}$ Кл. В) $q=5 \cdot 10^{-9}$ Кл. Г) $q=1 \cdot 10^{-8}$ Кл. Д) $q=6 \cdot 10^{-6}$ Кл.

431. Визначити напруженість поля E у конденсаторі за умов попереднього завдання.

А) $E=50$ кВ/м Б) $E=250$ кВ/м В) $E=100$ кВ/м Г) $E=200$ кВ/м Д) $E=150$ кВ/м

432. Визначте різницю потенціалів U між пластинами конденсатора, ємністю $C=100$ мкФ, який має заряд на пластинах $q=5 \cdot 10^{-3}$ Кл.

А) $U=25$ В. Б) $U=5$ В. В) $U=50$ В. Г) $U=100$ В. Д) $U=75$ В.

433. У скільки разів зміниться ємність плоского конденсатора, якщо робочу поверхню його пластинів S зменшити у 2 рази, а відстань між ними d збільшити у 3 рази?

А) Зменшиться у 1,5 рази. Б) Збільшиться у 6 разів. В) Зменшиться у 0,7 рази.
Г) Збільшиться у 1,5 рази. Д) Зменшиться у 6 разів.

434. У скільки разів зміниться ємність плоского конденсатора, якщо робочу поверхню його пластинів S збільшити у 3 рази, а відстань між ними d зменшити у 2 рази?

А) Збільшиться у 6 разів. Б) Зменшиться у 1,5 рази. В) Збільшиться у 1,5 рази.
Г) Збільшиться у 0,7 рази. Д) Зменшиться у 6 разів.

435. Заряд конденсатора $q=4 \cdot 10^{-4}$ Кл, а напруга між його обкладками $U=500$ В. Визначити енергію W електричного поля в конденсаторі.

А) $W=250$ мДж. Б) $W=50$ мДж. В) $W=100$ мДж. Г) $W=200$ мДж. Д) $W=150$ мДж.

436. Яка кількість теплоти Q виділиться у провіднику при розряді через нього конденсатора ємністю $C=50$ мкФ, зарядженого до різниці потенціалів $U=120$ В?

А) $Q=540$ мДж. Б) $Q=180$ мДж. В) $Q=360$ мДж. Г) $Q=240$ мДж. Д) $Q=720$ мДж.

437. Різниця потенціалів між пластинами конденсатора $U=90$ В. Площа кожної пластини $S=60$ см², а заряд $q=10^{-9}$ Кл. Визначте відстань між його пластинами d .

А) $d=1,2$ мм. Б) $d=4,8$ мм. В) $d=2,4$ мм. Г) $d=6,0$ мм. Д) $d=3,6$ мм.

438. Знайти різницю потенціалів U між пластинами повітряного конденсатора, який має заряд на пластинах $q=2$ мКл і електричну ємність $C=200$ мкФ.

$d=2$ mm. The condenser is being charged from a battery of voltage $U=500$ volt. Find out the value of the charge q on the condenser disks.

A) $q=4 \cdot 10^{-10}$ coul B) $q=7 \cdot 10^{-7}$ coul C) $q=5 \cdot 10^{-9}$ coul D) $q=1 \cdot 10^{-8}$ coul E) $q=6 \cdot 10^{-6}$ coul

431. Find out the field strength E in a condenser under the conditions of the previous problem.

A) $E=50$ kV/m B) $E=250$ kV/m C) $E=100$ kV/m D) $E=200$ kV/m E) $E=150$ kV/m

432. Find out the potential difference U between the condenser disks, the condenser capacity is $C=100$ mF, the charge on the disks is $q=5 \cdot 10^{-3}$ coul.

A) $U=25$ Volt B) $U=5$ Volt C) $U=50$ Volt D) $U=100$ Volt E) $U=75$ Volt

433. How many times will a plane condenser capacity change, if the working surface of its disks S is *decreased* by a factor equal to 2 and the distance between them d is *increased* three times?

A) It will decrease 1.5 times B) It will increase 6 times C) It will decrease 0.7 times
D) It will increase 1.5 times E) It will decrease 6 times

434. How many times will a plane condenser capacity change, if the working surface of its disks S *increases* three times, and the distance between them *decreases* by a factor equal to 2?

A) It will increase 6 times B) It will decrease 1.5 times C) It will increase 1.5 times
D) It will increase 0.7 times E) It will decrease 6 times

435. A condenser charge is $q=4 \cdot 10^{-4}$ coul, voltage between its plates is $U=500$ volt. Find out energy W of the electric field in the condenser.

A) $W=250$ mJ B) $W=50$ mJ C) $W=100$ mJ D) $W=200$ mJ E) $W=150$ mJ

436. What quantity of heat Q will be released in a conductor when a condenser of $C=50$ mF in capacity charged up to the potential difference of $U=120$ volt will discharge in it?

A) $Q=540$ mJ B) $Q=180$ mJ C) $Q=360$ mJ D) $Q=240$ mJ E) $Q=720$ mJ

437. The potential difference between condenser disks is $U=90$ volt. The area of each disk is $S=60$ cm², and charge is $q=10^{-9}$ coul. Find out the distance between its disks d .

A) $d=1.2$ mm B) $d=4.8$ mm C) $d=2.4$ mm D) $d=6.0$ mm E) $d=3.6$ mm

438. Find out the potential difference U between air condenser disks with the charge on them $q=2$ mCoul and the condenser electro-capacity is $C=200$ mF.

А) $U=20$ В. Б) $U=5$ В. В) $U=10$ В. Г) $U=25$ В. Д) $U=15$ В.

439. Визначите електричну **місткість** C плоского повітряного конденсатора, площа обкладок якого $S=100$ см², а відстань між ними $d=0,1$ мм.

А) $C=221$ пФ. Б) $C=885$ пФ. В) $C=116$ пФ. Г) $C=442$ пФ. Д) $C=694$ пФ.

440. Конденсатор, який складається із двох паралельних пластин, має ємність $C=5$ пФ. Який заряд q має кожна із його обкладок, якщо різниця потенціалів між ними $\Delta\varphi=100$ В ?

А) $q=0,5$ нКл. Б) $q=5,0$ мкКл. В) $q=5,0$ нКл. Г) $q=0,5$ мкКл. Д) $q=50$ нКл.

441. Який заряд q міститься на кожній із пластин конденсатора, якщо різниця потенціалів між його обкладками $U=200$ В, а ємність конденсатора $C=0,5$ мкФ ?

А) $q=0,5$ мКл. Б) $q=2,0$ мКл. В) $q=0,1$ мКл. Г) $q=1,0$ мКл. Д) $q=0,2$ мКл.

442. Як зміниться ємність C плоского конденсатора, якщо робочу площу його пластин S зменшити у 2 рази, а відстань між ними d зменшити у 3 рази ?

А) Зменшиться у 6 разів. Б) Збільшиться у 1,5 рази. В) Зменшиться у 1,5 рази.

Г) Збільшиться у 0,67 разів. Д) Збільшиться у 6 разів.

443. Плоский повітряний конденсатор зарядили. Як зміниться напруженість електричного поля між його пластинами, якщо відстань d між ними збільшити у 2 рази ?

А) Збільшиться у 4 рази. Б) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. В) Зменшиться у 2 рази.

Г) Зменшиться у 4 рази. Д) Збільшиться у 2 рази.

444. Конденсатору ємністю $C=2$ мкФ надали заряд $q=10^{-3}$ Кл, і з'єднали його обкладки провідником. Визначте кількість теплоти Q , яка виділиться у провіднику під час розрядки.

А) $Q=500$ мДж. Б) $Q=150$ мДж. В) $Q=250$ мДж. Г) $Q=50$ мДж. Д) $Q=350$ мДж.

Постійний електричний струм

445. Яке із приведених тверджень є визначенням електричного струму?

А) Прямолінійний рух зарядів.

Г) Поступальний рух зарядів.

Б) Обертальний рух зарядів.

Д) Упорядкований рух частинок.

В) Упорядкований рух зарядів.

446. Якому із тверджень відповідає визначення електричного струму I ?

A) $U=20$ Volt B) $U=5$ Volt C) $U=10$ Volt D) $U=25$ Volt E) $U=15$ Volt

439. Find out electro-capacity C of a plane air condenser; the area of its plates is $S=100\text{ cm}^2$ and the distance between them is $d=0.1\text{ mm}$.

A) $C=221\text{ pF}$ B) $C=885\text{ pF}$ C) $C=116\text{ pF}$ D) $C=442\text{ pF}$ E) $C=694\text{ pF}$

440. A condenser consisting of two parallel disks has capacity $C=5\text{ pF}$. What charge q does each of its plates have if the potential difference between them is $\Delta\varphi=100\text{ volt}$?

A) $q=0.5\text{ ncoul}$ B) $q=5.0\text{ mkcoul}$ C) $q=5.0\text{ ncoul}$ D) $q=0.5\text{ mkcoul}$ E) $q=50\text{ ncoul}$

441. What charge q is on each disk of a condenser, if the potential difference between its coverings is $U=200\text{ volt}$ and the condenser capacity is $C=0.5\text{ mkF}$?

A) $q=0.5\text{ mcoul}$ B) $q=2.0\text{ mcoul}$ C) $q=0.1\text{ mcoul}$ D) $q=1.0\text{ mcoul}$ E) $q=0.2\text{ mcoul}$

442. How will capacity C of a plane condenser, if the working surface of its disks *decreases* by a factor equal to 2 and the distance between them d *decreases* by a factor equal to 3?

A) It will decrease 6 times B) It will increase 1.5 times C) It will decrease 1.5 times
D) It will increase 0.67 times E) It will increase 6 times

443. A plane air condenser was charged. How will the electric field strength between its disks change, if the distance between them *increases* 2 times?

A) It will increase 4 times B) It will increase $\sqrt{2}$ times C) It will decrease 2 times
D) It will decrease 4 times E) It will increase 2 times

444. A condenser of capacity $C=2\text{ mkF}$ was imparted with charge $q=10^{-3}\text{ coul}$ and its plates were connected with a conductor. Find out the quantity of heat Q , that will be released in the conductor in its discharge.

A) $Q=500\text{ mJ}$ B) $Q=150\text{ mJ}$ C) $Q=250\text{ mJ}$ D) $Q=50\text{ mJ}$ E) $Q=350\text{ mJ}$

Direct current

445. What of the below statements is *the definition* of electric current?

A) Rectilinear motion of charges D) Translational motion of charges
B) Rotary motion of charges E) Ordered motion of particles
C) Ordered motion of charges

446. What of the below statement does the definition of *electric current* I correspond to?

- А) Зміна швидкості заряджених частинок. Г) Спрямований рух частинок.
 Б) Хаотичний рух заряджених частинок. Д) Рух заряджених частинок.
 В) **Спрямований** рух заряджених частинок.

447. Від яких із наведених параметрів залежить електричний опір провідника R ?

- А) Від густини струму у колі. Г) Від напруги на кінцях провідника.
 Б) Від сили струму в **ланцюзі**. Д) Від розмірів і матеріалу провідника.
 В) Від ЕРС джерела струму.

448. Укажіть *вірну* формулу, **по якій** можна визначити електричний опір провідника R **по його геометричним розмірах**.

А) $R = R_1 + R_2$. Б) $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$. В) $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$. Г) $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. Д) $R = \frac{U}{I}$.

449. Два провідники із електричними опорами R_1 та R_2 з'єднали *паралельно*. Яке твердження щодо параметрів електричного кола *справедливе* для цього випадку ?

А) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $R = R_1 + R_2$. Б) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $R = R_1 + R_2$.
 В) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. Г) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.

450. У якому випадку відрізок металевого дроту, включений у коло постійного струму, *збільшить* свій електричний опір ?

- А) При нагріванні. Б) При скороченні. В) При згортанні у спіраль.
 Г) При охолодженні. Д) При лудінні (покритті тонким шаром олова).

451. Два провідники з електричними опорами R_1 та R_2 з'єднали *послідовно*. Яке твердження щодо параметрів електричного кола *справедливе* для цього випадку ?

А) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $R = R_1 + R_2$. Б) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $R = R_1 + R_2$.
 В) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. Г) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.

452. Дві електричні лампи розжарювання опорами $R_1 = 200$ Ом і $R_2 = 300$ Ом з'єднані *паралельно*. Визначте силу струму I_2 у другій лампі із опором R_2 , якщо у першій лампі вона становить $I_1 = 0,6$ А.

А) $I_2 = 0,3$ А. Б) $I_2 = 0,1$ А. В) $I_2 = 0,5$ А. Г) $I_2 = 0,2$ А. Д) $I_2 = 0,4$ А.

453. Загальний електричний опір двох провідників, з'єднаних *послідовно*, **складає** $R_1 = 5$ Ом, а з'єднаних *паралельно*, $R_2 = 1,2$ Ом. Визначити опір кожного провідника r_1 і r_2 .

А) $r_1 = 2,5$ Ом; $r_2 = 2,5$ Ом. Б) $r_1 = 1$ Ом; $r_2 = 4$ Ом. В) $r_1 = 0,5$ Ом; $r_2 = 4,5$ Ом.
 Г) $r_1 = 3$ Ом; $r_2 = 2$ Ом. Д) $r_1 = 1,5$ Ом; $r_2 = 3,5$ Ом.

- A) Variation of charged particles velocity D) Ordered motion of particles
 B) Chaotic motion of charged particles E) Motion of charged particles
 C) Ordered motion of charged particles

447. What of the below parameters does electrical resistance of a conductor R depend on?

- A) On a current density in a circuit D) On voltage in conductor ends
 B) On current intensity in a circuit E) On conductor sizes and material
 C) On current source electromotive force

448. Show *the correct* formula to determine electrical resistance of the conductor R by its geometry.

A) $R = R_1 + R_2$. B) $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$. C) $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$. D) $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. E) $R = \frac{U}{I}$.

449. Two conductors with electrical resistances R_1 and R_2 were connected *in parallel*. What statement about the parameters of electric circuit is *true* for this case ?

A) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $R = R_1 + R_2$. C) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $R = R_1 + R_2$.
 B) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. D) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.

450. In what case will a metallic wire in a direct current circuit *increase* its electrical resistance R ?

- A) In heating. B) In shortening. C) In coiling. D) In cooling.
 E) In tinning (covering with a thin layer of tin).

451. Two conductors with electrical resistances R_1 and R_2 were connected *in sequence*. What statement about the parameters of electric circuit is *true* for this case ?

A) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $R = R_1 + R_2$. C) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $R = R_1 + R_2$.
 B) $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. D) $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.

452. Two electric incandescent lamps with resistances $R_1 = 200$ Ohm and $R_2 = 300$ Ohm are connected *in parallel*. Find out current intensity in the second lamp with resistance R_2 , if current intensity in the first lamp is $I_1 = 0.6$ A.

A) $I_2 = 0.3$ A B) $I_2 = 0.1$ A C) $I_2 = 0.5$ A D) $I_2 = 0.2$ A E) $I_2 = 0.4$ A

453. Total electrical resistance of two conductors connected *in sequence* is $R_1 = 5$ Ohm and connected *in parallel* – $R_2 = 1.2$ Ohm. Find out resistance of each conductor r_1 and r_2 .

A) $r_1 = 2.5$ Ohm; $r_2 = 2.5$ Ohm B) $r_1 = 1$ Ohm; $r_2 = 4$ Ohm C) $r_1 = 0.5$ Ohm; $r_2 = 4.5$ Ohm
 D) $r_1 = 3$ Ohm; $r_2 = 2$ Ohm E) $r_1 = 1.5$ Ohm; $r_2 = 3.5$ Ohm

Закон Ома

454. Яка формула є виразом закону Ома для *однорідної ділянки* електричного кола?

А) $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$. Б) $i = \frac{\Delta \varphi + \varepsilon}{R + r}$. В) $i = \frac{U}{R}$. Г) $i = \frac{\varepsilon}{R + r}$. Д) $i = \frac{P}{U}$.

455. Яка із формул є законом Ома для *замкнутого* електричного кола?

А) $i = \frac{\Delta \varphi + \varepsilon}{R + r}$. Б) $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$. В) $i = \frac{U}{R}$. Г) $i = \frac{\varepsilon}{R + r}$. Д) $i = \frac{P}{U}$.

456. Яка із формул є визначенням електрорушійної сили джерела струму ε ?

А) $\varepsilon = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$. Б) $\varepsilon = \frac{A_{\text{стоп}}}{q}$. В) $\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$. Г) $\varepsilon = \frac{1}{ne} \cdot \frac{B \cdot I}{a}$. Д) $\varepsilon = I \cdot (R + r)$.

457. Вкажіть одиницю *виміру* електрорушійної сили (ЕРС) джерела струму.

А) Дж (Джоуль). Б) Кл (Кулон). В) А (Ампер). Г) В (Вольт). Д) Вт (Ват).

458. Визначити електричний опір провідника R , якщо при напрузі $U=9$ В на його кінцях сила струму I у ньому складає 3 А.

А) $R=27$ Ом. Б) $R=6$ Ом. В) $R=3$ Ом. Г) $R=1$ Ом. Д) $R=12$ В.

459. Визначити силу електричного струму I у провіднику, якщо при напрузі на його кінцях $U=15$ В, його електричний опір R дорівнює 3 Ом.

А) $I=15$ А. Б) $I=45$ А. В) $I=30$ А. Г) $I=10$ А. Д) $I=5$ А.

460. Визначите *падіння* напруги U на мідному дроті завдовжки $l=500$ м і діаметром $d=2$ мм, якщо сила струму у ньому $I=2$ А, а питомий опір міді $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

А) $U=4,5$ В. Б) $U=2,8$ В. В) $U=9,6$ В. Г) $U=5,4$ В. Д) $U=8,1$ В.

461. Якщо до полюсів джерела струму приєднати резистор опором $R_1=8$ Ом, то у ній виникне струм силою I . Якщо поміняти його на резистор опором $R_2=17$ Ом, то сила струму буде *в два рази меншою*, ніж у першому випадку. Визначте внутрішній опір r джерела струму.

А) $r=1,0$ Ом. Б) $r=2,5$ Ом. В) $r=0,5$ Ом. Г) $r=1,5$ Ом. Д) $r=2,0$ Ом.

462. Батарея із електрорушійною силою $\varepsilon=2$ В і внутрішнім опором $r=0,4$ Ом замкнута на резистор із електричним опором $R=1$ Ом. Визначити напругу U на клеммах батареї.

Ohm's law

454. What of the below formulas expresses Ohm's law for a *homogeneous* subcircuit?

A) $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ B) $i = \frac{\Delta \varphi + \varepsilon}{R + r}$ C) $i = \frac{U}{R}$ D) $i = \frac{\varepsilon}{R + r}$ E) $i = \frac{P}{U}$

455. What of the below formulas expresses Ohm's law for a *closed* electric circuit?

A) $i = \frac{\Delta \varphi + \varepsilon}{R + r}$ B) $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ C) $i = \frac{U}{R}$ D) $i = \frac{\varepsilon}{R + r}$ E) $i = \frac{P}{U}$

456. What of the below formulas is *the definition* of the electromotive force of a current source ε ?

A) $\varepsilon = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$ B) $\varepsilon = \frac{A}{q}$ C) $\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ D) $\varepsilon = \frac{1}{ne} \cdot \frac{B \cdot I}{a}$ E) $\varepsilon = I \cdot (R + r)$

457. Show the unit of measurement of *the electromotive force* of a current source.

A) J (Joule) B) $Coul$ (Coulomb) C) A (Ampere) D) V (Volt) E) Wt (Watt)

458. Find out electrical resistance of a conductor R , if at voltage $U=9$ volt current intensity I in its ends is 3 A.

A) $R=27$ Ohm B) $R=6$ Ohm C) $R=3$ Ohm D) $R=1$ Ohm E) $R=12$ volt

459. Find out electric current intensity I in a conductor if at voltage $U=15$ volt in its ends its electrical resistance R is 3 Ohm.

A) $I=15$ A B) $I=45$ A C) $I=30$ A D) $I=10$ A E) $I=5$ A

460. Find out a voltage drop U in a copper wire as long as $l=500$ m and $d=2$ mm in diameter, if its current intensity is $I=2$ A and specific resistance of copper is $\rho=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ohm·m.

A) $U=4.5$ V B) $U=2.8$ V C) $U=9.6$ V D) $U=5.4$ V E) $U=8.1$ V

461. If a resistor with resistance $R_1=8$ Ohm is connected to the poles of a current source, the current of intensity I appears in it. If a resistor with resistance $R_1=17$ Ohm is taken then the current intensity *will be twice less* than in the first case. Find out internal resistance r of the current source.

A) $r=1.0$ Ohm B) $r=2.5$ Ohm C) $r=0.5$ Ohm D) $r=1.5$ Ohm E) $r=2.0$ Ohm

462. A battery electromotive force is $\varepsilon=2$ volt and internal resistance is $r=0.4$ Ohm. The battery is closed on a resistor with electrical resistance $R=1$ Ohm. Find out voltage U on the battery terminals.

А) $U=0,8$ В. Б) $U=1,6$ В. В) $U=1,0$ В. Г) $U=1,4$ В. Д) $U=1,2$ В.

463. Напруга на затискачах батареї після включення навантаження $U=9$ В при силі струму $I=1,5$ А. Знайти внутрішній опір батареї r , якщо електрорушійна сила батареї $\varepsilon=15$ В.

А) $r=2$ Ом. Б) $r=4$ Ом. В) $r=1$ Ом. Г) $r=5$ Ом. Д) $r=3$ Ом.

464. При *послідовному* з'єднанні двох ламп з опором $R_1=100$ Ом кожна, через них протікає струм силою $I=1$ А. Визначте електрорушійну силу джерела струму ε , вважаючи його внутрішній опір r *нехтовно малим*.

А) $\varepsilon=50$ В. Б) $\varepsilon=150$ В. В) $\varepsilon=250$ В. Г) $\varepsilon=100$ В. Д) $\varepsilon=200$ В.

465. Визначити внутрішній опір r джерела струму, якщо при замиканні його на резистор опором $R_1=1,8$ Ом у колі тече струм силою $I_1=0,7$ А, а при замиканні на резистор опором $R_2=2,3$ Ом сила струму у колі дорівнює $I_2=0,56$ А.

А) $r=0,5$ Ом. Б) $r=0,1$ Ом. В) $r=0,2$ Ом. Г) $r=0,5$ Ом. Д) $r=0,4$ Ом.

466. Визначити електрорушійну силу джерела струму ε , якщо при замиканні його на резистор опором $R_1=1,8$ Ом у колі тече струм силою $I_1=0,7$ А, а при замиканні на резистор опором $R_2=2,3$ Ом сила струму у колі дорівнює $I_2=0,56$ А.

А) $\varepsilon=2,4$ В. Б) $\varepsilon=1,8$ В. В) $\varepsilon=3,2$ В. Г) $\varepsilon=1,4$ В. Д) $\varepsilon=2,7$ В.

Робота і потужність струму

467. Яка із формул *не дозволяє* визначити *потужність* P електричного струму ?

А) $P = I \cdot U$. Б) $P = \frac{U^2}{R}$. В) $P = j^2 \cdot \rho$. Г) $P = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot I + \varepsilon \cdot I$. Д) $P = I^2 \cdot R$.

468. Як зміниться потужність електроплитки P , якщо напруга U в мережі *не змінюється*, а довжина її нагрівальної спіралі l *зменшується* удвічі ?

А) Збільшиться у 2 рази. Б) Зменшиться у 4 рази. В) Збільшиться у $\sqrt{2}$ рази.
Г) Збільшиться у 4 рази. Д) Зменшиться у 2 рази.

469. Як зміниться потужність електроплитки P , якщо напруга U в мережі *постійна*, а довжину l її нагрівальній спіралі *збільшують* втричі ?

А) Збільшиться у 3 рази. Б) Зменшиться у 9 разів. В) Збільшиться у $\sqrt{3}$ рази.
Г) Збільшиться у 9 разів. Д) Зменшиться у 3 рази.

470. У якому випадку кількість теплоти Q , яка виділиться в **нагрівачі** опором R , увімкненому в мережу із напругою U , *збільшиться* удвічі ?

A) $U=0.8\text{ V}$ B) $U=1.6\text{ V}$ C) $U=1.0\text{ V}$ D) $U=1.4\text{ V}$ E) $U=1.2\text{ V}$

463. Voltage on battery terminals after switching load $U=9\text{ volt}$ at current intensity $I=1.5\text{ A}$.
A. Find out the battery internal resistance r if the battery electromotive force is $\mathcal{E}=15\text{ volt}$.

A) $r=2\text{ Ohm}$ B) $r=4\text{ Ohm}$ C) $r=1\text{ Ohm}$ D) $r=5\text{ Ohm}$ E) $r=3\text{ Ohm}$

464. Two lamps with resistances $R_1=100\text{ Ohm}$ are connected *in sequence*, the current of intensity $I=1\text{ A}$ passes through them. Find out the electromotive force of the current source \mathcal{E} considering its internal resistance r is *small*.

A) $\mathcal{E}=50\text{ V}$ B) $\mathcal{E}=150\text{ V}$ C) $\mathcal{E}=250\text{ V}$ D) $\mathcal{E}=100\text{ V}$ E) $\mathcal{E}=200\text{ V}$

465. Find out internal resistance r of a current source if in its connection on the resistor of resistance $R_1=1.8\text{ Ohm}$ the current in the circuit is $I_1=0.7\text{ A}$ and in connection on the resistor of resistance $R_1=2.3\text{ Ohm}$ the current in the circuit is $I_2=0.56\text{ A}$.

A) $r=0.5\text{ Ohm}$ B) $r=0.1\text{ Ohm}$ C) $r=0.2\text{ Ohm}$ D) $r=0.5\text{ Ohm}$ E) $r=0.4\text{ Ohm}$

466. Find out the electromotive force of a current source \mathcal{E} if in its connection on the resistor of resistance $R_1=1.8\text{ Ohm}$ the current in the circuit is $I_1=0.7\text{ A}$ and in connection on the resistor of resistance $R_1=2.3\text{ Ohm}$ the current in the circuit is $I_2=0.56\text{ A}$.

A) $\mathcal{E}=2.4\text{ V}$ B) $\mathcal{E}=1.8\text{ V}$ C) $\mathcal{E}=3.2\text{ V}$ D) $\mathcal{E}=1.4\text{ V}$ E) $\mathcal{E}=2.7\text{ V}$

Current work and power

467. What of the below formulas *does not allow* determining electric current power?

A) $P = I \cdot U$ B) $P = \frac{U^2}{R}$ C) $P = j^2 \cdot \rho$ D) $P = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot I + \mathcal{E} \cdot I$ E) $P = I^2 \cdot R$

468. How will an electric stove power P change, if voltage U in the circuit *does not change* and its heating coil length l becomes *two times shorter*?

A) It will increase 2 times. B) It will decrease 4 times. C) It will increase $\sqrt{2}$ times.
D) It will increase 4 times. E) It will decrease 2 times.

469. How will an electric stove power P change, if voltage U in the circuit is current and its heating coil length l becomes *three times longer*?

A) It will increase 3 times. B) It will decrease 9 times. C) It will increase $\sqrt{3}$ times.
D) It will increase 9 times. E) It will decrease 3 times.

470. In what case will the quantity of heat released in a heater of resistance R connected to a circuit with voltage U *increase twice*?

- А) Час нагріву t збільшити у 4 рази. Г) Опір R збільшити удвічі.
 Б) Опір R зменшити удвічі. Д) Опір R збільшити у 4 рази.
 В) Напругу U зменшити удвічі, а опір R збільшити у 4 рази.

471. У якому випадку кількість теплоти Q , яка виділиться в нагрівачі опором R , увімкненому в мережу із напругою U , зменшиться удвічі?

- А) Час нагріву t зменшити у 4 рази. Г) Опір R збільшити удвічі.
 Б) Опір R зменшити удвічі. Д) Опір R збільшити у 4 рази.
 В) Напругу U збільшити удвічі, а опір R зменшити у 4 рази.

472. Сторонні сили джерела струму за проміжок часу $t=5$ хвилин здійснили роботу $A=0,72$ кДж. Визначити силу струму у колі I , якщо електрорушійна сила джерела струму $\varepsilon=12$ В.

- А) $I=1,2$ А. Б) $I=0,8$ А. В) $I=0,2$ А. Г) $I=0,6$ А. Д) $I=0,1$ А.

473. Дві лампи мають однакову електричну потужність. Одна із ламп розрахована на напругу $U_1=127$ В, а друга - на напругу $U_2=220$ В. У скільки разів відрізняються електричні опори цих ламп R_2/R_1 ?

- А) $\frac{R_2}{R_1}=3,0$. Б) $\frac{R_2}{R_1}=0,58$. В) $\frac{R_2}{R_1}=1,41$. Г) $\frac{R_2}{R_1}=2,0$. Д) $\frac{R_2}{R_1}=1,73$.

474. У скільки разів відрізняються струми I_2/I_1 , розжарювання, що проходять через дві лампи, потужностями $P_1=40$ Вт і $P_2=75$ Вт, розрахованими на включення в мережу із напругою $U=127$ В?

- А) $\frac{I_2}{I_1}=0,53$. Б) $\frac{I_2}{I_1}=3,52$. В) $\frac{I_2}{I_1}=1,88$. Г) $\frac{I_2}{I_1}=0,23$. Д) $\frac{I_2}{I_1}=1,37$.

475. Тролейбус масою $m=11$ т рухається рівномірно зі швидкістю $V=36$ км/год. Визначити силу струму у обмотці двигуна I , якщо напруга у колі $U=550$ В, а його коефіцієнт корисної дії $\eta=80\%$. Коефіцієнт опору руху $\mu=0,02$.

- А) $I=60$ А. Б) $I=20$ А. В) $I=50$ А. Г) $I=30$ А. Д) $I=40$ А.

476. Спираль електричного чайника розділена на дві секції, одна із яких має електричний опір $R_1=1000$ Ом. Визначити опір другої секції R_2 , якщо при паралельному з'єднанні секцій вода закипає у 4 рази швидше, ніж при послідовному.

- А) $R_2=500$ Ом. Б) $R_2=250$ Ом. В) $R_2=1000$ Ом. Г) $R_2=750$ Ом. Д) $R_2=1500$ Ом.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ “ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ”

477. Який із перелічених процесів не призводить до виникнення магнітного поля?

- A) Time of heating t increases four times. D) Resistance R increases two times.
 B) Resistance R decreases two times. E) Resistance R increases four times.
 C) Voltage U decreases two times and resistance R increases four times.

471. In what case will the quantity of heat released in a heater of resistance R connected to a circuit with voltage U *decrease by a factor equal to 2*?

- A) Time of heating t decreases 4 times. D) Resistance R increases twice.
 B) Resistance R decreases 2 times. E) Resistance R increases 4 times.
 C) Voltage U increases 2 times and resistance R decreases 4 times.

472. The off-site current source intensities for the period of time $t=5$ min performed work $A=0.72$ kJ. Find out current intensity in the circuit I if the electromotive force of the current source is $\varepsilon=12$ volt.

- A) $I=1.2$ A B) $I=0.8$ A C) $I=0.2$ A D) $I=0.6$ A E) $I=0.1$ A

473. Two lamps have *the equal* electric power. One of the lamps is designed for voltage $U_1=127$ volt the other – for voltage $U_2=220$ volt. How many times do resistances R_2/R_1 of these lamps differ?

- A) $\frac{R_2}{R_1}=3.0$ B) $\frac{R_2}{R_1}=0.58$ C) $\frac{R_2}{R_1}=1.41$ D) $\frac{R_2}{R_1}=2.0$ E) $\frac{R_2}{R_1}=1.73$

474. How many times do currents I_2/I_1 , passing through two filament lamps of powers $P_1=40$ Wt and $P_2=75$ Wt designed to be connected to the circuit of voltage $U=127$ V differ?

- A) $\frac{I_2}{I_1}=0.53$ B) $\frac{I_2}{I_1}=3.52$ C) $\frac{I_2}{I_1}=1.88$ D) $\frac{I_2}{I_1}=0.23$ E) $\frac{I_2}{I_1}=1.37$

475. A trolleybus of mass $m=11$ t moves *uniformly* at a velocity $V=36$ km/h. Find out current intensity I in the engine winding, if voltage in the circuit is $U=550$ volt and its efficiency factor is $\eta=80\%$. The coefficient of resistance to motion is $\mu=0,02$.

- A) $I=60$ A B) $I=20$ A C) $I=50$ A D) $I=30$ A E) $I=40$ A

476. An electric kettle spiral is divide into two sections, one of them having electrical resistance $R_1=1000$ Ohm. Find out resistance R_2 of the second section, if *in a parallel* connection of the sections water boils 4 times quicker than *in a sequential* connection.

- A) $R_2=500$ Ohm B) $R_2=250$ Ohm C) $R_2=1000$ Ohm D) $R_2=750$ Ohm E) $R_2=1500$ Ohm

TEST TASKS TO THE SECTION “**PRINCIPLES OF ELECTROMAGNETISM**”

477. What of the below processes *does not result* in the occurrence of the magnetic field?

- А) Спрямований рух зарядів. Г) Рух заряджених тел.
- Б) Зміна електричного поля. Д) Електризація тіл при терті.
- В) Розподіл у просторі намагнічених матеріалів.

478. Укажіть *вірне* твердження: *магнітні поля* створюються:

- А) Рухомими зарядами. Г) Рухомими і нерухомими зарядами.
- Б) Нерухомими зарядами. Д) Зарядженими тілами.
- В) Наелектризованими при терті тілами.

479. Яку із фізичних властивостей магнітного поля доводить *дослід Ерстеда* ?

- А) Воно виникає при русі зарядів.
- Б) Воно чинить силову дію на рухливі заряди.
- В) Воно створюється провідниками із струмами.
- Г) Воно діє на намагнічені тіла.
- Д) Воно діє на провідники із струмами.

480. Визначте одиницю *виміру* *магнітної індукції* в системі СІ.

- А) $Вб$ (Вебер). Б) $Гн$ (Генрі). В) Φ (Фарад). Г) $Тл$ (Тесла). Д) $А/м$ (Ампер на метр).

481. Визначити магнітну індукцію ***B*** *нескінченно довгого прямого* провідника зі струмом силою $I=1$ А на відстані $r=25$ см від нього. ($\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ Гн/м).

- А) $B=8\cdot 10^{-7}$ Тл. Б) $B=6\cdot 10^{-8}$ Тл. В) $B=4\cdot 10^{-6}$ Тл. Г) $B=2\cdot 10^{-7}$ Тл. Д) $B=7\cdot 10^{-5}$ Тл.

482. Яке твердження про індукцію магнітного поля ***B*** у *нескінченно довгому соленоїді* *вірне* ? (*l* - довжина соленоїда, *N* - кількість витків у ньому, *I* - сила струму).

- А) $B\sim N$ та $\sim I$. Б) $B\sim I$ та $\sim 1/N$. В) $B\sim N$ та $\sim 1/I$. Г) $B\sim N$ та $\sim I$. Д) $B\sim I$ та $\sim I$.

483. Обмотка тонкого соленоїда містить шар тонкого дроту діаметром $d=0,2$ мм, витки якого *щільно прилягають* один до одного. Визначити магнітну індукцію ***B*** в соленоїді, якщо по його обмотці тече струм силою $I=0,5$ А.

- А) $B=3,14$ Тл. Б) $B=0,314$ Тл. В) $B=3,14\cdot 10^{-3}$ Тл. Г) $B=3,14\cdot 10^{-2}$ Тл. Д) $B=3,14\cdot 10^{-4}$ Тл.

Сила Ампера

484. Сила ***F***, із якою магнітне поле діє на провідник із струмом *не залежить* від:

- А) Від взаємного розташування провідника і поля.
- Б) Від тривалості перебування у магнітному полі.
- В) Від довжини провідника із струмом.
- Г) Від властивостей довкілля.
- Д) Від сили струму у провіднику.

- A) The ordered motion of charges. D) The motion of charged bodies.
- B) An electric field change. E) Electrization of bodies in friction.
- C) A distribution of magnetized materials in space.

478. Show *the true* statement: *magnetic fields* are generated by:

- A) Moving charges. D) Mobile and immobile charged.
- B) Immobile charges. E) Charged bodies.
- C) Bodies electrified in friction.

479. What of the physical properties of a magnetic field is proved by *the Oersted experiment* ?

- A) It appears in charge propagation.
- B) It exerts a force effect on mobile charges.
- C) It is created by conductors with currents.
- D) It exerts an influence on magnetized bodies.
- E) It influences the conductors with currents.

480. Find out the unit of measurement of *magnetic induction* in the SI-systems.

- A) Wb (Weber) B) H (Henry) C) F (Farad) D) T (Tesla) E) A/m (Ampere-per-meter)

481. Calculate magnetic induction B of *an infinitely long straight* conductor with current $I=1$ A at a distance $r=25$ cm away from it. ($\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ H/m)

- A) $B=8\cdot 10^{-7}$ T B) $B=6\cdot 10^{-8}$ T C) $B=4\cdot 10^{-6}$ T D) $B=2\cdot 10^{-7}$ T E) $B=7\cdot 10^{-5}$ T

482. What statement about the magnetic field induction B in an infinitely long *solenoid* is *true* ? (l – the solenoid length, N – the number of coils in it, I – current intensity).

- A) $B\sim N$ and $\sim I$ B) $B\sim I$ and $\sim 1/N$ C) $B\sim N$ and $\sim 1/I$ D) $B\sim N$ and $\sim l$ E) $B\sim l$ and $\sim I$

483. A thin solenoid winding contains a layer of a thin wire of $d=0.2$ mm in diameter, its coils fit closely to each other. Find out magnetic induction B in the solenoid, if current $I=0.5$ A flows in its winding.

- A) $B=3.14$ T B) $B=0.314$ T C) $B=3.14\cdot 10^{-3}$ T D) $B=3.14\cdot 10^{-2}$ T E) $B=3.14\cdot 10^{-4}$ T

Ampere force

484. Force F , a magnetic field influences a conductor, *does not depend* on:

- A) the mutual arrangement of the conductor and the field
- B) a duration of staying in the magnetic field
- C) the length of the conductor with current
- D) the environment properties
- E) current intensity in the conductor

485. Провідник завдовжки l із струмом силою I розташований у однорідному магнітному полі *паралельно* вектору магнітної індукції B . Яка сила F діє на цей провідник?

А) $F = \frac{I \cdot B \cdot l}{2}$. Б) $F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$. В) $F = 0$. Г) $F = 2 \cdot I \cdot B \cdot l$. Д) $F = I \cdot B \cdot l \cdot \cos \alpha$.

486. Сила Ампера, яка діє на прямолінійний провідник із струмом *збільшиться удвічі*, якщо (l - довжина провідника, B - індукція магнітного поля, I - сила струму):

- А) Збільшити l і B у 2 рази. Г) Зменшити l у 2 рази, а B збільшити у 2 рази.
 Б) Збільшити l у 4 рази. Д) Зменшити l у 2 рази, а I збільшити у 4 рази.
 В) Зменшити l у 2 рази, а I збільшити у 2 рази.

487. Яка сила F діє на провідник завдовжки $l=10$ см у однорідному магнітному полі з індукцією $B=2,6$ Тл, якщо сила струму у провіднику $I=12$ А, а кут між напрямком струму та лініями індукції $\alpha=30^\circ$?

А) $F=1,56$ Н. Б) $F=0,78$ Н. В) $F=3,12$ Н. Г) $F=7,8$ Н. Д) $F=6,24$ Н.

488. Провідник завдовжки $l=50$ см зі струмом силою $I=1$ А знаходиться у однорідному магнітному полі індукцією $B=0,1$ Тл і розташований у вакуумі *перпендикулярно* до напрямку магнітних силових ліній. Яка сила F діє на цей провідник?

А) $F=100$ мН. Б) $F=125$ мН. В) $F=25$ мН. Г) $F=250$ мН. Д) $F=50$ мН.

489. Провідник завдовжки $l=20$ см зі струмом силою $I=2$ А розташовують *перпендикулярно* **силовим лініям** магнітного поля індукцією $B=50$ мТл. Визначити імпульс цього провідника p через проміжок часу $t=10$ с після "вмикання" поля.

А) $p=0,2$ кг·м/с. Б) $p=2$ кг·м/с. В) $p=0,1$ кг·м/с. Г) $p=1$ кг·м/с. Д) $p=0,5$ кг·м/с.

490. На провідник завдовжки $l=60$ см зі струмом силою $I=2$ А з боку магнітного поля індукцією $B=5$ мТл діє сила $F=3$ мН. Визначте величину кута α між напрямком швидкості дрейфу заряджених частинок V , які утворюють струм, та вектором магнітної індукції B .

А) $\alpha=45^\circ$. Б) $\alpha=30^\circ$. В) $\alpha=60^\circ$. Г) $\alpha=0^\circ$. Д) $\alpha=90^\circ$.

Взаємодія паралельних струмів

491. Сила взаємодії F між двома *паралельними* провідниками зі струмами *не залежить* від:

- А) Відстані між провідниками. Г) Оточуючого середовища.
 Б) Довжини провідників зі струмами. Д) Сили струму у провідниках.
 В) Матеріалу провідників.

485. A current as long as l with current intensity I is in a homogeneous magnetic field *parallel* to the magnetic induction vector B . What force F influences the conductor in this case?

A) $F = \frac{I \cdot B \cdot l}{2}$ B) $F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$ C) $F = 0$ D) $F = 2 \cdot I \cdot B \cdot l$ E) $F = I \cdot B \cdot l \cdot \cos \alpha$

486. The Ampere force which influences a straight conductor with current *will increase twice*, if (l – the conductor length, B – the magnetic field induction, I – current intensity):

- A) l and B increase twice. D) l decreases twice and B increases twice.
 B) l increases 4 times. E) l decreases twice and I increases 4 times.
 C) l decreases twice and I increases twice.

487. What force F influences a conductor of $l=10$ cm in a homogeneous magnetic field with induction $B=2.6$ T, if current intensity in the conductor is $I=12$ A and an angle between the current direction and induction lines is $\alpha=30^\circ$?

A) $F=1.56$ N B) $F=0.78$ N C) $F=3.12$ N D) $F=7.8$ N E) $F=6.24$ N

488. A conductor of $l=50$ cm with current intensity $I=1$ A is in a homogeneous magnetic field with induction $B=0.1$ T and is in vacuum *perpendicular* to the direction of magnetic force lines. What force F influences this conductor?

A) $F=100$ mN B) $F=125$ mN C) $F=25$ mN D) $F=250$ mN E) $F=50$ mN

489. A conductor of $l=20$ cm with current intensity $I=2$ A is *perpendicular* to force lines of a magnetic field of induction $B=50$ mT. Find out this conductor impulse p in $t=10$ sec after the field energization.

A) $p=0.2$ kg·m/sec B) $p=2$ kg·m/sec C) $p=0.1$ kg·m/sec
 D) $p=1$ kg·m/sec E) $p=0.5$ kg·m/sec

490. A conductor of $l=60$ cm with current intensity $I=2$ A is influenced by force $F=3$ mN on the side of the magnetic field of induction $B=5$ mT. Find out the magnitude of the angle α between the direction of the drift velocity V of charged particles generating current and the magnetic induction vector B .

A) $\alpha=45^\circ$ B) $\alpha=30^\circ$ C) $\alpha=60^\circ$ D) $\alpha=0^\circ$ E) $\alpha=90^\circ$

Cocurrent interaction

491. Force F of interaction between two *parallel* conductors with currents *does not depend* on:

- A) the distance between the conductors D) the environment
 B) the length of the conductors with currents E) current intensity in the conductors
 C) the material of the conductors

492. Уздовж двох *паралельних* дротів завдовжки $l=3$ м кожен течуть *однакові* струми силою $I=500$ А. Відстань між дротами $d=10$ см. Визначити силу F взаємодії між цими провідниками у повітрі.

А) $F=1,5$ Н. Б) $F=2,5$ Н. В) $F=0,5$ Н. Г) $F=7,5$ А. Д) $F=4,5$ Н.

493. Уздовж двох *паралельних* прямих провідників завдовжки $l=1$ м кожен течуть струми *однакової* сили. Відстань між провідниками $d=1$ см, а сила взаємодії між струмами $F=10^{-9}$ Н. Визначити значення сили струму I у провідниках.

А) $I=707$ мА. Б) $I=7$ мА. В) $I=0,077$ мА. Г) $I=70$ мА. Д) $I=0,7$ мА.

Сила Лоренца

494. Якому із наведених визначень відповідає силі Лоренца ?

- А) Сила, діюча на заряджену частку з боку магнітного поля.
- Б) Сила, діюча на провідник із струмом з боку магнітного поля.
- В) Сила взаємодії двох провідників із струмами.
- Г) Сила з боку магнітного поля на рухому заряджену частку.
- Д) Сила, діюча на магнітну стрілку з боку магнітного поля.

495. Яке із наведених тверджень відносно сили Лоренца *справедливе* ? Ця сила діє на:

- А) ..електрони, які влітають назустріч лініям магнітної індукції.
- Б) ..заряджені частинки, які влітають у магнітне поле Землі.
- В) ..нейтрони, які рухаються перпендикулярно лініям індукції.
- Г) ..протони, які влітають паралельно лініям магнітної індукції.
- Д) ..іони, які покоються між полюсами постійного магніта.

496. Яке твердження відносно *кінетичної енергії* зарядженої частки, яка влетіла у однорідне магнітне поле *вірне*:

- А) Енергія не змінюється. Б) Енергія дорівнює нулю. В) Енергія збільшується.
- Г) Енергія зменшується. Д) Енергія змінюється періодично.

497. Радіус *кривини* траєкторії зарядженої частинки R , яка влетіла у однорідне магнітне поле *перпендикулярно* до ліній індукції, *не залежить від*:

- А) Маси частинки. Б) Прискорення частинки. В) Швидкості частинки.
- Г) Заряду частинки. Д) Магнітної індукції поля.

498. Робота A сили Лоренца F_L по переміщенню рухомого із швидкістю V заряду q у однорідному магнітному полі індукцією B *за один період* дорівнює:

А) $A = qVB \cdot 2\pi$. Б) $A = 2\pi \cdot mV^2$. В) $A = \frac{mV^2}{2} \cdot 2\pi$. Г) $A = 0$. Д) $A = F_L \cdot 2\pi$.

492. Equal currents $I=500$ A flow along two *parallel* wires of $l=3$ m each. The distance between the wires is $d=10$ cm. Find out force F of interaction between these conductors in air.

- A) $F=1.5$ N B) $F=2.5$ N C) $F=0.5$ N D) $F=7.5$ A E) $F=4.5$ N

493. Equal currents flow along two *parallel* conductors of $l=1$ m each. The distance between the conductors is $d=1$ cm and force of these currents interaction is $F=10^{-9}$ N. Find out the value of current intensity I in the conductors.

- A) $I=707$ mA B) $I=7$ mA C) $I=0.077$ mA D) $I=70$ mA E) $I=0.7$ mA

The Lorentz force

494. What of the below definitions relates to the Lorentz force ?

- A) The force influencing a charged particle on the side of the magnetic field
- B) The force influencing a conductor with current on the side of the magnetic field
- C) The force of interaction of two conductors with currents
- D) The force on the side of the magnetic field on a moving charged particle
- E) The force influencing the magnetic needle on the side of the magnetic field

495. What of the below statements relative to the Lorentz force is true ? This force influences:

- A) ...electrons outgoing towards the magnetic induction lines.
- B) ...charged particles incoming the magnetic field of the Earth.
- C) ...neutrons moving perpendicularly to the induction lines.
- D) ...protons incoming in parallel to the magnetic induction lines.
- E) ...ions resting between the pole of a permanent magnet.

496. What statement relative to the kinetic energy of a charged particle which came into a homogeneous magnetic field is correct ?

- A) Energy does not change B) Energy is equal to zero C) Energy increases
- D) Energy decreases E) Energy changes periodically

497. The curvature radius of the path of a charged particle R , which came into the homogeneous magnetic field *perpendicularly* to the induction lines *does not depend on*:

- A) Particle mass. B) Particle acceleration. C) Particle velocity.
- D) Particle charge. E) Magnetic induction of the field.

498. Work A of the Lorentz force F_L on the displacement of a charge q moving at a velocity V in a homogeneous magnetic field of induction B for one period is equal to:

- A) $A=qVB \cdot 2\pi$. Б) $A=2\pi \cdot mV^2$. B) $A=\frac{mV^2}{2} \cdot 2\pi$. Г) $A=0$. Д) $A=F_a \cdot 2\pi$.

499. Протон влітає зі швидкістю V у однорідне магнітне поле *перпендикулярно* до вектора магнітної індукції B . По якій траєкторії він почне при цьому рухатись?

- А) По прямій лінії. Б) По гвинтовій лінії. В) По колу.
Г) По гіперболі. Д) По параболі.

500. Як треба змінити значення вектора магнітної індукції B , щоб радіус кола R , по якому рухається заряджена частинка у магнітному полі, *збільшився* у чотири рази ?

- А) Збільшити у 4 рази. Б) Зменшити у 2 рази. В) Збільшити у 2 рази.
Г) Збільшити у $\sqrt{2}$ разів. Д) Зменшити у 4 рази.

501. Електрон рухається у однорідному магнітному полі індукцією $B=5 \cdot 10^{-3}$ Тл зі швидкістю $V=107$ км/с, спрямованою *перпендикулярно* до ліній індукції. Визначте силу F , яка діє при цьому на електрон. ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

- А) $F=9 \cdot 10^{-17}$ Н. Б) $F=2 \cdot 10^{-13}$ Н. В) $F=6 \cdot 10^{-15}$ Н. Г) $F=8 \cdot 10^{-18}$ Н. Д) $F=4 \cdot 10^{-16}$ Н.

502. Визначити радіус кола R , по якому рухатиметься електрон в умовах попереднього завдання ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

- А) $R=4,8 \cdot 10^{-2}$ м. Б) $R=1,2 \cdot 10^{-4}$ м. В) $R=6,1 \cdot 10^{-5}$ м. Г) $R=2,4 \cdot 10^{-3}$ м. Д) $R=3,6 \cdot 10^{-6}$ м.

503. Електрон у однорідному магнітному полі індукцією $B=0,001$ Тл описує коло радіусом $R=1,82 \cdot 10^{-3}$ м. Визначте швидкість V руху електрона у кілометрах за секунду. ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

- А) $V=2 \cdot 10^3$ км/с. Б) $V=9 \cdot 10^2$ км/с. В) $V=6 \cdot 10^4$ км/с. Г) $V=3 \cdot 10^2$ км/с. Д) $V=8 \cdot 10^3$ км/с.

504. Визначити радіус кола R , яке описує протон у однорідному магнітному полі з індукцією $B=15$ мТл, якщо швидкість його руху $V=2 \cdot 10^6$ м/с, а маса $m=1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.

- А) $R=2,3$ м. Б) $R=1,4$ м. В) $R=3,6$ м. Г) $R=0,9$ м. Д) $R=4,2$ м.

505. Заряджена частинка рухається по колу радіусом $R=4$ см у однорідному магнітному полі індукцією $B=0,3$ Тл зі швидкістю $V=106$ м/с. Визначити заряд цієї частинки q , якщо її кінетична енергія $W=12$ кеВ. (1 кеВ= $1,6 \cdot 10^{-16}$ Дж).

- А) $q=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Б) $q=4,8 \cdot 10^{-18}$ Кл. В) $q=9,6 \cdot 10^{-20}$ Кл.
Г) $q=3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл. Д) $q=7,2 \cdot 10^{-21}$ Кл.

506. Період T обертання зарядженої частинки, яка влетіла у однорідне магнітне поле *перпендикулярно* до ліній магнітної індукції, *не залежить від*:

- А) Маси частинки. Б) Швидкості частинки. В) Заряду частинки.
Г) Індукції магнітного поля. Д) Властивостей довкілля.

499. A proton comes into a homogeneous magnetic field at a velocity V *perpendicularly* to the vector of magnetic induction B . In what path will it start moving thereat?

- A) In a straight line B) In a spiral line C) In a circle
D) In a hyperbole E) In a parabola

500. How must the value of the vector of magnetic induction B be changed for the radius R of the circle in which a charged particle is moving in the magnetic field *will increase* four times?

- A) To increase 4 times. B) To decrease 2 times. C) To increase 2 times.
D) To increase $\sqrt{2}$ times. E) To decrease 4 times.

501. An electron is moving in a homogeneous magnetic field of induction $B=5 \cdot 10^{-3}$ T at a velocity $V=107$ km/sec directed *perpendicularly* to induction lines. Find out the force F , which influences the electron thereat. ($e=1.6 \cdot 10^{-19}$ coul).

- A) $F=9 \cdot 10^{-17}$ N B) $F=2 \cdot 10^{-13}$ N C) $F=6 \cdot 10^{-15}$ N D) $F=8 \cdot 10^{-18}$ N E) $F=4 \cdot 10^{-16}$ N

502. Find out the radius R of the circle in which an electron will move under the conditions of the previous problem. ($e=1.6 \cdot 10^{-19}$ coul, $m_e=9.1 \cdot 10^{-31}$ kg).

- A) $R=4.8 \cdot 10^{-2}$ m B) $R=1.2 \cdot 10^{-4}$ m C) $R=6.1 \cdot 10^{-5}$ m D) $R=2.4 \cdot 10^{-3}$ m E) $R=3.6 \cdot 10^{-6}$ m

503. An electron in a homogeneous magnetic field of induction $B=0.001$ T circumscribes a circle of the radius $R=1.82 \cdot 10^{-3}$ m. Find out velocity of the electron in km/sec. ($e=1.6 \cdot 10^{-19}$ coul, $m_e=9.1 \cdot 10^{-31}$ kg).

- A) $V=2 \cdot 10^3$ km/sec B) $V=9 \cdot 10^2$ km/sec C) $V=6 \cdot 10^4$ km/sec D) $V=3 \cdot 10^2$ km/sec E) $V=8 \cdot 10^3$ km/sec

504. Find out the radius R of the circle a proton circumscribes in a homogeneous magnetic field of induction $B=15$ mT, if velocity of its motion is $V=2 \cdot 10^6$ m/sec, and mass is $m=1.67 \cdot 10^{-27}$ kg.

- A) $R=2.3$ m B) $R=1.4$ m C) $R=3.6$ m D) $R=0.9$ m E) $R=4.2$ m

505. A charge particle move in the circle of the radius $R=4$ cm in a homogeneous magnetic field of induction $B=0.3$ T at a velocity $V=10^6$ m/sec. Find out this [particle charge q if its kinetic energy is $W=12$ keV. (1 keV= $1.6 \cdot 10^{-16}$ J).

- A) $q=1.6 \cdot 10^{-19}$ coul B) $q=4.8 \cdot 10^{-18}$ coul C) $q=9.6 \cdot 10^{-20}$ coul
D) $q=3.2 \cdot 10^{-19}$ coul E) $q=7.2 \cdot 10^{-21}$ coul

506. The orbital period T of a charged particle which came in a homogeneous magnetic field *perpendicularly* to the magnetic induction lines *does not depend on*:

- A) A particle mass B) A particle velocity C) A particle charge
D) Induction of the magnetic field E) Environment properties

507. Які величини треба знати, щоб визначити період T обертання зарядженої частинки у однорідному магнітному полі ? (q , m , V - відповідно заряд, маса і швидкість частинки, B - індукція магнітного поля).

А) q , B , V . Б) m , V , q . В) m , q , B . Г) m , V , B . Д) m , B , q , V .

508. Прискорений напругою $U=15$ кВ протон влітає у однорідне магнітне поле індукцією $B=0,01$ Тл *перпендикулярно* до силових ліній поля. Визначити період T обертання протона у магнітному полі. ($m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_p=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

А) $T=3,3$ мкс. Б) $T=12,2$ мкс. В) $T=9,4$ мкс. Г) $T=4,8$ мкс. Д) $T=6,6$ мкс.

509. Визначити частоту ν обертання електрона по круговій орбіті у однорідному магнітному полі індукцією $B=1$ Тл. ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

А) $\nu=3 \cdot 10^{10}$ Гц. Б) $\nu=8 \cdot 10^{12}$ Гц. В) $\nu=6 \cdot 10^9$ Гц. Г) $\nu=4 \cdot 10^{11}$ Гц. Д) $\nu=2 \cdot 10^8$ Гц.

Потік магнітної індукції

510. Визначити магнітний потік Φ , який пронизує рамку у формі кільця, радіусом $R=10$ см, якщо індукція магнітного поля $B=0,318$ Тл, а кут α між *площиною кільця* і лініями магнітної індукції становить 30° .

А) $\Phi=0,5$ мВб. Б) $\Phi=0,05$ мВб. В) $\Phi=5,0$ мВб. Г) $\Phi=50$ мВб. Д) $\Phi=500$ мВб.

511. Магнітний потік Φ у контурі із площею поперечного перерізу $S=60$ см² дорівнює $0,3$ мВб. Визначити індукцію B магнітного поля усередині контура, вважаючи його однорідним.

А) $\Phi=50$ мВб. Б) $\Phi=25$ мВб. В) $\Phi=125$ мВб. Г) $\Phi=100$ мВб. Д) $\Phi=75$ мВб.

Явище електромагнітної індукції

512. Укажіть *вірне* твердження: електрорушійна сила індукції (ЕРС) \mathcal{E}_i , яка виникає у замкнутому провідному контурі *залежить* від:

А) Орієнтації контура в магнітному полі. Г) Матеріалу контура.
Б) Величини магнітної індукції. Д) Площі контура.
В) Швидкості зміни магнітного потоку через контур.

513. Електрорушійна сила індукції \mathcal{E}_i , яка виникає у кільцеподібному провідному контурі, розташованому у змінному магнітному полі, *збільшиться вдвічі*, якщо:

А) Вчетверо збільшити швидкість зміни індукції магнітного поля.
Б) Вдвічі збільшити площу контура.
В) Вдвічі збільшити діаметр кільця.
Г) Вдвічі збільшити швидкість зміни магнітного потоку через контур.
Д) Вдвічі збільшити індукцію магнітного поля.

507. What values should one know to determine the orbital period T of a charged particle in a homogeneous magnetic field? (q , m , V are charge, mass and velocity of the particle, respectively, B is the magnetic field induction).

- A) q , B , V B) m , V , q C) m , q , B D) m , V , B E) m , B , q , V

508. A proton accelerated with voltage $U=15$ kV comes in a homogeneous magnetic field of induction $B=0.01$ T *perpendicularly* to the field force lines. Find out the orbital period T of the proton in the magnetic field. ($m_p=1.67 \cdot 10^{-27}$ kg, $q_p=1.6 \cdot 10^{-19}$ coul).

- A) $T=3.3$ mksec B) $T=12.2$ mksec C) $T=9.4$ mksec D) $T=4.8$ mksec E) $T=6.6$ mksec

509. Find out the frequency ν of an electron rotation in a circular orbit in a homogeneous magnetic field of induction $B=1$ T. ($e=1.6 \cdot 10^{-19}$ coul, $m_e=9.1 \cdot 10^{-31}$ kg).

- A) $\nu=3 \cdot 10^{10}$ Hz B) $\nu=8 \cdot 10^{12}$ Hz C) $\nu=6 \cdot 10^9$ Hz D) $\nu=4 \cdot 10^{11}$ Hz E) $\nu=2 \cdot 10^8$ Hz

Magnetic induction flow

510. Determine magnetic flow Φ which penetrates a framework in the form of a ring, $R=10$ cm in radius if magnetic field induction is $B=0.318$ T, and angle α between *the ring plane* and magnetic induction lines is 30° .

- A) $\Phi=0.5$ mWb B) $\Phi=0.05$ mWb C) $\Phi=5.0$ mWb D) $\Phi=50$ mWb E) $\Phi=500$ mWb

511. Magnetic flow Φ inside a contour of the cross-sectional area $S=60$ cm² is equal to 0.3 mWb. Determine magnetic field induction B inside the contour considering it as homogeneous.

- A) $\Phi=50$ mWb B) $\Phi=25$ mWb C) $\Phi=125$ mWb D) $\Phi=100$ mWb E) $\Phi=75$ mWb

The phenomenon of electromagnetic induction

512. Choose *the true* statement: the inductance electromotive force (IEMF) ε_i , which occurs in a closed conducting contour *depends on*:

- A) The contour orientations in the magnetic field. D) The contour material.
B) The magnetic induction value. E) The contour area.
C) The rate of change of a magnetic flow through the contour.

513. The inductance electromotive force (IEMF) ε_i , arising in a ring-shaped conducting contour located in a variable magnetic field *will increase twice*, if:

- A) Rate of change of a magnetic field induction through the contour increases 4 times
B) The contour area increases twice.
C) The ring diameter increases twice.
D) The rate of change of magnetic flow through the contour increases twice.
E) Magnetic field induction increases twice.

514. ЕРС індукції ε_i , яка виникає у кільцеподібному провідному контурі, розташованому у змінному магнітному полі, зменшиться вдвічі, якщо:

- А) Вдвічі зменшити швидкість зміни магнітного потоку через контур.
- Б) Вчетверо зменшити швидкість зміни індукції магнітного поля.
- В) Вдвічі зменшити діаметр кільця.
- Г) Вдвічі зменшити індукцію магнітного поля.
- Д) Вдвічі зменшити площу контура.

515. У соленоїді, який містить $N=180$ витків, магнітний потік за проміжок часу $\Delta t=5$ мс рівномірно змінився від значення $\Phi_1=3 \cdot 10^{-3}$ Вб до $\Phi_2=1,5 \cdot 10^{-3}$ Вб. Визначити ЕРС індукції ε_i , яка при цьому виникає.

- А) $\varepsilon_i=108$ В. Б) $\varepsilon_i=27$ В. В) $\varepsilon_i=6$ В. Г) $\varepsilon_i=13$ В. Д) $\varepsilon_i=54$ В.

516. Який магнітний потік Φ пронизував *кожен виток* котушки, яка містить $N=1000$ витків, якщо при рівномірному зменшенні до нуля магнітного поля за проміжок часу $\Delta t=0,1$ с, в ній виникає ЕРС індукції $\varepsilon_i=10$ В ?

- А) $\Phi=2$ мВб. Б) $\Phi=8$ мВб. В) $\Phi=1$ мВб. Г) $\Phi=16$ мВб. Д) $\Phi=4$ мВб.

517. Котушка індуктивності діаметром $D=20$ см містить $N=50$ витків і знаходиться у змінному магнітному полі. Визначити швидкість зміни індукції магнітного поля $\Delta B/\Delta t$ в той момент часу, коли ЕРС індукції у котушці $\varepsilon_i=100$ В.

- А) $\Delta B/\Delta t=96$ Тл/с. Б) $\Delta B/\Delta t=64$ Тл/с. В) $\Delta B/\Delta t=48$ Тл/с.
Г) $\Delta B/\Delta t=72$ Тл/с. Д) $\Delta B/\Delta t=32$ Тл/с.

518. У однорідному магнітному полі індукцією $B=0,1$ Тл рухається прямолінійний провідник завдовжки $l=10$ см зі швидкістю $V=15$ м/с, спрямованою *перпендикулярно* напрямку магнітної індукції. Визначити ЕРС індукції ε_i , яка виникає у цьому провіднику.

- А) $\varepsilon_i=1,14$ В. Б) $\varepsilon_i=2,28$ В. В) $\varepsilon_i=0,04$ В. Г) $\varepsilon_i=0,15$ В. Д) $\varepsilon_i=0,56$ В.

519. Прямолінійний провідник рухається зі швидкістю $V=25$ м/с у однорідному магнітному полі з індукцією $B=4$ мТл *перпендикулярно* до силових ліній. Чому дорівнює довжина провідника l , якщо при цьому на його кінцях виникає різниця потенціалів $\Delta \varphi=30$ мВ ?

- А) $l=45$ см. Б) $l=60$ см. В) $l=30$ см. Г) $l=15$ см. Д) $l=75$ см.

520. Провідник завдовжки $l=1$ м рухається зі швидкістю $V=5$ м/с *перпендикулярно лініям* індукції однорідного магнітного поля. Визначити величину індукції поля B , якщо на кінцях провідника при його русі виникає різниця потенціалів $\Delta \varphi=12$ мВ.

514. The inductance electromotive force (IEMF) ε_i , arising in a ring-shaped conducting contour located in a variable magnetic field *will decrease twice* if:

- A) Rate of change of a magnetic field induction through the contour decreases twice
- B) The rate of change of a magnetic field induction decreases four times.
- C) The ring diameter decreases twice.
- D) Magnetic field induction decreases twice.
- E) The contour area decreases twice.

515. In a solenoid of $N=180$ coils, the magnetic flow equally changed from $\Phi_1=3 \cdot 10^{-3}$ Wb to $\Phi_2=1,5 \cdot 10^{-3}$ Wb during the period of time $\Delta t=5$ msec. Find out the IEMF ε_i , which occurs thereat.

- A) $\varepsilon_i=108$ V B) $\varepsilon_i=27$ V C) $\varepsilon_i=6$ V D) $\varepsilon_i=13$ V E) $\varepsilon_i=54$ V

516. What magnetic flow penetrated *each coil* of a bobbin, which had $N=1000$ coils, if at a uniform decrease of the magnetic field up to zero during $\Delta t=0.1$ sec there occurs the IEMF equal to $\varepsilon_i=10$ V ?

- A) $\Phi=2$ mWb B) $\Phi=8$ mWb C) $\Phi=1$ mWb D) $\Phi=16$ mWb E) $\Phi=4$ mWb

517. An inductance coil of $D=20$ cm in diameter has $N=50$ coils and is in a variable magnetic field. Find out changes of the magnetic field induction $\Delta B/\Delta t$ at that moment of time, when the IEMF in the coil is $\varepsilon_i=100$ V.

- A) $\Delta B/\Delta t=96$ T/sec B) $\Delta B/\Delta t=64$ T/sec C) $\Delta B/\Delta t=48$ T/sec
D) $\Delta B/\Delta t=72$ T/sec E) $\Delta B/\Delta t=32$ T/sec

518. In a homogeneous magnetic field, induction $B=0.1$ T makes a straight-line conductor of $l=10$ cm in length move at a velocity $V=15$ m/sec, directed *perpendicularly* to the direction of magnetic induction. Find out the IEMF ε_i , which occurs in this conductor.

- A) $\varepsilon_i=1.14$ V B) $\varepsilon_i=2.28$ V C) $\varepsilon_i=0.04$ V D) $\varepsilon_i=0.15$ V E) $\varepsilon_i=0.56$ V

519. A straight-line conductor moves at a velocity $V=25$ m/sec in a homogeneous magnetic field of induction $B=4$ mT *perpendicularly* to force lines. What is the conductor length l if on its ends there occurs a potential difference $\Delta\varphi=30$ mV ?

- A) $l=45$ cm B) $l=60$ cm C) $l=30$ cm D) $l=15$ cm E) $l=75$ cm

520. A conductor as long as $l=1$ m moves at a velocity $V=5$ m/sec *perpendicularly* to the induction lines of a homogeneous magnetic field. Find out the value of the field induction B , if on the ends of the conductor in its motion there occurs a potential difference $\Delta\varphi=12$ mV.

А) $B=2,4 \cdot 10^{-3}$ Тл. Б) $B=5,8 \cdot 10^{-2}$ Тл. В) $B=9,7 \cdot 10^{-3}$ Тл.

Г) $B=0,16$ Тл. Д) $B=4,2 \cdot 10^{-4}$ Тл.

521. Горизонтальна швидкість літака $V=950$ км/год, а розмах його крил $L=12,5$ м. Визначите ЕРС індукції ε_i , яка виникає на кінцях крил літака, якщо вертикальна складова індукції магнітного поля Землі $B=50$ мкТл.

А) $\varepsilon_i=320$ мВ. Б) $\varepsilon_i=40$ мВ. В) $\varepsilon_i=160$ мВ. Г) $\varepsilon_i=240$ мВ. Д) $\varepsilon_i=80$ мВ.

522. Магнітний потік Φ через провідне кільце із електричним опором $R=0,03$ Ом рівномірно змінився на $\Delta\Phi=0,012$ Вб за проміжок часу $\Delta t=2$ с. Визначити силу струму у цьому кільці I .

А) $I=0,8$ А. Б) $I=0,2$ А. В) $I=1,6$ А. Г) $I=0,1$ А. Д) $I=0,4$ А.

Індуктивність. Явище самоіндукції

523. Укажіть вірне твердження: зменшити індуктивність котушки L за умови, що її довжина l і поперечний переріз S залишаються *постійними*, можна шляхом:

- А) Зменшення магнітного потоку. Г) Зменшення ЕРС джерела струму.
Б) Зменшення струму у котушці. Д) Видалення сердечника із котушки.
В) Збільшення щільності намотування витків.

524. При перемотуванні котушки, концентрація її намотування $n=N/l$ (кількість витків на одиницю довжини) зросла у 2 рази. Як при цьому змінилась індуктивність котушки L ?

- А) Збільшилася у 4 рази. Б) Зменшилася у 2 рази. В) Збільшилася у $\sqrt{2}$ разів.
Г) Залишилася незмінною. Д) Збільшилась у 2 рази.

525. Визначите *невірну* розмірність індуктивності контура L :

А) $\left[\frac{B\delta}{A} \right]$. Б) $[O_m \cdot c]$. В) $\left[\frac{B \cdot A}{c} \right]$. Г) $\left[\frac{B \cdot c}{A} \right]$. Д) $[Гн]$.

526. Визначте кількість витків N у котушці індуктивністю $L=1$ мГн, якщо при силі струму в ній $I=1$ А потік магнітної індукції через *кожен її виток* $\Phi=2 \cdot 10^{-6}$ Вб.

А) $N=1000$. Б) $N=750$. В) $N=1500$. Г) $N=1250$. Д) $N=500$.

527. Чому дорівнює індуктивність L котушки із залізним осердям, якщо за проміжок часу $\Delta t=0,5$ с струм у колі змінився від $I_1=10$ А до $I_2=5$ А, а виникла при цьому ЕРС самоіндукції на кінцях котушки $\varepsilon_s=25$ В ?

А) $L=7,5$ Гн. Б) $L=12,5$ Гн. В) $L=2,5$ Гн. Г) $L=1,25$ Гн. Д) $L=0,5$ Гн.

- A) $B=2.4 \cdot 10^{-3}$ T B) $B=5.8 \cdot 10^{-2}$ T C) $B=9.7 \cdot 10^{-3}$ T
D) $B=0.16$ T E) $B=4.2 \cdot 10^{-4}$ T

521. A horizontal velocity of a plane is $V=950$ km/h, the plane spread is $L=12.5$ m. Find out the IEMF ε_i , which occurs on the ends of the plane wings, if the vertical component of the induction of the Earth magnetic field is $B=50$ mT.

- A) $\varepsilon_i=320$ mV B) $\varepsilon_i=40$ mV C) $\varepsilon_i=160$ mV D) $\varepsilon_i=240$ mV E) $\varepsilon_i=80$ mV

522. A magnetic flow Φ through a conducting ring with electrical resistance $R=0.03$ Ohm has uniformly changed by $\Delta\Phi=0.012$ Wb during the period of time $\Delta t=2$ sec. Find out current intensity I in this ring.

- A) $I=0.8$ A B) $I=0.2$ A C) $I=1.6$ A D) $I=0.1$ A E) $I=0.4$ A

Inductance. The phenomenon of self-inductance

523. Show the *true* statement: a coil inductance L can be decreased, if its length l and cross section S remain *permanent* by:

- A) Decreasing the magnetic flow D) Decreasing the IEMF of a current source
B) Decreasing current in the coil E) Removing a coil core
C) Increasing a winding density

524. In winding a coil the concentration of its winding $n=N/l$ (the number of winds per a unit of length) *increased* twice. How did the inductance coil L change thereat ?

- A) It increased four times B) It decreased 2 times C) It increased $\sqrt{2}$ times
D) It remained unchanged E) It increased 2 times

525. Find out an *incorrect* dimensionality the loop inductance L :

- A) $\left[\frac{Wb}{A} \right]$ B) $[Ohm \cdot sec]$ C) $\left[\frac{B \cdot A}{c} \right]$ D) $\left[\frac{B \cdot c}{A} \right]$ E) $[H]$

526. Find out how many winds N a coil of inductance $L=1$ mH has, if at current intensity $I=1$ A in it a flow of magnetic induction over *each wind* is $\Phi=2 \cdot 10^{-6}$ Wb.

- A) $N=1000$ B) $N=750$ C) $N=1500$ D) $N=1250$ E) $N=500$

527. What is inductance L of a coil with an iron core equal to, if during the period of time $\Delta t=0.5$ sec current in the circuit changed from $I_1=10$ A to $I_2=5$ A and the self-inductance electromotive force which occurred thereat on the coil ends was $\varepsilon_s=25$ V ?

- A) $L=7.5$ H B) $L=12.5$ H C) $L=2.5$ H D) $L=1.25$ H E) $L=0.5$ H

Енергія магнітного поля

528. По обмотці соленоїда індуктивністю $L=0,2$ Гн тече струм силою $I=10$ А. Визначити енергію магнітного поля соленоїда $W_{\text{маг}}$.

А) $W_{\text{маг}}=10$ Дж. Б) $W_{\text{маг}}=25$ Дж. В) $W_{\text{маг}}=5$ Дж. Г) $W_{\text{маг}}=20$ Дж. Д) $W_{\text{маг}}=15$ Дж.

529. Енергія магнітного поля соленоїда $W_{\text{маг}}=10$ Дж. По його обмотці тече струм силою $I=10$ А. Визначити індуктивність L цього соленоїда.

А) $L=1,6$ Гн. Б) $L=0,2$ Гн. В) $L=0,8$ Гн. Г) $L=0,1$ Гн. Д) $L=0,4$ Гн.

530. Індуктивність соленоїда $L=0,1$ Гн, а енергія його магнітного поля $W_{\text{маг}}=5$ Дж. Визначити силу струму I , який тече по обмотці соленоїда.

А) $I=5,0$ А. Б) $I=12,5$ А. В) $I=2,5$ А. Г) $I=10,0$ А. Д) $I=7,5$ А.

Магнітні моменти атомів. Магнетики

531. До діамагнетиків належать речовини, які намагнічуються у зовнішньому магнітному полі і при цьому:

А) Їм властива доменна структура. Г) Їхня магнітна проникність $\mu > 1$.
Б) Вони втягуються у магнітне поле. Д) Їхня магнітна сприйнятливість $\chi > 0$.
В) Вони виштовхуються із магнітного поля.

532. При вивченні температурної залежності магнітної проникності μ деякого зразка було виявлено її різке зменшення при певній температурі. Із якого матеріалу виготовлений цей зразок ?

А) Діамагнітного. Б) Феромагнітного. В) Парамагнітного.
Г) Немагнітного. Д) Діелектричного.

533. Феромагнетики характерні тим, що у них в межах домену спіни електронів:

А) Антипаралельні і компенсуються. Г) Паралельні один одному.
Б) Протилежні до магнітного поля. Д) Неврегульовані між собою.
В) Антипаралельні і не компенсуються.

534. При температурах T , більших за точку Кюрі, феромагнетик перетворюється на:

А) Діамагнетик. Б) Парамагнетик. В) Феримагнетик.
Г) Антиферомагнетик. Д) Ферит.

535. При вимірах магнітної проникності μ у трьох зразках магнетиків при деякому значенні магнітного поля, їхні значення виявились рівними 1285; 1,008 і 0,9994. Якому із наведених випадків магнетиків відповідають ці значення?

Magnetic field energy

528. In a coil of a solenoid with inductance $L=0.2$ H the current of intensity $I=10$ A flows. Find out the solenoid magnetic field energy W_{mag} .

- A) $W_{mag}=10$ J B) $W_{mag}=25$ J C) $W_{mag}=5$ J D) $W_{mag}=20$ J E) $W_{mag}=15$ J

529. A solenoid magnetic field energy is $W_{mag}=10$ J. In its coil the current of intensity $I=10$ A flows. Find out this solenoid inductance L .

- A) $L=1.6$ H B) $L=0.2$ H C) $L=0.8$ H D) $L=0.1$ H E) $L=0.4$ H

530. A solenoid inductance is $L=0.1$ H, its magnetic field energy is $W_{mag}=5$ J. Find out intensity I of the current which flows in the solenoid coil.

- A) $I=5.0$ A B) $I=12.5$ A C) $I=2.5$ A D) $I=10.0$ A E) $I=7.5$ A

Atom magnetic moment. Magnetics

531. *Diamagnetics* are substances which are magnetized in the external magnetic field and in doing so:

- A) They have a special domain structure. D) Their magnetic permeability is $\mu > 1$.
B) They are drawn into the magnetic field. E) Their magnetic susceptibility is $\chi > 0$.
C) They are pushed out of the magnetic field.

532. When studying temperature dependence of magnetic permeability μ of some sample it was found out that magnetic permeability *sharply decreased* at a definite temperature. What material is this sample made of?

- A) Diamagnetic B) Ferromagnetic C) Paramagnetic
D) Non-magnetic E) Dielectric

533. *Ferromagnetics* are characterized by the fact that *within a domain* electron spins are

- A) anti-parallel and compensated. D) parallel to each other.
B) opposite to the magnetic field. E) disordered among each other.
C) anti-parallel and uncompensated.

534. At temperatures T , *higher* than the Curie point (magnetic transition temperature), a ferromagnetic turns into:

- A) Diamagnetic. B) Paramagnetic. C) Ferrimagnetic.
D) Anti-ferromagnetic. E) Ferrite.

535. In measurements of magnetic permeability μ in three samples of magnetic at some value of the magnetic field, their values turned out to be 1285; 1,008 and 0.9994. What case of magnetics do these values refer to?

А) діамагнетик,	Б) діамагнетик,	В) парамагнетик,	Г) феромагнетик	Д) феромагнетик
парамагнетик,	феромагнетик	діамагнетик,	парамагнетик,	діамагнетик,
феромагнетик.	парамагнетик.	феромагнетик	діамагнетик.	парамагнетик.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ "КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ"

Гармонічні коливання

536. Який із наведених виразів є рівнянням *гармонічного* коливання ?

А) $x = x_0 \pm v \cdot t$. Б) $x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$. В) $y = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}$.
 Г) $x = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$. Д) $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{at^2}{2}$.

537. Укажіть рівняння косинусоїдального коливання, якщо за $t=1$ хвилину здійснюється $N=180$ коливань з амплітудою $A=7$ см, а початкова фаза коливань $\varphi_0=\pi/2$.

А) $x = 7 \cos\left(6\pi + \frac{\pi}{2}\right)$. Б) $x = 60 \cos\left(3\pi + \frac{\pi}{2}\right)$. В) $x = 7 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{1}{3}\right)$.
 Г) $x = 7 \cos\left(\frac{2}{3}\pi + \frac{\pi}{2}\right)$. Д) $x = 180 \cos\left(2\pi + \frac{\pi}{2}\right)$.

538. У якому із наведених прикладів коливання *не є гармонічними* ?

- А) Вимушені електромагнітні коливання у контурі.
- Б) Затухаючі коливання маятника.
- В) Електромагнітні коливання у ідеальному коливальному контурі.
- Г) Малі коливання математичного маятника.
- Д) Малі коливання пружинного маятника.

539. У якому випадку амплітуда гармонічних коливань *мінімальна* за абсолютною величиною ?

А) $x=\cos(4\pi)$. Б) $x=2\cdot\cos(5\pi+\pi)$. В) $x=4\cdot\cos(6\pi+\pi/3)$.
 Г) $x=3\cdot\sin(8\pi)$. Д) $x=5\cdot\sin(2\pi-\pi/2)$.

540. У якому випадку амплітуда гармонічних коливань *максимальна* за абсолютною величиною ?

А) $x=\cos(4\pi)$. Б) $x=2\cdot\cos(5\pi+\pi)$. В) $x=4\cdot\cos(6\pi+\pi/3)$.
 Г) $x=3\cdot\sin(8\pi)$. Д) $x=5\cdot\sin(2\pi-\pi/2)$.

541. Рівняння гармонічних коливань має вигляд: $x=8\cdot\sin(2\pi t+\pi/3)$. Визначте період T цих коливань.

A)	B)	C)	D)	E)
diamagnetic, paramagnetic, ferromagnetic	diamagnetic, ferromagnetic, paramagnetic	paramagnetic, diamagnetic, ferromagnetic	Ferromagnetic, paramagnetic, diamagnetic	ferromagnetic, diamagnetic, paramagnetic

TEST PROBLEMS TO THE SECTION “*OSCILLATION AND WAVES*”

Harmonic oscillations

536. What of the below expressions is the equation of a harmonic oscillation ?

A) $x = x_0 \pm v \cdot t$. B) $x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$. C) $y = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}$.
D) $x = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$. E) $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{at^2}{2}$.

537. Show the equation of a cosine oscillation, if for $t=1$ min there take place $N=180$ oscillations of amplitude $A=7$ cm and the initial phase of oscillations is $\varphi_0=\pi/2$.

A) $x = 7 \cos\left(6\pi + \frac{\pi}{2}\right)$. B) $x = 60 \cos\left(3\pi + \frac{\pi}{2}\right)$. C) $x = 7 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{1}{3}\right)$.
D) $x = 7 \cos\left(\frac{2}{3}\pi + \frac{\pi}{2}\right)$. E) $x = 180 \cos\left(2\pi + \frac{\pi}{2}\right)$.

538. In what of the below examples oscillations are not harmonic ?

- A) Forced electromagnetic oscillations in a loop
- B) Damped pendulum motion
- C) Electromagnetic oscillations in the ideal oscillating loop
- D) Minor oscillations of a mathematical pendulum
- E) Minor oscillations of a spring pendulum

539. In what case is the amplitude of harmonic oscillations *minimal* in the absolute magnitude ?

A) $x=\cos(4\pi)$ B) $x=2\cdot\cos(5\pi+\pi)$ C) $x=4\cdot\cos(6\pi+\pi/3)$
D) $x=3\cdot\sin(8\pi)$ E) $x=5\cdot\sin(2\pi-\pi/2)$

540. In what case is the amplitude of harmonic oscillations *maximal* in the absolute magnitude ?

A) $x=\cos(4\pi)$ B) $x=2\cdot\cos(5\pi+\pi)$ C) $x=4\cdot\cos(6\pi+\pi/3)$
D) $x=3\cdot\sin(8\pi)$ E) $x=5\cdot\sin(2\pi-\pi/2)$

541. The equation of harmonic oscillations looks like $x=8\cdot\sin(2\pi t+\pi/3)$. Find out the period (time) of these oscillations.

А) $T=2$ с. Б) $T=5$ с. В) $T=1$ с. Г) $T=0,5$ с. Д) $T=4$ с.

542. Рівняння гармонічних коливань має вигляд: $x=4,8 \cdot \cos(\pi t/2 - \pi/6)$. Визначити частоту ν цих коливань.

А) $\nu=1,5$ Гц. Б) $\nu=0,75$ Гц. В) $\nu=1,0$ Гц. Г) $\nu=0,25$ Гц. Д) $\nu=0,5$ Гц.

543. Камертон здійснює $N=12$ коливань упродовж проміжку часу $t=0,6$ с. Визначити частоту ν цих коливань ?

А) $\nu=20$ Гц. Б) $\nu=5$ Гц. В) $\nu=10$ Гц. Г) $\nu=15$ Гц. Д) $\nu=25$ Гц.

544. Укажіть рівняння синусоїдального гармонічного коливання із амплітудою $A=1$ см, якщо за $t=1$ хвилину здійснюється $N=150$ коливань, а початкова фаза коливань $\varphi_0=45^\circ$.

А) $x=\sin(5\pi+\pi/4)$. Б) $x=\sin(0,8\pi+\pi/4)$. В) $x=\sin(0,4\pi+\pi/4)$.
Г) $x=\sin(5\pi+150)$. Д) $x=\sin(2,5\pi+\pi/4)$.

545. Укажіть рівняння гармонічного коливання із періодом $T=3,14$ с.

А) $x = A \cdot \sin(2t)$. Б) $x = A \cdot \sin(\pi t)$. В) $x = A \cdot \sin(2\pi t)$.
Г) $x = A \cdot \sin(0,5t)$. Д) $x = A \cdot \sin(0,5\pi t)$.

546. Визначити частоту коливань ν , рівняння яких має вигляд: $x = 100 \cdot \sin(\pi \cdot t)$.

А) $\nu=1,5$ Гц. Б) $\nu=2,0$ Гц. В) $\nu=1,0$ Гц. Г) $\nu=0,5$ Гц. Д) $\nu=2,5$ Гц.

547. Точка здійснює гармонічні коливання згідно закону: $x=8 \cdot \sin\left(\frac{100\pi}{3}t + \frac{\pi}{6}\right)$ см. Визначте зміщення точки від положення рівноваги x у момент часу $t=12$ с.

А) $x=1$ см. Б) $x=4$ см. В) $x=3$ см. Г) $x=2$ см. Д) $x=6$ см.

548. Точка коливається косинусоїдально із амплітудою $A=4$ см. Яка координата точки x відповідає фазі коливання $\varphi=\pi/3$?

А) $x=2$ см. Б) $x=3$ см. В) $x=1$ см. Г) $x=4$ см. Д) $x=0$ см.

549. Визначте період T коливань матеріальної точки, яка здійснює $N=50$ повних коливань за проміжок часу $t=20$ с.

А) $T=1,6$ с. Б) $T=2,5$ с. В) $T=0,4$ с. Г) $T=3,2$ с. Д) $T=0,8$ с.

550. Визначити частоту ν механічних коливань тіла, якщо період його коливань $T=0,5$ с.

A) $T=2$ sec B) $T=5$ sec C) $T=1$ sec D) $T=0.5$ sec E) $T=4$ sec

542. The equation of harmonic oscillations looks like $x=4.8 \cdot \cos(\pi \cdot t/2 - \pi/6)$. Find out frequency ν of these oscillations.

A) $\nu=1.5$ Hz B) $\nu=0.75$ Hz C) $\nu=1.0$ Hz D) $\nu=0.25$ Hz E) $\nu=0.5$ Hz

543. A tuning fork performs $N=12$ oscillations per the period of time equal to $t=0.6$ sec. Find out frequency ν of these oscillations.

A) $\nu=20$ Hz B) $\nu=5$ Hz C) $\nu=10$ Hz D) $\nu=15$ Hz E) $\nu=25$ Hz

544. Show the equation of a sinusoidal harmonic oscillation of amplitude $A=1$ cm, if during $t=1$ min there performed $N=150$ oscillations and the initial phase of oscillations is $\varphi_0=45^\circ$.

A) $x=\sin(0,8\pi t + \pi/4)$ B) $x=\sin(5\pi t + \pi/4)$ C) $x=\sin(0,4\pi t + \pi/4)$
D) $x=\sin(5\pi t + 150)$ E) $x=\sin(2,5\pi t + \pi/4)$

545. Show the equation of a harmonic oscillation of the period $T=3.14$ sec.

A) $x = A \cdot \sin(2t)$. B) $x = A \cdot \sin(\pi t)$. C) $x = A \cdot \sin(2\pi t)$.
D) $x = A \cdot \sin(0,5t)$. E) $x = A \cdot \sin(0,5\pi t)$.

546. Find out frequency ν of oscillations, the equation of which looks like $x=100 \times \sin(\pi t)$.

A) $\nu=1.5$ Hz B) $\nu=2.0$ Hz C) $\nu=1.0$ Hz D) $\nu=0.5$ Hz E) $\nu=2.5$ Hz

547. A point performs harmonic oscillations by the law $x=8 \cdot \sin\left(\frac{100\pi}{3}t + \frac{\pi}{6}\right)$ cm. Find out the point displacement from the equilibrium position x at $t=12$ sec.

A) $x=1$ cm B) $x=4$ cm C) $x=3$ cm D) $x=2$ cm E) $x=6$ cm

548. A point performs *cosine* oscillations of amplitude $A=4$ cm. What coordinate of the point x corresponds to the phase of oscillations $\varphi=\pi/3$?

A) $x=2$ cm B) $x=3$ cm C) $x=1$ cm D) $x=4$ cm E) $x=0$ cm

549. Find out the period (time) T of oscillations of a material point, which performs $N=50$ full oscillations during the period $t=20$ sec.

A) $T=1.6$ sec B) $T=2.5$ sec C) $T=0.4$ sec D) $T=3.2$ sec E) $T=0.8$ sec

550. Find out frequency ν of mechanical oscillation of a body, if the period of its oscillation is $T=0.5$ sec.

А) $v=1,5$ Гц. Б) $v=3,0$ Гц. В) $v=2,5$ Гц. Г) $v=1,0$ Гц. Д) $v=2,0$ Гц.

551. Середня швидкість руху поршня парової машини $V=4$ м/с. Хід поршня $S=500$ мм. Визначити частоту ν коливань цього поршня.

А) $\nu=16$ Гц. Б) $\nu=6$ Гц. В) $\nu=12$ Гц. Г) $\nu=8$ Гц. Д) $\nu=10$ Гц.

552. За який проміжок часу t маятник, який здійснює *синусоїдальні* коливання, відхилиться від положення рівноваги *на половину амплітуди* ($x=A/2$), якщо період його коливань $T=3,6$ с ?

А) $t=0,6$ с. Б) $t=0,2$ с. В) $t=0,3$ с. Г) $t=0,9$ с. Д) $t=0,4$ с.

553. За яку частину періоду $t(T)$ точка при *косинусоїдальному* гармонічному коливанні проходить *першу половину амплітуди* ?

А) $t = \frac{T}{3}$. Б) $t = \frac{T}{8}$. В) $t = \frac{T}{12}$. Г) $t = \frac{T}{4}$. Д) $t = \frac{T}{6}$.

Швидкість точки при гармонічних коливаннях

554. Точка здійснює гармонічні коливання згідно закону: $x=A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$. Укажіть вираз для швидкості руху цієї точки V_0 у *початковий момент часу* ($t=0$).

А) $V_0 = -A\omega \cdot \cos(\varphi)$. Б) $V_0 = -A\omega \cdot \sin(\omega t)$. В) $V_0 = -A\omega^2 \cdot \sin(\varphi)$.
Г) $V_0 = -A\omega^2 \cdot \sin(\omega t)$. Д) $V_0 = -A\omega \cdot \sin(\varphi)$.

555. Коливання точки відбувається згідно із законом $x=0,5 \cdot \cos(0,5\pi t)$ м. Визначити *максимальну* швидкість коливань цієї точки V_{max} .

А) $V_{max}=0,6$ м/с. Б) $V_{max}=0,2$ м/с. В) $V_{max}=1,2$ м/с. Г) $V_{max}=0,4$ м/с. Д) $V_{max}=0,8$ м/с.

556. Точка коливається за законом *косинуса* із амплітудою $A=4$ см і частотою $\nu=6$ Гц. Визначити *швидкість* точки V , яка відповідає фазі коливання $\varphi=\pi/3$.

А) $V=36$ см/с. Б) $V=24$ см/с. В) $V=42$ см/с. Г) $V=30$ м/с. Д) $V=18$ см/с.

557. Рівняння гармонічних коливань точки має вигляд: $x=\sin(\omega t + \varphi_0)$. При якому значенні фази коливання φ швидкість точки $V=0$?

А) $\varphi=0$. Б) $\varphi=\pi$. В) $\varphi=\pi/4$. Г) $\varphi=\pi/2$. Д) $\varphi=\pi/3$.

558. Рівняння гармонічних коливань точки має вигляд: $x=\sin(\omega t)$. Через який проміжок часу t (у долях періоду T) швидкість V точки буде *максимальною* ?

А) $t = \frac{T}{12}$. Б) $t = \frac{T}{2}$. В) $t = \frac{T}{6}$. Г) $t = \frac{T}{3}$. Д) $t = \frac{T}{4}$.

A) $\nu=1.5$ Hz B) $\nu=3.0$ Hz C) $\nu=2.5$ Hz D) $\nu=1.0$ Hz E) $\nu=2.0$ Hz

551. The average velocity of motion of a steam engine piston is $V=4$ m/sec. A piston stroke is $S=500$ mm. Find out frequency ν of oscillations of this piston.

A) $\nu=16$ Hz B) $\nu=6$ Hz C) $\nu=12$ Hz D) $\nu=8$ Hz E) $\nu=10$ Hz

552. For what period of time t will a pendulum performing *sinusoidal* oscillations deviate by a *half-amplitude* ($x=A/2$) from the equilibrium position if the period (time) of its oscillations is $T=3.6$ sec?

A) $t=0.6$ sec B) $t=0.2$ sec C) $t=0.3$ sec D) $t=0.9$ sec E) $t=0.4$ sec

553. During what part of the period (time) $t(T)$ does a point in a cosine harmonic oscillation cover the *first half of amplitude*?

A) $t = \frac{T}{3}$ B) $t = \frac{T}{8}$ C) $t = \frac{T}{12}$ D) $t = \frac{T}{4}$ E) $t = \frac{T}{6}$

Point velocity in harmonic oscillations

554. A point performs harmonic oscillations by the law $x=A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$. Show the expression for the point velocity V_0 at the *initial moment* of time ($t=0$).

A) $V_0 = -A\omega \cdot \cos(\varphi)$ B) $V_0 = -A\omega \cdot \sin(\omega t)$ C) $V_0 = -A\omega^2 \cdot \sin(\varphi)$
D) $V_0 = -A\omega^2 \cdot \sin(\omega t)$ E) $V_0 = -A\omega \sin(\varphi)$

555. A point oscillation goes from the law $x=0,5 \cdot \cos(0,5\pi t)$ m. Find out the *maximum* velocity of the point oscillations V_{max} .

A) $V_{max}=0.6$ m/sec B) $V_{max}=0.2$ m/sec C) $V_{max}=1.2$ m/sec D) $V_{max}=0.4$ m/sec E) $V_{max}=0.8$ m/sec

556. A point oscillates from the *cosine law* with amplitude $A=4$ cm and frequency $\nu=6$ Hz. Find out the point *velocity* V which corresponds to the phase of oscillations $\varphi=\pi/3$.

A) $V=36$ cm/sec B) $V=24$ cm/sec C) $V=42$ cm/sec D) $V=30$ m/sec E) $V=18$ cm/sec

557. The equation of harmonic oscillations of a point looks like $x=\sin(\omega t + \varphi_0)$. At what value of the oscillation phase φ the point velocity is $V=0$?

A) $\varphi=0$ B) $\varphi=\pi$ C) $\varphi=\pi/4$ D) $\varphi=\pi/2$ E) $\varphi=\pi/3$

558. The equation of harmonic oscillations of a point looks like $x=\sin(\omega t)$. In what period of time t (in fractions of period T) will the point velocity V be *maximum*?

A) $t = \frac{T}{12}$ B) $t = \frac{T}{2}$ C) $t = \frac{T}{6}$ D) $t = \frac{T}{3}$ E) $t = \frac{T}{4}$

559. Рівняння гармонічного коливання точки має вигляд: $x=A \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$. Через який проміжок часу t (у долях періоду T) швидкість цієї точки V дорівнюватиме половині її максимальної швидкості V_{max} ?

А) $t=\frac{T}{3}$. Б) $t=\frac{T}{4}$. В) $t=\frac{T}{6}$. Г) $t=\frac{T}{8}$. Д) $t=\frac{T}{12}$.

Прискорення точки при гармонічних коливаннях

560. Укажіть вірний вираз для максимального прискорення a_{max} точки, яка здійснює гармонічні коливання.

А) $a_{max}=A^2 \cdot \omega$. Б) $a_{max}=A^2 \cdot \omega^2$. В) $a_{max}=\frac{A \cdot T^2}{4\pi^2}$. Г) $a_{max}=A \cdot \omega$. Д) $a_{max}=\frac{4\pi^2 \cdot A}{T^2}$.

561. Для якого із наведених гармонічних коливань амплітуда прискорення матеріальної точки буде максимальною за абсолютною величиною ?

А) $x=\cos(t)$. Б) $x=5 \cdot \cos(0,5 \cdot t+\pi)$. В) $x=4 \cdot \cos(0,6 \cdot t+\pi/3)$.
Г) $x=3 \cdot \sin(0,3 \cdot t)$. Д) $x=2 \cdot \sin(0,4 \cdot t)$.

562. У якому із запропонованих випадків амплітуда прискорення буде найменшою за абсолютною величиною ?

А) $x=3 \cdot \sin(0,3t+\pi/3)$. Б) $x=\cos(t-\pi/2)$. В) $x=5 \cdot \cos(0,5t+\pi/6)$.
Г) $x=4 \cdot \cos(0,6t+\pi/4)$. Д) $x=2 \cdot \sin(0,4t)$.

563. Амплітуда гармонічних коливань $A=3$ см, а період $T=0,2$ с. Чому дорівнює максимальне прискорення цих коливань a_{max} ?

А) $a_{max}=10 \text{ м/с}^2$. Б) $a_{max}=15 \text{ м/с}^2$. В) $a_{max}=20 \text{ м/с}^2$. Г) $a_{max}=25 \text{ м/с}^2$. Д) $a_{max}=30 \text{ м/с}^2$.

564. При якому значенні фази φ прискорення точки a , яка здійснює гармонічні коливання згідно із законом $x=A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$, дорівнює нулю ?

А) $\varphi=\frac{\pi}{3}$. Б) $\varphi=\frac{\pi}{4}$. В) $\varphi=\frac{\pi}{2}$. Г) $\varphi=\frac{\pi}{6}$. Д) $\varphi=\pi$.

565. При якому значенні фази φ прискорення точки a , яка здійснює гармонічні коливання згідно із законом $x=A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$, стане максимальним ?

А) $\varphi=\frac{\pi}{6}$. Б) $\varphi=\frac{\pi}{4}$. В) $\varphi=\frac{\pi}{8}$. Г) $\varphi=\frac{\pi}{2}$. Д) $\varphi=\pi$.

566. Рівняння гармонічних коливань точки має вигляд: $x=2 \cdot \cos(5t+\pi/2)$ см. Визначити максимальне прискорення цієї точки a_{max} .

559. The equation of harmonic oscillations of a point looks like $x=A\cdot\sin(\omega_0 t)$. In what period of time t (in fractions of period T) will the point velocity V be equal to half of its maximum velocity V_{max} ?

A) $t=\frac{T}{3}$. B) $t=\frac{T}{4}$. C) $t=\frac{T}{6}$. D) $t=\frac{T}{8}$. E) $t=\frac{T}{12}$.

Point acceleration in harmonic oscillations

560. Show the true expression for maximum acceleration a_{max} of a point performing harmonic oscillations.

A) $a_{max}=A^2\cdot\omega$. B) $a_{max}=A^2\cdot\omega^2$. C) $a_{max}=\frac{A\cdot T^2}{4\pi^2}$. D) $a_{max}=A\cdot\omega$. E) $a_{max}=\frac{4\pi^2\cdot A}{T^2}$.

561. For what of the below harmonic oscillations will the amplitude of a material point acceleration be maximum in its absolute value?

A) $x=\cos(t)$ B) $x=5\cdot\cos(0,5 t+\pi)$ C) $x=4\cdot\cos(0,6 t+\pi/3)$
D) $x=3\cdot\sin(0,3 t)$ E) $x=2\cdot\sin(0,4 t)$

562. In what of the below cases will the amplitude of a material point acceleration be minimal in its absolute value?

A) $x=3\cdot\sin(0.3t+\pi/3)$ B) $x=\cos(t-\pi/2)$ C) $x=5\cdot\cos(0.5t+\pi/6)$
D) $x=4\cdot\cos(0.6t+\pi/4)$ E) $x=2\cdot\sin(0.4t)$

563. The amplitude of harmonic oscillations is $A=3$ cm and the period is $T=0,2$ sec. What is the maximum acceleration a_{max} of these oscillations equal to?

A) $a_m=10$ m/sec² B) $a_m=15$ m/sec² C) $a_m=20$ m/sec² D) $a_m=25$ m/sec² E) $a_m=30$ m/sec²

564. At what value of the phase φ is acceleration of point a performing harmonic oscillations from the law $x=A\cdot\cos(\omega t+\varphi_0)$ equal to zero?

A) $\varphi=\frac{\pi}{3}$. B) $\varphi=\frac{\pi}{4}$. C) $\varphi=\frac{\pi}{2}$. D) $\varphi=\frac{\pi}{6}$. E) $\varphi=\pi$

565. At what value of the phase φ will acceleration of point a performing harmonic oscillations from the law $x=A\cdot\cos(\omega t+\varphi_0)$ be maximum?

A) $\varphi=\frac{\pi}{6}$ B) $\varphi=\frac{\pi}{4}$ C) $\varphi=\frac{\pi}{8}$ D) $\varphi=\frac{\pi}{2}$ E) $\varphi=\pi$

566. The equation of harmonic oscillations of a point looks like $x=2\cdot\cos(5t+\pi/2)$ cm. Find out maximum acceleration a_{max} of this point.

А) $a_{\max}=1 \text{ м/с}^2$. Б) $a_{\max}=0,5 \text{ м/с}^2$. В) $a_{\max}=0,25 \text{ м/с}^2$. Г) $a_{\max}=0,1 \text{ м/с}^2$. Д) $a_{\max}=0,75 \text{ м/с}^2$.

567. Рівняння гармонічних коливань точки має вигляд: $x=4 \cdot \cos(2\pi t + \pi/3)$ м. Визначити прискорення a цієї точки у початковий момент часу ($t=0$).

А) $a=-60 \text{ м/с}^2$. Б) $a=-20 \text{ м/с}^2$. В) $a=-100 \text{ м/с}^2$. Г) $a=-80 \text{ м/с}^2$. Д) $a=-40 \text{ м/с}^2$.

Математичний маятник

568. По якій формулі можна визначити період коливань T математичного маятника ?

А) $T = 2\pi \sqrt{\frac{g}{l}}$. Б) $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{mgd}}$. В) $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. Г) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$. Д) $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$.

569. Якому із перелічених понять відповідає вираз $\sqrt{\frac{g}{l}}$?

- А) Періоду коливань математичного маятника.
- Б) Циклічній частоті математичного маятника
- В) Частоті коливань математичного маятника.
- Г) Періоду коливань пружинного маятника.
- Д) Циклічній частоті пружинного маятника.

570. Як зміниться період коливань математичного маятника T , якщо його довжину подвоїти ?

- А) Збільшиться у 2 рази. Б) Зменшиться у 2 рази. В) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів.
- Г) Збільшиться в $\sqrt{2}$ разів. Д) Збільшиться у 4 рази.

571. Як змінилась довжина математичного маятника l , якщо частота ν його власних коливань зменшилась у 2 рази ?

- А) Зменшилась у 2 рази. Б) Збільшилась у 2 рази. В) Зменшилась у 4 рази.
- Г) Збільшилась у $\sqrt{2}$ разів. Д) Збільшилась у 4 рази.

572. Довжина математичного маятника $l=98$ м. Визначити період T його вільних коливань під дією сили тяжіння, вважаючи прискорення сили тяжіння $g=9,81 \text{ м/с}^2$.

А) $T=12$ с. Б) $T=20$ с. В) $T=8$ с. Г) $T=24$ с. Д) $T=16$ с.

573. Математичний маятник завдовжки $l=2,45$ м здійснив $N=100$ коливань за проміжок часу $t=314$ с. Визначити період коливань T цього маятника.

А) $T=4,71$ с. Б) $T=6,28$ с. В) $T=3,14$ с. Г) $T=7,85$ с. Д) $T=1,57$ с.

A) $a_m=1$ m/sec² B) $a_m=0.5$ m/sec² C) $a_m=0.25$ m/sec² D) $a_m=0.1$ m/sec² E) $a_m=0.75$ m/sec²

567. The equation of harmonic oscillations of a point looks like $x=4\cdot\cos(2\pi t+\pi/3)$ m. Find out acceleration ***a*** of this point *at the initial moment* of time ($t=0$).

A) $a=-60$ m/sec² B) $a=-20$ m/sec² C) $a=-100$ m/sec² D) $a=-80$ m/sec² E) $a=-40$ m/sec²

Mathematical (simple) pendulum

568. From what formula can the period of oscillations T of a mathematical pendulum be determined ?

A) $T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{l}}$. B) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{mgd}}$. C) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. D) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. E) $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$.

569. What of the below concepts does the expression $\sqrt{\frac{g}{l}}$ correspond to ?

- A) the period of oscillations of a mathematical pendulum
- B) angular frequency of a mathematical pendulum
- C) frequency of oscillations of a mathematical pendulum
- D) the period of oscillations of a spring pendulum
- E) a cyclic frequency of a spring pendulum

570. How will the period of oscillations of a mathematical pendulum T change, if its length *is doubled* ?

- A) It will increase 2 times. B) It will decrease 2 times. C) It will decrease $\sqrt{2}$ times.
- D) It will increase $\sqrt{2}$ times. E) It will increase 4 times.

571. How did a mathematical pendulum length l change, if frequency ν of its proper oscillations *had decreased* 2 times ?

- A) It decreased 2 times. B) It increased 2 times. C) It decreased 4 times.
- D) It increased $\sqrt{2}$ times. E) It increased 4 times.

572. A mathematical pendulum length is $l=98$ m. Find out the period T of its free oscillations under gravity considering gravity acceleration equal to $g=9.81$ m/sec².

A) $T=12$ sec B) $T=20$ sec C) $T=8$ sec D) $T=24$ sec E) $T=16$ sec

573. A mathematical pendulum length is $l=2.45$ m; it performed $N=100$ oscillations during the time $t=314$ sec. Find out the period T of this pendulum oscillations.

A) $T=4.71$ sec B) $T=6.28$ sec C) $T=3.14$ sec D) $T=7.85$ sec E) $T=1.57$ sec

574. Маятник завдовжки $l=2$ м зробив $N=1268$ коливань за проміжок часу $t=1$ година. Визначити прискорення сили тяжіння g в цій місцевості.

А) $g=9,79$ м/с². Б) $g=9,81$ м/с². В) $g=9,82$ м/с². Г) $g=9,78$ м/с². Д) $g=9,80$ м/с².

575. Як зміниться період коливань математичного маятника T , якщо його перенести із поверхні Землі на Місяць, якщо прискорення вільного падіння на Місяці $g_m=1,6$ м/с²?

А) Не зміниться. Б) Зменшиться у 6,1 рази. В) Збільшиться у 2,5 рази.
Г) Зменшиться у 2,5 рази. Д) Збільшиться у 6,1 рази.

576. Визначити довжину l секундного маятника ($T=1$ с) на планеті, на якій прискорення сили тяжіння складає $g=3,7$ м/с².

А) $l=21$ см. Б) $l=9$ см. В) $l=15$ см. Г) $l=18$ см. Д) $l=27$ см.

577. Як зміниться період коливань математичного маятника T , якщо його підняти над Землею на висоту, де прискорення сили тяжіння g складає $8,12$ м/с²?

А) Зменшиться у 1,1 рази. Б) Зменшиться у 1,2 рази. В) Збільшиться у 1,2 рази.
Г) Збільшиться у 1,1 рази. Д) Зменшиться у 1,3 рази.

578. Як зміниться період коливань математичного маятника T , якщо його перенести із поверхні Землі на поверхню планети, на якій прискорення вільного падіння складає $g=4,9$ м/с²?

А) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Зменшиться у 2 рази. В) Збільшиться у 2 рази.
Г) Збільшиться у 4 рази. Д) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів.

579. За який проміжок часу t маятник, який коливається за законом синуса, відхилиться від положення рівноваги на половину амплітуди ($x=A/2$), якщо період його коливань $T=3,6$ с?

А) $t=1,8$ с. Б) $t=0,9$ с. В) $t=0,3$ с. Г) $t=1,2$ с. Д) $t=0,6$ с.

580. Скільки коливань N здійснює математичний маятник завдовжки $l=9$ метрів за проміжок часу $t=5$ хвилин?

А) $N=75$. Б) $N=50$. В) $N=150$. Г) $N=25$. Д) $N=100$.

581. Визначити частоту коливань ν математичного маятника, завдовжки $l=4$ м.

А) $\nu=1,0$ Гц. Б) $\nu=0,25$ Гц. В) $\nu=1,5$ Гц. Г) $\nu=0,5$ Гц. Д) $\nu=2,5$ Гц.

582. Визначити відношення довжин двох математичних маятників, якщо за однаковий проміжок часу Δt перший здійснює $N_1=15$ коливань, а другий - $N_2=10$ коливань.

574. A pendulum as long as $l=2$ m $N=1268$ oscillations during the period of time $t=1$ h. Find out gravity acceleration g in this area.

A) $g=9.79$ m/sec² B) $g=9.81$ m/sec² C) $g=9.82$ m/sec² D) $g=9.78$ m/sec² E) $g=9.80$ m/sec²

575. How will the period T of oscillations of a mathematical pendulum change, if it is taken from the Earth surface to the Moon surface, if free fall acceleration in the Moon is $g_m=1.6$ m/sec²?

A) It will not change B) It will decrease 6.1 times C) It will increase 25 times
D) It will decrease 2.5 times E) It will increase 6.1 times

576. Find out the length l of a seconds pendulum ($T=1$ sec) in the planet where gravity acceleration is $g=3.7$ m/sec².

A) $l=21$ cm B) $l=9$ cm C) $l=15$ cm D) $l=18$ cm E) $l=27$ cm

577. How will the period (time) T of oscillations of a mathematical pendulum change, if it is taken above the Earth at the height, where gravity acceleration is 8.12 m/sec²?

A) It will decrease 1.1 times B) It will decrease 1.2 times C) It will increase 1.2 times
D) It will increase 1.1 times E) It will decrease 1.3 times

578. How will the period T of oscillations of a mathematical pendulum change, if it from the Earth surface to the surface of a planet, where free fall acceleration is $g=4.9$ m/sec²?

A) It will decrease $\sqrt{2}$ times B) It will decrease 2 times C) It will increase 2 times
D) It will increase 4 times E) It will increase $\sqrt{2}$ times

579. For what period of time t will a pendulum, which oscillates *from the sine law* deviate from the equilibrium position by a half of amplitude ($x=A/2$), if the period of its oscillations is $T=3.6$ sec?

A) $t=1.8$ sec B) $t=0.9$ sec C) $t=0.3$ sec D) $t=1.2$ sec E) $t=0.6$ sec

580. How many oscillations N does a mathematical pendulum of $l=9$ m perform during the period of time $t=5$ min?

A) $N=75$ B) $N=50$ C) $N=150$ D) $N=25$ E) $N=100$

581. Find out the frequency ν of oscillations of a mathematical pendulum of $l=4$ m in length.

A) $\nu=1.0$ Hz B) $\nu=0.25$ Hz C) $\nu=1.5$ Hz D) $\nu=0.5$ Hz E) $\nu=2.5$ Hz

582. Find out the relationship between the lengths of two mathematical pendulums, if *in the equal* period of time Δt the first one performs $N_1=15$ oscillations and the second one – $N_2=10$ oscillations.

А) $\frac{l_1}{l_2} = 1,5$. Б) $\frac{l_1}{l_2} = 0,67$. В) $\frac{l_1}{l_2} = 0,44$. Г) $\frac{l_1}{l_2} = 2,25$. Д) $\frac{l_1}{l_2} = 150$.

583. За однаковий проміжок часу Δt перший математичний маятник здійснює $N_1 = 50$ коливань, а другий - $N_2 = 30$. Визначити довжину першого маятника l_1 , якщо він на $\Delta l = 32$ см *коротший* за другий.

А) $l_1 = 42$ см. Б) $l_1 = 18$ см. В) $l_1 = 35$ см. Г) $l_1 = 50$ см. Д) $l_1 = 27$ см.

584. Період коливань одного математичного маятника $T_1 = 3$ с, а другого - $T_2 = 4$ с. Визначити період T коливань маятника, довжина якого L дорівнює *сумі довжин* обох маятників.

А) $T = 5$ с. Б) $T = 8$ с. В) $T = 6$ с. Г) $T = 9$ с. Д) $T = 7$ с.

585. Маятник масою $m = 102$ г відхилили від положення рівноваги на кут $\alpha = 20^\circ$. Визначити силу f , яка повертає маятник у положення рівноваги.

А) $f = 0,51$ Н. Б) $f = 0,17$ Н. В) $f = 0,34$ Н. Г) $f = 0,23$ Н. Д) $f = 0,42$ Н.

586. Як зміниться період коливань математичного маятника T , якщо його підвісити у кабіні ліфту, який *піднімається* вгору із прискоренням $a = g$?

А) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. В) Збільшиться у 2 рази.
Г) Зменшиться у 2 рази. Д) Зменшиться у 4 рази.

587. Математичний маятник завдовжки $l = 1$ м встановлений у ліфті. Знайти період коливань маятника T , якщо ліфт рухається *вертикально вгору* із прискоренням $a = 4$ м/с².

А) $T = 2,6$ с. Б) $T = 1,4$ с. В) $T = 2,0$ с. Г) $T = 2,3$ с. Д) $T = 1,7$ с.

588. Із яким прискоренням a мусить рухатись *вниз* кабіна ліфту, щоб *секундний* математичний маятник в ній за проміжок часу $t = 140$ із здійснив $N = 100$ коливань?

А) $a = 4,8$ м/с². Б) $a = 5,4$ м/с². В) $a = 7,2$ м/с². Г) $a = 3,6$ м/с². Д) $a = 6,3$ м/с².

Пружинний маятник

589. Вкажіть формулу для періоду T власних коливань пружинного маятника.

А) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Б) $T = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$. В) $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$. Г) $T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$. Д) $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$.

590. Вкажіть формулу для частоти ν власних коливань пружинного маятника.

А) $\nu = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Б) $\nu = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$. В) $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$. Г) $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{2m}}$. Д) $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$.

A) $\frac{l_1}{l_2} = 1.5$ B) $\frac{l_1}{l_2} = 0.67$ C) $\frac{l_1}{l_2} = 0.44$ D) $\frac{l_1}{l_2} = 2.25$ E) $\frac{l_1}{l_2} = 150$

583. In *the equal* period of time Δt the first mathematical pendulum performs $N_1=50$ oscillations and the second one – $N_2=30$. Find out the length of the first pendulum l_1 , if it $\Delta l=32$ cm *shorter* than the second one.

A) $l_1=42$ cm B) $l_1=18$ cm C) $l_1=35$ cm D) $l_1=50$ cm E) $l_1=27$ cm

584. The period of oscillations of one mathematical pendulum is $T_1=3$ sec and the second pendulum – $T_2=4$ sec. Find out the period T of oscillations of the pendulum, which length L is equal *to the sum of lengths* of the both pendulums.

A) $T=5$ sec B) $T=8$ sec C) $T=6$ sec D) $T=9$ sec E) $T=7$ sec

585. A pendulum of $m=102$ g in mass was deviated from the equilibrium position by an angle $\alpha=20^\circ$. Find out the force f , which makes the pendulum back into the equilibrium position.

A) $f=0.51$ N B) $f=0.17$ N C) $f=0.34$ N D) $f=0.23$ N E) $f=0.42$ N

586. How will the period T of oscillations of a mathematical pendulum change, if it is hung in a lift cabin that will go *up* with acceleration $a=g$?

A) It will decrease $\sqrt{2}$ times B) It will increase $\sqrt{2}$ times C) It will increase 2 times
D) It will decrease 2 times E) It will decrease 4 times

587. A mathematical pendulum as long as $l=1$ m is installed in a lift. Find out the period T of oscillations of the pendulum, if the lift goes *straight up* with acceleration $a=4$ m/sec².

A) $T=2.6$ sec B) $T=1.4$ sec C) $T=2.0$ sec D) $T=2.3$ sec E) $T=1.7$ sec

588. With what accelerations a must a lift cabin go *down* that a seconds mathematical pendulum in it will perform $N=100$ oscillations in the period of time $t=140$ sec?

A) $a=4.8$ m/sec² B) $a=5.4$ m/sec² C) $a=7.2$ m/sec² D) $a=3.6$ m/sec² E) $a=6.3$ m/sec²

A spring pendulum

589. Show the formula for the period T of proper oscillations of a spring pendulum.

A) $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ B) $T=2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ C) $T=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ D) $T=2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$ E) $T=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$

590. Show the formula for the frequency ν of proper oscillations of a spring pendulum.

A) $\nu=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ B) $\nu=2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ C) $\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ D) $\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2m}{k}}$ E) $\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$

591. Вантаж масою m коливається на невагомій пружині жорсткістю k . Як зміниться період T коливань цього вантажу, якщо пружину *скоротити вдвічі* ?

- А) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Збільшиться у 2 рази. В) Зменшиться у 2 рази.
Г) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів. Д) Зменшиться у 4 рази.

592. Вантаж масою m коливається на невагомій пружині жорсткістю k . Як зміниться частота ν коливань цього вантажу, якщо пружину *видовжити вдвічі* ?

- А) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Збільшиться у 2 рази. В) Зменшиться у 2 рази.
Г) Зменшиться у 4 рази. Д) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів.

593. Який період коливань T вантажу масою $m=0,1$ кг, підвішеного до пружини, жорсткістю $k=10$ Н/м ?

- А) $T=0,45$ с. Б) $T=0,72$ с. В) $T=0,63$ с. Г) $T=0,38$ с. Д) $T=0,56$ с.

594. Вантаж масою m коливається на невагомій пружині жорсткістю k . Як зміниться частота ν коливань цього вантажу, якщо пружину *скоротити вдвічі* ?

- А) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Збільшиться у 2 рази. В) Зменшиться у 2 рази.
Г) Зменшиться у $\sqrt{2}$ раз. Д) Збільшиться у 4 рази.

595. Визначити частоту коливань ν вантажу масою $m=100$ г, підвішеного до пружини, жорсткість якої $k=10$ Н/м ?

- А) $\nu=2,8$ Гц. Б) $\nu=2,0$ Гц. В) $\nu=1,6$ Гц. Г) $\nu=2,4$ Гц. Д) $\nu=1,2$ Гц.

596. Як змінилась власна частота коливань пружинного маятника ν , якщо жорсткість його пружини k *збільшили* у 9,8 разів ?

- А) Зменшилась у 3,1 рази. Б) Збільшилась у 3,1 рази. В) Збільшилась у 9,8 рази.
Г) Зменшилась у 9,8 рази. Д) Збільшилась у 4,9 рази.

597. При підвішенні вантажу сталевая пружина розтягується на $\Delta x=1$ см. Із яким періодом T він здійснюватиме вертикальні коливання після виведення зі стану рівноваги ?

- А) $T=0,6$ с. Б) $T=1,0$ с. В) $T=0,4$ с. Г) $T=0,8$ с. Д) $T=0,2$ с.

598. Під дією вантажу масою $m=1$ кг сталевая пружина розтягується на $\Delta x=1$ см. Із якою частотою ν коливатиметься цей пружинний маятник ?

- А) $\nu=6$ Гц. Б) $\nu=4$ Гц. В) $\nu=2$ Гц. Г) $\nu=5$ Гц. Д) $\nu=3$ Гц.

599. До пружини підвішений вантаж вагою $P=100$ Н. Під дією сили $F=10$ Н ця пружина

591. A load of m in mass oscillates on a weightless spring of rigidity k . How will the period T of oscillations of this load change, if the spring is *shortened* twice ?
- A) It will increase $\sqrt{2}$ times B) It will increase 2 times C) It will decrease 2 times
D) It will decrease $\sqrt{2}$ times E) It will decrease 4 times
592. A load of m in mass oscillates on a weightless spring of rigidity k . How will the frequency ν of oscillations of this load change, if the spring is *lengthened* twice ?
- A) It will increase $\sqrt{2}$ times B) It will increase 2 times C) It will decrease 2 times
D) It will decrease 4 times E) It will decrease $\sqrt{2}$ times
593. What is the period T of oscillations of a load of $m=0.1$ kg in mass hung to a spring of rigidity $k=10$ N/m ?
- A) $T=0.45$ sec B) $T=0.72$ sec C) $T=0.63$ sec D) $T=0.38$ sec E) $T=0.56$ sec
594. A load of m in mass oscillates on a weightless spring of rigidity k . How will the period T of oscillations of this load change, if the spring is *shortened* twice ?
- A) It will increase $\sqrt{2}$ times. B) It will increase 2 times. C) It will decrease 2 times.
D) It will decrease $\sqrt{2}$ times. E) It will increase 4 times.
595. Find out the frequency ν of oscillations of a load of $m=100$ g in mass hung to a spring of rigidity $k=10$ N/m.
- A) $\nu=2.8$ Hz B) $\nu=2.0$ Hz C) $\nu=1.6$ Hz D) $\nu=2.4$ Hz E) $\nu=1.2$ Hz
596. How did a proper frequency ν of oscillations of a spring pendulum, if rigidity k of its spring was *increased* 9.8 times ?
- A) It decreased 3.1 times B) It increased 3.1 times C) It increased 9.8 times
D) It decreased 9.8 times E) It increased 4.9 times
597. A load being hung, a steel spring extends by $\Delta x=1$ cm. With what period T will this load perform vertical oscillations after overbalancing it ?
- A) $T=0.6$ sec B) $T=1.0$ sec C) $T=0.4$ sec D) $T=0.8$ sec E) $T=0.2$ sec
598. Under the influence of a load of $m=1$ kg in mass a steel spring extends by $\Delta x=1$ cm. With what frequency ν will this spring pendulum oscillate ?
- A) $\nu=6$ Hz B) $\nu=4$ Hz C) $\nu=2$ Hz D) $\nu=5$ Hz E) $\nu=3$ Hz
599. A load of $P=100$ N in weight is suspended on a spring. Under the influence of for-

жина розтягується на $\Delta x = 1,5$ см. Визначте період коливань T цього пружинного маятника.

- А) $T = 0,56$ с. Б) $T = 1,6$ с. В) $T = 0,78$ с. Г) $T = 0,94$ с. Д) $T = 1,2$ с.

600. До динамометра підвісили вантаж, і його показчик опустився на позначку $x = 25$ см. Після цього вантаж вивели зі стану рівноваги і відпустили. Визначити частоту коливань ν , які при цьому виникли.

- А) $\nu = 4$ Гц. Б) $\nu = 2$ Гц. В) $\nu = 5$ Гц. Г) $\nu = 3$ Гц. Д) $\nu = 1$ Гц.

601. До пружини підвішений вантаж вагою $P = 100$ Н. Під дією сили $F = 10$ Н ця пружина розтягується на $\Delta x = 1,5$ см. Визначте частоту коливань ν цього пружинного маятника.

- А) $\nu = 4,2$ Гц. Б) $\nu = 2,4$ Гц. В) $\nu = 3,2$ Гц. Г) $\nu = 1,3$ Гц. Д) $\nu = 0,9$ Гц.

602. До пружини підвішений вантаж вагою $P = 100$ Н. Під дією сили $F = 10$ Н ця пружина розтягується на $\Delta x = 1,5$ см. Визначити циклічну частоту коливань цього вантажу ω .

- А) $\omega = 8,1$ с⁻¹. Б) $\omega = 16,2$ с⁻¹. В) $\omega = 2,3$ с⁻¹. Г) $\omega = 7,2$ с⁻¹. Д) $\omega = 4,6$ с⁻¹.

603. Пружинний маятник масою $m = 100$ г здійснює коливання із частотою $\nu = 2$ Гц. Визначити жорсткість його пружини k .

- А) $k = 32$ Н/м. Б) $k = 16$ Н/м. В) $k = 40$ Н/м. Г) $k = 24$ Н/м. Д) $k = 8$ Н/м.

604. Важок здійснює коливання із частотою $\nu = 5$ Гц під дією пружини жорсткістю $k = 196$ Н/м. Визначити масу m цього важка.

- А) $m = 100$ г. Б) $m = 150$ г. В) $m = 200$ г. Г) $m = 250$ г. Д) $m = 300$ г.

605. Пружинний маятник масою $m = 5$ кг здійснює $N = 45$ коливань за хвилину. Визначити жорсткість k пружини цього маятника.

- А) $k = 96$ Н/м. Б) $k = 134$ Н/м. В) $k = 87$ Н/м. Г) $k = 58$ Н/м. Д) $k = 111$ Н/м.

606. До невагомій пружини підвісили вантаж масою $m = 25$ г. Визначити період його коливань T , якщо під дією сили $F = 0,15$ Н ця пружина видовжується на $\Delta x = 2$ см.

- А) $T = 0,42$ с. Б) $T = 0,81$ с. В) $T = 1,04$ с. Г) $T = 0,36$ с. Д) $T = 0,68$ с.

607. Визначте частоту коливань ν точки масою $m = 4$ кг, яка здійснює гармонічні коливання під дією сили, рівняння якої має вигляд: $F = -\pi^2 x$.

- А) $\nu = 0,25$ Гц. Б) $\nu = 0,1$ Гц. В) $\nu = 0,5$ Гц. Г) $\nu = 1,0$ Гц. Д) $\nu = 0,75$ Гц.

ce $F=10$ N this spring extends by $\Delta x=1.5$ cm. Find out the period T of oscillations of this spring pendulum.

- A) $T=0.56$ sec B) $T=1.6$ sec C) $T=0.78$ sec D) $T=0.94$ sec E) $T=1.2$ sec

600. A load is suspended on a dynamometer and its indicator went down to the mark $x=25$ cm. Then, this load was overbalanced and let go. Find out the frequency ν of oscillations which occurred thereat.

- A) $\nu=4$ Hz B) $\nu=2$ Hz C) $\nu=5$ Hz D) $\nu=3$ Hz E) $\nu=1$ Hz

601. A load of $P=100$ N in weight is suspended on a spring. Under the influence of force $F=10$ N this spring extends by $\Delta x=1.5$ cm. Find out the frequency ν of oscillations of this spring pendulum.

- A) $\nu=4.2$ Hz B) $\nu=2.4$ Hz C) $\nu=3.2$ Hz D) $\nu=1.3$ Hz E) $\nu=0.9$ Hz

602. A load of $P=100$ N in weight is suspended on a spring. Under the influence of force $F=10$ N this spring extends by $\Delta x=1.5$ cm. Find out a cyclic frequency ω of oscillations of this load.

- A) $\omega=8.1 \text{ sec}^{-1}$ B) $\omega=16.2 \text{ sec}^{-1}$ C) $\omega=2.3 \text{ sec}^{-1}$ D) $\omega=7.2 \text{ sec}^{-1}$ E) $\omega=4.6 \text{ sec}^{-1}$

603. A spring pendulum of $m=100$ g in mass performs oscillations of frequency $\nu=2$ Hz. Find out rigidity k of this spring.

- A) $k=32$ N/m B) $k=16$ N/m C) $k=40$ N/m D) $k=24$ N/m E) $k=8$ N/m

604. A small load performs oscillations of frequency $\nu=5$ Hz under the influence of a spring of rigidity $k=196$ N/m. Find out this load mass m .

- A) $m=100$ g B) $m=150$ g C) $m=200$ g D) $m=250$ g E) $m=300$ g

605. A spring pendulum of $m=5$ kg in mass performs $N=45$ oscillations *per minute*. Find out rigidity k of this pendulum spring.

- A) $k=96$ N/m B) $k=134$ N/m C) $k=87$ N/m D) $k=58$ N/m E) $k=111$ N/m

606. A load of $m=25$ g in mass was suspended on a weightless spring. Find out the period T of the load oscillations, if under the influence of force $F=0.15$ N this spring lengthens by $\Delta x=2$ cm.

- A) $T=0.42$ sec B) $T=0.81$ sec C) $T=1.04$ sec D) $T=0.36$ sec E) $T=0.68$ sec

607. Find out the frequency of oscillations ν of a point of $m=4$ kg in mass, which performs harmonic oscillations under the influence of force the equation of which looks like $F=-\pi^2 x$.

- A) $\nu=0.25$ Hz B) $\nu=0.1$ Hz C) $\nu=0.5$ Hz D) $\nu=1.0$ Hz E) $\nu=0.75$ Hz

608. Як зміниться період T вертикальних коливань, якщо до пружини замість мідної кульки прикріпити кульку із алюмінію *такого ж самого* радіусу ? (Густина міді $\rho_1=8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, а алюмінію $\rho_2=2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$).

- А) Зменшиться у 2,7 рази. Б) Збільшиться у 1,8 рази. В) Зменшиться у 3,3 рази.
Г) Зменшиться у 1,8 рази. Д) Збільшиться у 3,3 рази.

609. Визначити, як зміниться *частота коливань* ν пружинного маятника в умовах *попереднього завдання*.

- А) Зменшиться у 1,8 рази. Б) Збільшиться у 2,7 рази. В) Зменшиться у 3,3 рази.
Г) Збільшиться у 3,3 рази. Д) Збільшиться у 1,8 рази.

610. Пружинний маятник коливається із частотою $\nu=10$ Гц. Визначити прискорення вантажу a , яке відповідає координаті $x=5$ см коливної точки.

- А) $a=-154 \text{ м/с}^2$. Б) $a=-49 \text{ м/с}^2$. В) $a=-197 \text{ м/с}^2$. Г) $a=-98 \text{ м/с}^2$. Д) $a=-126 \text{ м/с}^2$.

Механічна енергія гармонічних коливань

611. Як змінюється *повна* механічна енергія при гармонічних коливаннях матеріальної точки ?

- А) Зменшується у часі. Б) Зростає у часі. В) Залишається постійною.
Г) Здійснює коливання у часі. Д) Відповідь неоднозначна.

612. У якому випадку заданих величин *недостатньо* для підрахунку *повної* механічної енергії тіла, яке здійснює гармонічні коливання ?

- А) m, a_{\max} . Б) m, V_{\max} . В) m, A, ω . Г) F_{\max}, A . Д) k, A .

613. Рівняння гармонічних коливань тіла має вигляд: $x=\sin(\omega_0 t)$. Через яку частину періоду $t(T)$ повна енергія цього тіла E *дорівнюватиме* його потенціальній енергії E_n ?

- А) $t = \frac{T}{3}$. Б) $t = \frac{T}{2}$. В) $t = \frac{T}{6}$. Г) $t = \frac{T}{8}$. Д) $t = \frac{T}{4}$.

614. Рівняння гармонічних коливань тіла має вигляд: $x=\sin((\omega_0 t))$. Через яку частину періоду $t(T)$ повна енергія цього тіла E *дорівнюватиме* його кінетичній енергії E_k ?

- А) $t = \frac{T}{3}$. Б) $t = \frac{T}{2}$. В) $t = \frac{T}{6}$. Г) $t = \frac{T}{8}$. Д) $t = \frac{T}{4}$.

615. У якому із запропонованих випадків повна механічна енергія E коливань вантажу масою m на пружині *мінімальна* ?

608. How will the period T of vertical oscillation change, if instead a copper ball an aluminium ball of *the same* radius is suspended on a spring ? (Density of copper is $\rho_1 = 8.9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, density of aluminium is $\rho_2 = 2.7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$).

- A) It will decrease 2.7 times B) It will increase 1.8 times C) It will decrease 3.3 times
D) It will decrease 1.8 times E) It will increase 3.3 times.

609. Find out how *the frequency of oscillations* ν of a spring pendulum will change under conditions of *the previous problem*.

- A) It will decrease 1.8 times B) It will decrease 2.7 times C) It will decrease 3.3 times
D) It will decrease 3.3 times E) It will decrease 1.8 times

610. A spring pendulum oscillates with frequency $\nu = 10 \text{ Hz}$. Find out a load acceleration a , which corresponds to the coordinate $x = 5 \text{ cm}$ of the oscillating point.

- A) $a = -154 \text{ m/sec}^2$ B) $a = -49 \text{ m/sec}^2$ C) $a = -197 \text{ m/sec}^2$ D) $a = -98 \text{ m/sec}^2$ E) $a = -126 \text{ m/sec}^2$

Mechanical energy of harmonic oscillations

611. How does *total* mechanical energy change in harmonic oscillations of a material point ?

- A) It decreases in time. B) It increases in time. C) It remains constant.
D) It performs oscillations in time. E) The answer is diverse.

612. In what case are the given values *not enough* to calculate *the total* mechanical energy of a body which performs harmonic oscillations ?

- A) m, a_{\max} B) m, V_{\max} C) m, A, ω D) F_{\max}, A E) k, A

613. The equation of harmonic oscillations of a body looks like $x = \sin(\omega_0 t)$. Over what part of the period $t(T)$ *the total* energy E of this body will be to its *potential* energy E_p ?

- A) $t = \frac{T}{3}$. B) $t = \frac{T}{2}$. C) $t = \frac{T}{6}$. D) $t = \frac{T}{8}$. E) $t = \frac{T}{4}$.

614. The equation of harmonic oscillations of a body looks like $x = \sin(\omega_0 t)$. Over what part of the period $t(T)$ *the total* energy E of this body will be to its *kinetic* energy E_k ?

- A) $t = \frac{T}{3}$. B) $t = \frac{T}{2}$. C) $t = \frac{T}{6}$. D) $t = \frac{T}{8}$. E) $t = \frac{T}{4}$.

615. In what of the below case is *the total* mechanical energy E of oscillations of a load of m in mass on a spring *minimum* ?

А) $m=1$ г, $x=3\cdot\sin(t)$ см. Б) $m=5$ г, $x=3\cdot\sin(0,4t)$ см. В) $m=2$ г, $x=2\cdot\sin(0,5t)$ см.

Г) $m=3$ г, $x=3\cdot\sin(0,5t+\pi)$ см. Д) $m=4$ г, $x=4\cdot\sin(0,16t+\pi/2)$ см.

616. У якому із запропонованих випадків повна механічна енергія E коливань вантажу масою m на пружині *максимальна* ?

А) $m=1$ г, $x=3\cdot\sin(t)$ см. Б) $m=5$ г, $x=3\cdot\sin(0,4t)$ см. В) $m=2$ г, $x=2\cdot\sin(0,5t)$ см.

Г) $m=3$ г, $x=3\cdot\sin(0,5t+\pi)$ см. Д) $m=4$ г, $x=4\cdot\sin(0,16t+\pi/2)$ см.

617. Точка здійснює гармонічні коливання згідно закону: $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. Яку частину *від повної* механічної енергії E складає її *потенціальна* енергія E_n для моменту часу, коли її зміщення x від положення рівноваги дорівнює *половині амплітуди*.

А) $\frac{E_n}{E} = \frac{2}{3}$. Б) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{2}$. В) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{4}$. Г) $\frac{E_n}{E} = \frac{3}{4}$. Д) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{3}$.

618. Точка здійснює гармонічні коливання згідно за законом $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. Яку частину від повної механічної енергії E складає її *кінетична* енергія E_k для моменту часу, коли її зміщення x від положення рівноваги дорівнює *половині амплітуди*.

А) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{4}$. Б) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{2}$. В) $\frac{E_k}{E} = \frac{2}{3}$. Г) $\frac{E_k}{E} = \frac{3}{4}$. Д) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{3}$.

619. Точка здійснює гармонічні коливання згідно за законом $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. Яку частину *від повної* механічної енергії E складає її *потенціальна* енергія E_n для моменту часу $t=T/8$?

А) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{4}$. Б) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{2}$. В) $\frac{E_n}{E} = \frac{3}{4}$. Г) $\frac{E_n}{E} = \frac{2}{3}$. Д) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{3}$.

620. Точка здійснює гармонічні коливання згідно із законом: $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. Яку частину *від повної* механічної енергії E складає її *кінетична* енергія E_k для моменту часу $t=T/6$?

а) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{4}$. б) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{2}$. в) $\frac{E_k}{E} = \frac{2}{3}$. г) $\frac{E_k}{E} = \frac{3}{4}$. д) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{3}$.

621. Пружинний маятник здійснює коливання, повна механічна енергія яких дорівнює $E=7,2\cdot 10^{-2}$ Дж. Коефіцієнт пружності пружини $k=40$ Н/м. Визначити амплітуду A цих коливань.

А) $A=6$ см. Б) $A=4$ см. В) $A=10$ см. В) $A=2$ см. Д) $A=8$ см.

622. Вазок на пружині жорсткістю $k=2$ кН/м здійснює коливання із амплітудою

- A) $m=1$ g, $x=3\cdot\sin(t)$ cm B) $m=5$ g, $x=3\cdot\sin(0,4t)$ cm C) $m=2$ g, $x=2\cdot\sin(0,5t)$ cm
 D) $m=3$ g, $x=3\cdot\sin(0,5t+\pi)$ cm E) $m=4$ g, $x=4\cdot\sin(0,16t+\pi/2)$ cm

616. In what of the below case is *the total* mechanic energy E of oscillations of a load of m in mass on a spring *maximum* ?

- A) $m=1$ r, $x=3\cdot\sin(t)$ cm B) $m=5$ r, $x=3\cdot\sin(0,4t)$ cm C) $m=2$ r, $x=2\cdot\sin(0,5t)$ cm
 D) $m=3$ r, $x=3\cdot\sin(0,5t+\pi)$ cm E) $m=4$ r, $x=4\cdot\sin(0,16t+\pi/2)$ cm

617. A point performs harmonic oscillations from the law $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. What part of *the total* mechanic energy E is the point *potential* energy E_p for the moment of time, when its displacement x away from the equilibrium position is equal to *half-amplitude* ?

- A) $\frac{E_n}{E} = \frac{2}{3}$. B) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{2}$. C) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{4}$. D) $\frac{E_n}{E} = \frac{3}{4}$. E) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{3}$.

618. A point performs harmonic oscillations from the law $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. What part of *the total* mechanic energy E is the point *kinetic* energy E_k for the moment of time, when its displacement x away from the equilibrium position is equal to *half-amplitude* ?

- A) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{4}$. B) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{2}$. C) $\frac{E_k}{E} = \frac{2}{3}$. D) $\frac{E_k}{E} = \frac{3}{4}$. E) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{3}$.

619. A point performs harmonic oscillations from the law $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. What part of *the total* mechanic energy E is the point *potential* energy E_p for the moment of time $t=T/8$?

- A) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{4}$. B) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{2}$. C) $\frac{E_n}{E} = \frac{3}{4}$. D) $\frac{E_n}{E} = \frac{2}{3}$. E) $\frac{E_n}{E} = \frac{1}{3}$.

620. A point performs harmonic oscillations from the law $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$. What part of *the total* mechanic energy E is the point *kinetic* energy E_k for the moment of time $t=T/6$?

- A) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{4}$. B) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{2}$. C) $\frac{E_k}{E} = \frac{2}{3}$. D) $\frac{E_k}{E} = \frac{3}{4}$. E) $\frac{E_k}{E} = \frac{1}{3}$.

621. A spring pendulum performs oscillations mechanical energy of the oscillations is $E=7.2\cdot 10^{-2}$ J. Elastic coefficient of the spring is $k=40$ N/m. Find out amplitude A of these oscillations.

- A) $A=6$ cm B) $A=4$ cm C) $A=10$ cm D) $A=2$ cm E) $A=8$ cm

622. A weight on a spring of rigidity $k=2$ kN/m performs oscillations with amplitude $A=$

$A=5$ см. Визначите *повну* механічну енергію E цих коливань.

А) $E=10$ Дж. Б) $E=2,5$ Дж. В) $E=5$ Дж. Г) $E=7,5$ Дж. Д) $E=12,5$ Дж.

623. Як зміниться *повна* механічна енергія тіла, яке здійснює гармонічні коливання, якщо їхню амплітуду A збільшити у 2 рази, а частоту ν зменшити у 4 рази ?

А) Збільшиться у 2 рази. Б) Зменшиться у 2 рази. В) Збільшиться у 4 рази.
Г) Зменшиться у 4 рази. Д) Залишиться незмінною.

624. Як змінюється кінетична енергія E_k при гармонічних коливаннях матеріальної точки ?

А) Зменшується у часі. Б) Зростає у часі. В) Відповідь неоднозначна.
Г) Залишається незмінною. Д) Здійснює коливання у часі.

625. Максимальна кінетична енергія вантажу на пружині $E_{\max}=1$ Дж, а амплітуда його коливань $A=5$ см. Визначити коефіцієнт жорсткості k цієї пружини.

а) $k = 400 \frac{H}{m}$. б) $k = 200 \frac{H}{m}$. в) $k = 800 \frac{H}{m}$. г) $k = 100 \frac{H}{m}$. д) $k = 600 \frac{H}{m}$.

626. Як змінюється *потенціальна* енергія E_n при гармонічних коливаннях матеріальної точки ?

А) Зменшується у часі. Б) Зростає у часі. В) Залишається незмінною.
Г) Здійснює коливання у часі. Д) Відповідь неоднозначна.

627. У якому із наведених випадків заданих величин *недостатньо* для підрахунку *максимальної потенціальної* енергії тіла, яке здійснює гармонічні коливання ?

А) m, A, ω . Б) m, V_{\max} . В) m, a_{\max} . Г) F_{\max}, A . Д) k, A .

628. У якому із запропонованих випадків *максимальна потенціальна* енергія гармонічних коливань вантажу на пружині E_n *найменша* ?

А) $m=1$ г, $x=3 \cdot \sin(t)$ см. Б) $m=5$ г, $x=3 \cdot \sin(0,4t)$ см. В) $m=2$ г, $x=2 \cdot \sin(0,5t)$ см.
Г) $m=3$ г, $x=3 \cdot \sin(0,5t+\pi)$ см. Д) $m=4$ г, $x=4 \cdot \sin(0,16t+\pi/2)$ см.

629. У якому із запропонованих випадків *максимальна потенціальна* енергія гармонічних коливань вантажу на пружині E_n *найбільша* ?

А) $m=1$ г, $x=\sin(t)$ см. Б) $m=5$ г, $x=3 \cdot \sin(0,4t)$ см. В) $m=3$ г, $x=2 \cdot \cos(0,5t)$ см.
Г) $m=2$ г, $x=3 \cdot \sin(0,5t)$ см. Д) $m=4$ г, $x=4 \cdot \cos(0,1t)$ см.

630. Дві пружини із жорсткостями k_1 та k_2 розтягуються *однаковою* силою F . Визначити відношення їхніх *потенціальних* енергій E ? (x_1 і x_2 - відповідні статичні видовження обох пружин).

=5 cm. Find out *the total* mechanical energy E of these oscillations.

- A) $E=10\text{ J}$ B) $E=2.5\text{ J}$ C) $E=5\text{ J}$ D) $E=7.5\text{ J}$ E) $E=12.5\text{ J}$

623. How will *the total* mechanical energy of a body performing harmonic oscillations change if their amplitude A *increases* twice and frequency ν *decreases* 4 times ?

- A) It will increase 2 times B) It will decrease 2 times C) It will increase 4 times
D) It will decrease 4 times E) It will remain unchanged

624. How will *kinetic* energy E_k change in harmonic oscillations of a material point ?

- A) It decreases in time B) It increases in time C) The answer is diverse
D) It remains unchanged E) It performs oscillations in time

625. *Maximum kinetic* energy of a load on a spring is $E_{\max}=1\text{ J}$, and amplitude of its oscillations is $A=5\text{ cm}$. Find out coefficient of rigidity k of this spring.

- A) $k=400\frac{\text{N}}{\text{m}}$ B) $k=200\frac{\text{N}}{\text{m}}$ C) $k=800\frac{\text{N}}{\text{m}}$ D) $k=100\frac{\text{N}}{\text{m}}$ E) $k=600\frac{\text{N}}{\text{m}}$

626. How does *potential* energy E_p change in harmonic oscillations of a material point ?

- A) It decreases in time B) It increases in time C) It remains unchanged
D) It performs oscillations in time E) The answer is diverse

627. In what of the below cases are the given values *not enough* to calculate *maximum potential* energy of a body performing harmonic oscillations ?

- A) m, A, ω B) m, V_{\max} C) m, a_{\max} D) F_{\max}, A E) k, A

628. In what of the below cases is *maximum potential* energy E_p of harmonic oscillations of a load on a spring *the least* ?

- A) $m=1\text{ g}, x=3\cdot\sin(t)\text{ cm}$ B) $m=5\text{ g}, x=3\cdot\sin(0.4t)\text{ cm}$ C) $m=2\text{ g}, x=2\cdot\sin(0.5t)\text{ cm}$
D) $m=3\text{ g}, x=3\cdot\sin(0.5t+\pi)\text{ cm}$ E) $m=4\text{ g}, x=4\cdot\sin(0.16t+\pi/2)\text{ cm}$

629. In what of the below cases is *maximum potential* energy E_p of harmonic oscillations of a load on a spring *the largest* ?

- A) $m=1\text{ g}, x=\sin(t)\text{ cm}$ B) $m=5\text{ g}, x=3\cdot\sin(0.4t)\text{ cm}$ C) $m=3\text{ g}, x=2\cdot\cos(0.5t)\text{ cm}$
D) $m=2\text{ g}, x=3\cdot\sin(0.5t)\text{ cm}$ E) $m=4\text{ g}, x=4\cdot\cos(0.1t)\text{ cm}$

630. Two springs of rigidities k_1 and k_2 are extended with *the equal* force F . Find out the relationship between their *potential* energies E ? (x_1 and x_2 are static extensions of the both springs, respectively).

$$\text{А) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_1}{k_2}. \text{ Б) } \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2. \text{ В) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_1}{x_2}. \text{ Г) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_2}{k_1}. \text{ Д) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_2}{x_1}.$$

631. Дві пружини із жорсткостями k_1 та k_2 здійснюють вертикальні коливання під дією *однакового* вантажу масою m . Як відносяться їхні потенціальні енергії E_n ? (x_1 та x_2 - зміщення вантажу на обох пружинах).

$$\text{А) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_2}{x_1}. \text{ Б) } \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2. \text{ В) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_1}{k_2}. \text{ Г) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_1}{x_2}. \text{ Д) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_2}{k_1}.$$

632. *Максимальна потенціальна* енергія гармонічних коливань пружинного маятника масою $m=40$ г складає $E_{\max}=50$ мкДж. Визначити *максимальну* швидкість коливань цього маятника V_{\max} .

$$\text{А) } V_{\max}=20 \text{ см/с. Б) } V_{\max}=5 \text{ см/с. В) } V_{\max}=30 \text{ см/с. Г) } V_{\max}=15 \text{ см/с. Д) } V_{\max}=10 \text{ см/с.}$$

633. Важок гармонічно коливається на пружині, яка під дією сили $F=0,5$ Н видовжується на $\Delta x=2$ см. Амплітуда коливань $A=4$ см. Визначити максимальне значення його *потенціальної* енергії E_{\max} .

$$\text{А) } E_{\max}=20 \text{ мДж. Б) } E_{\max}=10 \text{ мДж. В) } E_{\max}=30 \text{ мДж. Г) } E_{\max}=40 \text{ мДж. Д) } E_{\max}=50 \text{ мДж.}$$

Електромагнітні коливання

634. Як зміниться період T електромагнітних коливань у коливальному контурі, якщо відстань d між пластинами його конденсатора *збільшити* у 1,44 рази ?

$$\text{А) Збільшиться у 1,44 рази. Б) Зменшиться у 1,44 рази. В) Збільшиться у 1,2 рази. Г) Зменшиться у 1,2 рази. Д) Зменшиться у 0,72 рази.}$$

635. Як зміниться частота ν електромагнітних коливань у коливальному контурі, якщо площа S пластин його конденсатора *збільшиться* у 2,25 рази ?

$$\text{А) Збільшиться у 1,5 рази. Б) Зменшиться у 1,5 рази. В) Збільшиться у 2,25 рази. Г) Зменшиться у 2,25 рази. Д) Зменшиться у 4,5 рази.}$$

636. Як зміниться частота ν електромагнітних коливань у коливальному контурі, якщо одночасно його ємність C *збільшити* у 8 разів, а індуктивність котушки L *зменшити* у 2 рази ?

$$\text{А) Збільшиться у 4 рази. Б) Зменшиться у 8 разів. В) Збільшиться у 2 рази. Г) Зменшиться у 4 рази. Д) Зменшиться у 2 рази.}$$

637. Конденсатор в коливальному контурі заповнили діелектриком із діелектричною проникністю $\epsilon=4$. У скільки разів змінилась частота ν власних коливань такого контура ?

$$\text{A) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_1}{k_2} \quad \text{B) } \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2 \quad \text{C) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_1}{x_2} \quad \text{D) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_2}{k_1} \quad \text{E) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_2}{x_1}$$

631. Two springs of rigidities k_1 and k_2 perform vertical oscillations under the influence of the equal load of m in mass. What is the relationship between their *potential* energies E_p ? (x_1 and x_2 are displacements of the load on the both springs).

$$\text{A) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_2}{x_1} \quad \text{B) } \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2 \quad \text{C) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_1}{k_2} \quad \text{D) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_1}{x_2} \quad \text{E) } \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_2}{k_1}$$

632. *Maximum potential* energy of harmonic oscillations of a spring pendulum of $m=40$ g in mass is $E_{\max}=50$ mJ. Find out *maximum* velocity V_{\max} of oscillations of this pendulum.

$$\text{A) } V_{\max}=20 \text{ cm/sec} \quad \text{B) } V_{\max}=5 \text{ cm/sec} \quad \text{C) } V_{\max}=30 \text{ cm/sec} \\ \text{D) } V_{\max}=15 \text{ cm/sec} \quad \text{E) } V_{\max}=10 \text{ cm/sec}$$

633. A weight harmonically oscillates on a spring, which under the influence of force $F=0.5$ N lengthens by $\Delta x=2$ cm. Amplitude of oscillations is $A=4$ cm. Find out the *maximum* value of the weight *potential* energy E_{\max} .

$$\text{A) } E_{\max}=20 \text{ mJ} \quad \text{B) } E_{\max}=10 \text{ mJ} \quad \text{C) } E_{\max}=30 \text{ mJ} \quad \text{D) } E_{\max}=40 \text{ mJ} \quad \text{E) } E_{\max}=50 \text{ mJ}$$

Electromagnetic oscillations

634. How will the period T of electromagnetic oscillations change in an oscillating loop, if the distance d between its condenser disks *increases* 1.44 times ?

$$\text{A) It will increase 1.44 times} \quad \text{B) It will decrease 1.44 times} \quad \text{C) It will increase 1.2 times} \\ \text{D) It will decrease 1.2 times} \quad \text{E) It will decrease 0.72 times}$$

635. How will the frequency ν of electromagnetic oscillations change in an oscillating loop, if the area S of its condenser disks *increases* 2.25 times ?

$$\text{A) It will increase 1.5 times} \quad \text{B) It will decrease 1.5 times} \quad \text{C) It will increase 2.25 times} \\ \text{D) It will decrease 2.25 times} \quad \text{E) It will decrease 4.5 times}$$

636. How will the frequency ν of electromagnetic oscillations change in an oscillating loop, if its capacitance C simultaneously *increases* 8 times and a loop inductance L *decreases* twice ?

$$\text{A) It will increase 4 times} \quad \text{B) It will decrease 8 times} \quad \text{C) It will increase 2 times} \\ \text{D) It will decrease 4 times} \quad \text{E) It will decrease 2 times}$$

637. A condenser in an oscillating loop was filled with dielectric of dielectric permeability $\varepsilon=4$. How many times did the frequency ν of proper oscillations of this loop change ?

А) Збільшилась у 4 рази. Б) Зменшилась у 4 рази. В) Зменшилась у 2 рази.

Г) Збільшилась у 2 рази. Д) Зменшилась у $\sqrt{2}$ разів.

638. Як зміниться частота коливань ν у закритому коливальному контурі, якщо *розсунути* пластини його конденсатора у 2 рази ?

А) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів. Б) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів. В) Збільшиться у 2 рази.

Г) Зменшиться у 2 рази. Д) Зменшиться у 4 рази.

639. Як зміниться період коливань T у закритому коливальному контурі після *зближення* пластинів його конденсатора у 2 рази ?

А) Збільшиться у 2 рази. Б) Зменшиться у 2 рази. В) Збільшиться у 4 рази.

Г) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів. Д) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів.

640. Визначити період T незагасаючих коливань у коливальному контурі, якщо індуктивність його котушки $L=2$ мГн, а ємність конденсатора $C=0,8$ мкФ.

А) $T=3,4 \cdot 10^{-5}$ с. Б) $T=2,5 \cdot 10^{-4}$ с. В) $T=5,6 \cdot 10^{-3}$ с. Г) $T=7,8 \cdot 10^{-2}$ с. Д) $T=1,2 \cdot 10^{-6}$ с.

641. Визначити частоту ν незагасаючих коливань у коливальному контурі, якщо ємність його конденсатора $C=2 \cdot 10^{-3}$ мкФ, а індуктивність котушки $L=8$ мГн.

А) $\nu=20$ кГц. Б) $\nu=80$ кГц. В) $\nu=100$ кГц. Г) $\nu=40$ кГц. Д) $\nu=10$ кГц.

642. Частота електромагнітних коливань у коливальному контурі $\nu_1=30$ кГц. Якою стане частота коливань ν_2 , якщо ємність C конденсатора *збільшити* у 9 разів ?

А) $\nu_2=120$ кГц. Б) $\nu_2=90$ кГц. В) $\nu_2=60$ кГц. Г) $\nu_2=270$ кГц. Д) $\nu_2=10$ кГц.

643. Коливальний контур має власну частоту коливань $\nu_1=30$ кГц. Якою стане його власна частота коливань ν_2 , якщо відстань d між пластинами його конденсатора *збільшити* у 1,44 рази ?

А) $\nu_2=18$ кГц. Б) $\nu_2=42$ кГц. В) $\nu_2=24$ кГц. Г) $\nu_2=12$ кГц. Д) $\nu_2=36$ кГц.

644. У коливальному контурі із конденсатором ємністю $C_1=1$ мкФ резонансна частота $\nu_1=400$ Гц. Якщо *паралельно* конденсатору C_1 приєднати конденсатор C_2 , резонансна частота стане $\nu_2=100$ Гц. Визначити ємність конденсатора C_2 .

А) $C_2=2$ мкФ. Б) $C_2=8$ мкФ. В) $C_2=4$ мкФ. Г) $C_2=1$ мкФ. Д) $C_2=6$ мкФ.

645. *Максимальний* заряд на конденсаторі коливального контура $q_{\max}=10^{-6}$ Кл, а ємність його конденсатора $C=5$ пФ. Визначити кількість виділеної теплоти Q при *повному* загасанні електромагнітних коливань.

А) $Q=0,1$ Дж. Б) $Q=0,4$ Дж. В) $Q=0,8$ Дж. Г) $Q=1,0$ Дж. Д) $Q=0,2$ Дж.

- A) It increased 4 times B) It decreased 4 times C) It decreased 2 times
D) It increased 2 times E) It decreased $\sqrt{2}$ times

638. How will the frequency ν of oscillations in a closed oscillating loop change, if its condenser disks *move apart* twice?

- A) It will increase $\sqrt{2}$ times B) It will decrease $\sqrt{2}$ times C) It will increase 2 times
D) It will decrease 2 times E) It will decrease 4 times

639. How will the period T of oscillations in a closed oscillating loop change, when its condenser disks *draw closer* twice?

- A) It will increase 2 times B) It will decrease 2 times C) It will increase 4 times
D) It will decrease $\sqrt{2}$ times E) It will decrease $\sqrt{2}$ times

640. Find out the period T of undamped oscillations in an oscillating loop, if its coil inductance is $L=2$ mH and the condenser capacity is $C=0.8$ mkF.

- A) $T=3.4 \cdot 10^{-5}$ sec B) $T=2.5 \cdot 10^{-4}$ sec C) $T=5.6 \cdot 10^{-3}$ sec D) $T=7.8 \cdot 10^{-2}$ sec E) $T=1.2 \cdot 10^{-6}$ sec

641. Find out the frequency ν of undamped oscillations in an oscillating loop, if its condenser capacity is $C=2 \cdot 10^{-3}$ mkF and its coil inductance is $L=8$ mH.

- A) $\nu=20$ kHz B) $\nu=80$ kHz C) $\nu=100$ kHz D) $\nu=40$ kHz E) $\nu=10$ kHz

642. The frequency of electromagnetic oscillations in an oscillating loop is $\nu_1=30$ kHz. What will the frequency of oscillations ν_2 be, if the condenser capacity C *increases* 9 times?

- A) $\nu_2=120$ kHz B) $\nu_2=90$ kHz C) $\nu_2=60$ kHz D) $\nu_2=270$ kHz E) $\nu_2=10$ kHz

643. An oscillating loop has a proper frequency of oscillations $\nu_1=30$ kHz. What will its proper frequency of oscillations ν_2 be, if the distance d between its condenser disks *increases* 1.44 times?

- A) $\nu_2=18$ kHz B) $\nu_2=42$ kHz C) $\nu_2=24$ kHz D) $\nu_2=12$ kHz E) $\nu_2=36$ kHz

644. In an oscillating loop with a condenser of capacity $C_1=1$ mkF the resonance frequency is $\nu_1=400$ Hz. If condenser C_2 is joined *parallel* to condenser C_1 the resonance frequency will be $\nu_2=100$ Hz. Find out condenser C_2 capacity.

- A) $C_2=2$ mkF B) $C_2=8$ mkF C) $C_2=4$ mkF D) $C_2=1$ mkf E) $C_2=6$ mkF

645. *Maximum* charge on a condenser of an oscillating loop is $q_{max}=10^{-6}$ coul and the loop condenser capacity is $C=5$ pF. Find out the quantity of released heat Q at a *total* attenuation of electromagnetic oscillations.

- A) $Q=0.1$ J B) $Q=0.4$ J C) $Q=0.8$ J D) $Q=1.0$ J E) $Q=0.2$ J

Змінний струм

646. Амплітуда змінного струму, який змінюється за законом *синуса*, $I_{\max}=20$ мА, а його частота $\nu=1$ кГц. Визначити миттєве значення цього струму I через проміжок часу $t=10^{-4}$ с від його нульового значення.

А) $I=8$ мА. Б) $I=12$ мА. В) $I=2$ мА. Г) $I=16$ мА. Д) $I=4$ мА.

647. Укажіть зміщення по фазі $\Delta\varphi$ при резонансі між напругою на котушці індуктивності коливального контура U_L і струмом у коливальному контурі I .

А) $\Delta\varphi=\pi$. Б) $\Delta\varphi=0$. В) $\Delta\varphi=+\frac{\pi}{2}$. Г) $\Delta\varphi=-\frac{\pi}{2}$. Д) $\Delta\varphi=-\pi$.

648. Укажіть зміщення по фазі $\Delta\varphi$ при резонансі між напругою на конденсаторі коливального контура U_C і струмом в коливальному контурі I .

А) $\Delta\varphi=\pi$. Б) $\Delta\varphi=0$. В) $\Delta\varphi=+\frac{\pi}{2}$. Г) $\Delta\varphi=-\frac{\pi}{2}$. Д) $\Delta\varphi=-\pi$.

649. Укажіть зміщення по фазі $\Delta\varphi$ при резонансі між напругою на активному опорі коливального контура U_R і струмом в коливальному контурі I .

А) $\Delta\varphi=\pi$. Б) $\Delta\varphi=0$. В) $\Delta\varphi=+\frac{\pi}{2}$. Г) $\Delta\varphi=-\frac{\pi}{2}$. Д) $\Delta\varphi=-\pi$.

650. Укажіть зміщення по фазі $\Delta\varphi$ при резонансі між напругою на котушці індуктивності U_L і напругою на конденсаторі коливального контура U_C .

А) $\Delta\varphi=\pi$. Б) $\Delta\varphi=0$. В) $\Delta\varphi=+\frac{\pi}{2}$. Г) $\Delta\varphi=-\frac{\pi}{2}$. Д) $\Delta\varphi=-\pi$.

651. Індуктивний опір котушки $X_L=35$ Ом. Визначити індуктивність L цієї котушки, якщо частота змінного струму $\nu=500$ Гц.

А) $L=11$ мГн. Б) $L=22$ мГн. В) $L=33$ мГн. Г) $L=44$ мГн. Д) $L=55$ мГн.

652. Визначити індуктивний опір котушки X_L , якщо її індуктивність $L=2$ мГн, а частота змінного струму $\nu=400$ Гц.

А) $X_L=15$ Ом. Б) $X_L=10$ Ом. В) $X_L=25$ Ом. Г) $X_L=20$ Ом. Д) $X_L=5$ Ом.

653. Амплітуда *синусоїдального* змінного струму $I_{\max}=20$ мА, а його частота $\nu=1$ кГц. Визначити миттєве значення струму I через проміжок часу $t=2,5\cdot 10^{-4}$ с після його нульового значення.

А) $I=20$ мА. Б) $I=8$ мА. В) $I=12$ мА. Г) $I=4$ мА. Д) $I=16$ мА.

Alternating current

646. Amplitude of alternating current which changes *from the sine* laws is $I_{max}=20$ mA and frequency is $\nu=1$ kHz. Find out an instantaneous value of this current I in a period of time $t=10^{-3}$ sec from its zero value.

- A) $I=8$ mA B) $I=12$ mA C) $I=2$ mA D) $I=16$ mA E) $I=4$ mA

647. Show a phase displacement $\Delta\varphi$ *at resonance* between voltage U_L on the inductance coil of the oscillating loop and current in the oscillating loop I .

- A) $\Delta\varphi = \pi$. B) $\Delta\varphi=0$. C) $\Delta\varphi = +\frac{\pi}{2}$. D) $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$. E) $\Delta\varphi = -\pi$.

648. Show a phase displacement $\Delta\varphi$ *at resonance* between voltage U_C on the condenser of the oscillating loop and current in the oscillating loop I .

- A) $\Delta\varphi = \pi$. B) $\Delta\varphi=0$. C) $\Delta\varphi = +\frac{\pi}{2}$. D) $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$. E) $\Delta\varphi = -\pi$.

649. Show a phase displacement $\Delta\varphi$ *at resonance* between voltage U_R on the ohmic resistance of the oscillating loop and current in the oscillating loop I .

- A) $\Delta\varphi = \pi$. B) $\Delta\varphi=0$. C) $\Delta\varphi = +\frac{\pi}{2}$. D) $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$. E) $\Delta\varphi = -\pi$.

650. Show a phase displacement $\Delta\varphi$ *at resonance* between voltage U_L on the inductance coil and voltage U_C on the condenser of the oscillating loop.

- A) $\Delta\varphi = \pi$. B) $\Delta\varphi=0$. C) $\Delta\varphi = +\frac{\pi}{2}$. D) $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$. E) $\Delta\varphi = -\pi$.

651. Inductive impedance of a coil is $X_L=35$ Ohm. Find out this coil inductance L , if frequency of alternating current is $\nu=500$ Hz.

- A) $L=11$ mH B) $L=22$ mH C) $L=33$ mH D) $L=44$ mH E) $L=55$ mH

652. Find out inductive impedance X_L of a coil, if its inductance is $L=2$ mH and frequency of alternating current is $\nu=400$ Hz.

- A) $X_L=15$ Ohm B) $X_L=10$ Ohm C) $X_L=25$ Ohm D) $X_L=20$ Ohm E) $X_L=5$ Ohm

653. Amplitude of sinusoidal alternating current is $I_{max}=20$ mA and its frequency is $\nu=1$ kHz. Find out an instantaneous value of current at an interval of time $t=2.5\cdot 10^{-4}$ sec from its zero value.

- A) $I=20$ mA B) $I=8$ mA C) $I=12$ mA D) $I=4$ mA E) $I=16$ mA

654. Рамка площею $S=200 \text{ см}^2$ рівномірно обертається у магнітному полі індукцією $B=80 \text{ Тл}$ із частотою $\nu=50 \text{ Гц}$. Визначити *амплітудне* значення ЕРС індукції в рамці ε_{\max} .

А) $\varepsilon_{\max}=251 \text{ В}$. Б) $\varepsilon_{\max}=50 \text{ В}$. В) $\varepsilon_{\max}=502 \text{ В}$. Г) $\varepsilon_{\max}=812 \text{ В}$. Д) $\varepsilon_{\max}=25 \text{ В}$.

655. Рамка площею $S=40 \text{ см}^2$ рівномірно обертається із періодом $T=0,02 \text{ с}$ у магнітному полі. Амплітудне значення ЕРС індукції в рамці $\varepsilon_{\max}=628 \text{ В}$. Визначити індукцію магнітного поля B .

А) $B=500 \text{ Тл}$. Б) $B=300 \text{ Тл}$. В) $B=400 \text{ Тл}$. Г) $B=200 \text{ Тл}$. Д) $B=100 \text{ Тл}$.

656. Максимальний заряд на конденсаторі коливального контура $Q_{\max}=10^{-6} \text{ Кл}$, а ємність конденсатора $C=0,5 \text{ мкФ}$. Визначити максимальне значення струму у контурі I_{\max} , якщо індуктивність його котушки $L=2 \text{ Гн}$.

А) $I_{\max}=8 \text{ мА}$. Б) $I_{\max}=4 \text{ мА}$. В) $I_{\max}=1 \text{ мА}$. Г) $I_{\max}=10 \text{ мА}$. Д) $I_{\max}=2 \text{ мА}$.

657. Коливальний контур складається із конденсатора ємністю $C=0,04 \text{ мкФ}$ і котушки індуктивністю $L=1,6 \text{ мГн}$. Амплітудне значення напруги $U_{\max}=200 \text{ В}$. Визначити *максимальну* силу струму у контурі I_{\max} .

А) $I_{\max}=0,5 \text{ А}$. Б) $I_{\max}=2,0 \text{ А}$. В) $I_{\max}=1,0 \text{ А}$. Г) $I_{\max}=2,5 \text{ А}$. Д) $I_{\max}=1,5 \text{ А}$.

Вимушені коливання

658. Яка головна ознака явища *резонансу* ?

- А) Період вимушених коливань зменшується.
- Б) Амплітуда гармонійних коливань зростає.
- В) Амплітуда вимушених коливань зростає.
- Г) Частота вимушених коливань зростає.
- Д) Амплітуда вимушених коливань зменшується.

659. Параметри одного коливального контура $C_1=160 \text{ пФ}$, $L_1=5 \text{ мГн}$, а іншого $C_2=100 \text{ пФ}$, $L_2=4 \text{ мГн}$. Як потрібно змінити місткість конденсатора C_2 , щоб обидва контури були налагоджені *в резонанс* ?

А) Зменшити на 100 пФ . Б) Збільшити на 200 пФ . В) Збільшити на 100 пФ .
Г) Зменшити на 200 пФ . Д) Збільшити на 50 пФ .

660. При якій швидкості руху потягу V амплітуда A вертикальних коливань ваго-ну буде *найбільшою*, якщо період його власних вертикальних коливань $T=1,5 \text{ с}$, а довжина рейки $L=15 \text{ м}$?

А) $V=36 \text{ км/г}$. Б) $V=72 \text{ км/г}$. В) $V=64 \text{ км/г}$. Г) $V=48 \text{ км/г}$. Д) $V=55 \text{ км/г}$.

661. При якій швидкості руху потягу V , підвішений у вагоні математичний маятник,

654. A frame of $S=200 \text{ cm}^2$ uniformly rotates in the magnetic field of induction $B=80 \text{ T}$ and frequency $\nu=50 \text{ Hz}$. Find out an **amplitude** value of inductance electromotive force in the frame \mathcal{E}_{\max} .

- A) $\mathcal{E}_{\max}=251 \text{ V}$ B) $\mathcal{E}_{\max}=50 \text{ V}$ C) $\mathcal{E}_{\max}=502 \text{ V}$ D) $\mathcal{E}_{\max}=812 \text{ V}$ E) $\mathcal{E}_{\max}=25 \text{ V}$

655. A frame of $S=40 \text{ cm}^2$ uniformly rotates with the period $T=0.02 \text{ sec}$ in the magnetic field. The amplitude value of inductance electromotive force in the frame is $\mathcal{E}_{\max}=628 \text{ V}$. Find out the magnetic field induction B .

- A) $B=500 \text{ T}$ B) $B=300 \text{ T}$ C) $B=400 \text{ T}$ D) $B=200 \text{ T}$ E) $B=100 \text{ T}$

656. The maximum charge on the condenser of an oscillating loop is $Q_{\max}=10^{-6} \text{ coul}$ and condenser capacity is $C=0.5 \text{ mkF}$. Find out the maximum value of current in the loop I_{\max} if its coil inductance is $L=2 \text{ H}$.

- A) $I_{\max}=8 \text{ mA}$ B) $I_{\max}=4 \text{ mA}$ C) $I_{\max}=1 \text{ mA}$ D) $I_{\max}=10 \text{ mA}$ E) $I_{\max}=2 \text{ mA}$

657. An oscillating loop consists of a condenser of capacity $C=0.04 \text{ mkF}$ and a coil of inductance $L=1.6 \text{ mH}$. The amplitude value of voltage is $U_{\max}=200 \text{ V}$. Find out the maximum current intensity in the loop I_{\max} .

- A) $I_{\max}=0.5 \text{ A}$ B) $I_{\max}=2.0 \text{ A}$ C) $I_{\max}=1.0 \text{ A}$ D) $I_{\max}=2.5 \text{ A}$ E) $I_{\max}=1.5 \text{ A}$

Forced oscillations

658. What is the main characteristic of the resonance phenomenon ?

- A) The period of forced oscillations decreases
- B) The amplitude of harmonic oscillations increases
- C) The amplitude of forced oscillations increases
- D) The frequency of forced oscillations increases
- E) The amplitude of forced oscillations decreases

659. The parameters of one oscillating loop are $C_1=160 \text{ pF}$, $L_1=5 \text{ mH}$ and the other one – $C_2=100 \text{ pF}$, $L_2=4 \text{ mH}$. How should the condenser C_2 capacity be changed that the both loops would be **resonant** ?

- A) Should decrease 100 pF B) Should increase 200 pF C) Should increase 100 pF
D) It should be decreased by 200 pF E) It should be increased by 50 pF

660. At what velocity V of a train motion will amplitude A of vertical oscillations of a carriage be the largest, if the period of its proper vertical oscillations is $T=1.5 \text{ sec}$ and a rail length is $L=15 \text{ m}$?

- A) $V=36 \text{ km/h}$ B) $V=72 \text{ km/h}$ C) $V=64 \text{ km/h}$ D) $V=48 \text{ km/h}$ E) $V=55 \text{ km/h}$

661. At what velocity V of a train motion will a mathematical pendulum of $l=1 \text{ m}$ in length

завдовжки $l=1$ м, почне *максимально* розгойдуватися, якщо довжина рейки $L=25$ м?

- А) $V=9,6$ м/с. Б) $V=18,3$ м/с. В) $V=21,2$ м/с. Г) $V=15,4$ м/с. Д) $V=12,5$ м/с.

Хвилеві процеси

662. Укажіть, якому із перелічених понять відповідає величина додатку $(V \cdot T)$?

- А) Частоті коливань. Б) Довжині хвилі. В) Амплітуді коливань.
Г) Циклічній частоті коливань. Д) Фазі коливань.

663. У океані довжина хвилі λ може досягати 270 м, а період коливань часток води T може складати 13,5 с. Визначити швидкість V поширення таких хвиль.

- А) $V=24$ м/с. Б) $V=12$ м/с. В) $V=20$ м/с. Г) $V=16$ м/с. Д) $V=8$ м/с.

664. Визначити довжину хвилі λ , якщо вона поширюється зі швидкістю $V=5,5$ м/с, а період її коливань $T=3$ с.

- А) $\lambda=12,2$ м. Б) $\lambda=1,8$ м. В) $\lambda=9,6$ м. Г) $\lambda=16,5$ м. Д) $\lambda=4,8$ м.

665. Визначити довжину хвилі λ , якщо швидкість поширення коливань $V=500$ м/с, а частота коливань ν складає 100 Гц.

- А) $\lambda=5$ м. Б) $\lambda=500$ м. В) $\lambda=5000$ м. Г) $\lambda=0,2$ м. Д) $\lambda=50$ м.

666. Шкідливими для здоров'я людини є інфразвуки частотою $\nu=8$ Гц. Визначити довжину хвилі цього інфразвуку у повітрі λ , якщо швидкість його поширення $V=340$ м/с.

- А) $\lambda=126,2$ м. Б) $\lambda=27,8$ м. В) $\lambda=42,5$ м. Г) $\lambda=2,7$ км. Д) $\lambda=84,4$ м.

667. Стоячи на березі моря, людина визначила, що відстань між двома гребенями наступних одна за одною хвиль складає 12 м. Вона підрахувала, що за проміжок часу $t=75$ с повз неї пройшло $N=15$ гребенів хвиль. Визначити швидкість поширення хвиль V .

- А) $V=7,2$ м/с. Б) $V=2,4$ м/с. В) $V=4,8$ м/с. Г) $V=1,2$ м/с. Д) $V=3,6$ м/с.

668. Хвиля, створена катером, який пройшов від берега на відстані $S=200$ м, докотилась до берега через проміжок часу $t=80$ с. Яка довжина цієї хвилі λ , якщо часто та її ударів об берег $\nu=0,5$ Гц ?

- А) $\lambda=3$ м. Б) $\lambda=11$ м. В) $\lambda=9$ м. Г) $\lambda=5$ м. Д) $\lambda=7$ м.

669. Пароплав збудив хвилю, яка дійшла до берега через проміжок часу $t=1$ хвили-на. Відстань між двома сусідніми гребенями хвилі $\lambda=1,5$ м, а проміжок часу T

suspended in a carriage swing *at the most* if a rail length is $L=25$ m?

A) $V=9.6$ m/sec B) $V=18.3$ m/sec C) $V=21.2$ m/sec D) $V=15.4$ m/sec E) $V=12.5$ m/sec

Wave processes

662. Show what of the below concepts does the product $(V \cdot T)$ value correspond to?

A) oscillation frequency B) a wave length C) amplitude of oscillations
D) a cyclic frequency of oscillations E) an oscillation phase

663. In an ocean a wave length λ can be 270 m and the period T of oscillations of water particles can be 13.5 sec. Find out the velocity of propagation of these waves.

A) $V=24$ m/sec B) $V=12$ m/sec C) $V=20$ m/sec D) $V=16$ m/sec E) $V=8$ m/sec

664. Find out ocean a wave length λ if it propagates at a velocity $V=5.5$ m/sec and the period of its oscillations is $T=3$ sec.

A) $\lambda=12.2$ m B) $\lambda=1.8$ m C) $\lambda=9.6$ m D) $\lambda=16.5$ m E) $\lambda=4.8$ m

665. Find out ocean a wave length λ , if the velocity of propagation of oscillations is $V=500$ m/sec and the frequency of oscillations ν is 100 Hz.

A) $\lambda=5$ m B) $\lambda=500$ m C) $\lambda=5000$ m D) $\lambda=0.2$ m E) $\lambda=50$ m

666. Infra-sounds of frequency $\nu=8$ Hz are considered to be harmful for a human being health. Find out the length of this infra-sound λ wave in air, if velocity of its propagation is $V=340$ m/sec.

A) $\lambda=126.2$ m B) $\lambda=27.8$ m C) $\lambda=42.5$ m D) $\lambda=2.7$ km E) $\lambda=84.4$ m

667. Standing on a sea-shore a person determined that the distance between two wave crests was 12 m. He calculated, that during the period of time $t=75$ sec $N=15$ wave crests passed by him. Find out velocity of wave propagation V .

A) $V=7.2$ m/sec B) $V=2.4$ m/sec C) $V=4.8$ m/sec D) $V=1.2$ m/sec E) $V=3.6$ m/sec

668. A wave behind a boat, which covered the distance $S=200$ m from a sea shore reached the shore in $t=80$ sec. What is this wave length λ , if the frequency of its dashes against the shore is $\nu=0.5$ Hz ?

A) $\lambda=3$ m B) $\lambda=11$ m C) $\lambda=9$ m D) $\lambda=5$ m E) $\lambda=7$ m

669. A steamship made a wave, which reached a shore in $t=1$ min. The distance between two adjacent wave crests is $\lambda=1.5$ m, and the period of time between two *successi-*

між двома *послідовними* ударами об берег становить 2 с. Визначити відстань S від берега до пароплава ?

- А) $S=36$ м. Б) $S=63$ м. В) $S=45$ м. Г) $S=72$ м. Д) $S=54$ м.

670. Швидкість хвилі $V=100$ м/с. Визначити період коливань T частинок середовища, у якому вона поширюється, якщо *мінімальна* відстань між точками, фази коливань яких *співпадають*, дорівнює 1 м

- А) $T=0,1$ с. Б) $T=0,02$ с. В) $T=0,04$ с. Г) $T=0,01$ с. Д) $T=0,08$ с.

671. Визначити частоту коливань ν частинок середовища, у якому поширюється хвиля зі швидкістю $V=50$ м/с, якщо *мінімальна* відстань між точками, фази коливань яких *протилежні*, дорівнює 0,5 м

- А) $\nu=50$ Гц. Б) $\nu=25$ Гц. В) $\nu=100$ Гц. Г) $\nu=75$ Гц. Д) $\nu=10$ Гц.

672. Визначити довжину хвилі λ , якщо різниця фаз коливань $\Delta\varphi$ точок, які знаходяться на відстані $\Delta r=25$ см, складає $\pi/6$.

- А) $\lambda=4$ м. Б) $\lambda=2$ м. В) $\lambda=1$ м. Г) $\lambda=3$ м. Д) $\lambda=5$ м

673. Довжина хвилі $\lambda=0,8$ м. Укажіть різницю фаз коливань $\Delta\varphi$ точок середовища, які знаходяться на відстані $\Delta r=20$ см одна від одної уздовж напрямку поширення хвилі.

- А) $\Delta\varphi=\pi/2$. Б) $\Delta\varphi=\pi/6$. В) $\Delta\varphi=\pi/3$. Г) $\Delta\varphi=\pi/4$. Д) $\Delta\varphi=\pi$.

674. Дві точки, віддалені від джерела коливань на відстанях $r_1=12$ м і $r_2=15$ м, коливаються із різницею фаз $\Delta\varphi=3\pi/2$. Визначити швидкість V поширення хвиль у цьому середовищі, якщо період коливань джерела $T=1$ с.

- А) $V=4$ м/с. Б) $V=2$ м/с. В) $V=5$ м/с. Г) $V=1$ м/с. Д) $V=3$ м/с.

Звук і ультразвук

675. Звукові хвилі, які мають частоту $\nu=500$ Гц, поширюються у повітрі. Довжина хвилі $\lambda=0,7$ м. Визначити швидкість V поширення хвиль.

- А) $V=400$ м/с. Б) $V=250$ м/с. В) $V=200$ м/с. Г) $V=350$ м/с. Д) $V=300$ м/с.

676. Коливання мембрани збуджуються електричним струмом із частотою 3000 коливань за 1 хвилину. Визначити довжину звукової хвилі у повітрі λ , якщо швидкість поширення звуку у повітрі $V=340$ м/с.

- А) $\lambda=10,2$ м. Б) $\lambda=3,4$ м. В) $\lambda=13,6$ м. Г) $\lambda=8,5$ м. Д) $\lambda=6,8$ м.

ve wave dashes against a shore is $T=2$ sec. Find out the distance S between the shore and the ship.

- A) $S=36$ m B) $S=63$ m C) $S=45$ m D) $S=72$ m E) $S=54$ m

670. A wave velocity is $V=100$ m/sec. Find out the period of oscillations T of particles of the medium in which it propagates, if *the minimum* distance between the points, which phases of oscillations *coincide*, is 1 m.

- A) $T=0.1$ sec B) $T=0.02$ sec C) $T=0.04$ sec D) $T=0.01$ sec E) $T=0.08$ sec

671. Find out the frequency of oscillations ν of particles of the medium, in which a wave propagates at a velocity $V=50$ m/sec, if *the minimum* distance between the points, which phases of oscillations *are opposite*, is 0.5 m.

- A) $\nu=50$ Hz B) $\nu=25$ Hz C) $\nu=100$ Hz D) $\nu=75$ Hz E) $\nu=10$ Hz

672. Find out a wave length λ , if the difference of phases of oscillations $\Delta\phi$ of the points, which are at a distance $\Delta r=25$ cm, is $\pi/6$.

- A) $\lambda=4$ m B) $\lambda=2$ m C) $\lambda=1$ m D) $\lambda=3$ m E) $\lambda=5$ m

673. A wave length is $\lambda=0.8$ m. Show the difference of phases of oscillations $\Delta\phi$ of the points, with the distance $\Delta r=20$ cm between them and they are located along the direction of a wave propagation.

- A) $\Delta\phi=\pi/2$ B) $\Delta\phi=\pi/6$ C) $\Delta\phi=\pi/3$ D) $\Delta\phi=\pi/4$ E) $\Delta\phi=\pi$

674. Two points, which are $r_1=12$ m and $r_2=15$ m, respectively, away from a source of oscillations oscillate with the difference of phases $\Delta\phi=3\pi/2$. Find out the velocity of propagation V of waves in this medium, if the period of the source oscillations is $T=1$ sec.

- A) $V=4$ m/sec B) $V=2$ m/sec C) $V=5$ m/sec D) $V=1$ m/sec E) $V=3$ m/sec

Sound and ultrasound

675. Sound (acoustic) waves, which have frequency $\nu=500$ Hz, propagate in air. A wave length is $\lambda=0.7$ m. Find out velocity V of wave propagation.

- A) $V=400$ m/sec B) $V=250$ m/sec C) $V=200$ m/sec D) $V=350$ m/sec E) $V=300$ m/sec

676. Membrane oscillations are excited by electric current of frequency 3000 oscillations per minute. Find out a sound wave λ in the air, if velocity of sound propagation in the air is $V=340$ m/sec.

- A) $\lambda=10.2$ m B) $\lambda=3.4$ m C) $\lambda=13.6$ m D) $\lambda=8.5$ m E) $\lambda=6.8$ m

677. Ультразвуковий ехолот випромінює коливання із частотою $\nu=40$ кГц. Яка довжина ультразвукової хвилі λ у воді, якщо її швидкість $V=1400$ м/с ?

А) $\lambda=3,5$ м. Б) $\lambda=0,35$ мм. В) $\lambda=3,5$ см. Г) $\lambda=3,5$ мм. Д) $\lambda=35$ см.

678. Яка глибина моря h , якщо ультразвуковий імпульс гідролокатора повертається через $t=0,2$ с після посилення ? Швидкість поширення звуку у воді $V=1400$ м/с.

А) $h=280$ м. Б) $h=140$ м. В) $h=180$ м. Г) $h=320$ м. Д) $h=240$ м.

679. Генератор, який працює на частоті $\nu=60$ кГц, посилає ультразвукові імпульси тривалістю $\tau=1/600$ с. Скільки коливань N міститься в одному імпульсі ?

А) $N=300$. Б) $N=250$. В) $N=150$. Г) $N=100$. Д) $N=200$.

680. Генератор посилає ультразвукові імпульси частотою $\nu=50$ кГц. У одному імпульсі міститься $N=100$ ультразвукових хвиль. Визначити тривалість τ кожного імпульсу.

А) $\tau=0,005$ с. Б) $\tau=0,02$ с. В) $\tau=0,002$ с. Г) $\tau=0,01$ с. Д) $\tau=0,05$ с.

681. Ехолот утворює коливання частотою $\nu=50$ кГц. Чому дорівнює довжина ультразвукової хвилі у воді λ , якщо її швидкість $V=1400$ м/с?

А) $\lambda=28$ мм. Б) $\lambda=2,8$ мм. В) $\lambda=28$ см. Г) $\lambda=2,8$ м. Д) $\lambda=0,28$ мм.

682. На якій частоті ν судна передають сигнал безпеки SOS, якщо за міжнародною угодою довжина відповідної радіохвилі λ мусить складати 600 м? Швидкість поширення радіохвиль $c=3 \cdot 10^8$ м/с.

А) $\nu=50$ кГц. Б) $\nu=500$ кГц. В) $\nu=500$ Гц. Г) $\nu=5$ кГц. Д) $\nu=50$ Гц.

683. Визначити період T електромагнітних коливань, якими судна передають сигнал біди SOS, якщо за міжнародною угодою довжина відповідної радіохвилі λ мусить складати 600 м. ($c=3 \cdot 10^8$ м/с).

А) $T=7 \cdot 10^{-5}$ с. Б) $T=3 \cdot 10^{-4}$ с. В) $T=2 \cdot 10^{-6}$ с. Г) $T=5 \cdot 10^{-3}$ с. Д) $T=9 \cdot 10^{-7}$ с.

684. Звукова хвиля людського голосу мінімальної частоти має довжину $\lambda=4$ м. Визначити цю частоту коливань ν , якщо швидкість поширення звуку у повітрі $V=332$ м/с.

А) $\nu=42$ Гц. Б) $\nu=116$ Гц. В) $\nu=83$ Гц. Г) $\nu=21$ Гц. Д) $\nu=166$ Гц.

685. Чому дорівнює відстань до літака S , якщо посланий наземним радіолокатором сигнал *повернувся* до нього через проміжок часу $\Delta t=2 \cdot 10^{-4}$ с ? (Швидкість поширення радіохвиль $c=3 \cdot 10^8$ м/с).

А) $S=30$ км. Б) $S=15$ км. В) $S=60$ км. Г) $S=45$ км. Д) $S=90$ км.

677. An ultrasonic depth finder generates oscillations of frequency $\nu=40$ kHz. What is an ultrasonic wave length λ in water, if its velocity is $V=1400$ m/sec ?

- A) $\lambda=3.5$ m B) $\lambda=0.35$ mm C) $\lambda=3.5$ cm D) $\lambda=3.5$ mm E) $\lambda=35$ cm

678. What is a sea depth h , if an ultrasonic impulse of an echo sounder (sonar) **comes back** in $t=0.2$ sec after its pulsing ? Velocity of sound propagation in water is $V=1400$ m/sec.

- A) $h=280$ m B) $h=140$ m C) $h=180$ m D) $h=320$ m E) $h=240$ m

679. A generator, which operates at frequency $\nu=60$ kHz, generates ultrasonic pulses of duration $\tau=1/600$ sec. How many oscillations N are there in one pulse ?

- A) $N=300$ B) $N=250$ C) $N=150$ D) $N=100$ E) $N=200$

680. A generator generates ultrasonic pulses of frequency $\nu=50$ kHz. There are $N=100$ ultrasonic waves in one pulse. Find out duration τ of each pulse.

- A) $\tau=0.005$ sec B) $\tau=0.02$ sec C) $\tau=0.002$ sec D) $\tau=0.01$ sec E) $\tau=0.05$ sec

681. A sonic depth finder (sounder) generates oscillations of frequency $\nu=50$ kHz. What is an ultrasonic wave length λ in water, if its velocity is $V=1400$ m/sec equal to?

- A) $\lambda=28$ mm B) $\lambda=2.8$ mm C) $\lambda=28$ cm D) $\lambda=2.8$ m E) $\lambda=0.28$ mm

682. At what frequency ν do ships send the danger signal "SOS", if by the International Agreement the length of the corresponding radio wave λ must be 600 m? Velocity of radio wave propagation is $c=3 \cdot 10^8$ m/sec.

- A) $\nu=50$ kHz B) $\nu=500$ kHz C) $\nu=500$ Hz D) $\nu=5$ kHz E) $\nu=50$ Hz

683. Find out the period T of electromagnetic oscillations with the help of which ships send the danger signal "SOS", if by the International Agreement the length of the corresponding radio wave λ must be 600 m. ($c=3 \cdot 10^8$ m/sec).

- A) $T=7 \cdot 10^{-5}$ sec B) $T=3 \cdot 10^{-4}$ sec C) $T=2 \cdot 10^{-6}$ sec D) $T=5 \cdot 10^{-3}$ sec E) $T=9 \cdot 10^{-7}$ sec

684. A sound wave of a human voice of the minimum frequency has length $\lambda=4$ m. Find out this frequency of oscillations ν , if velocity of sound propagation in the air is $V=332$ m/sec.

- A) $\nu=42$ Hz B) $\nu=116$ Hz C) $\nu=83$ Hz D) $\nu=21$ Hz E) $\nu=166$ Hz

685. What is the distance S to a plane, if a signal sent by a ground-based radio-locator **came back** to it in $\Delta t=2 \cdot 10^{-4}$ sec ? (Velocity of radio wave propagation is $c=3 \cdot 10^8$ m/sec).

- A) $S=30$ km B) $S=15$ km C) $S=60$ km D) $S=45$ km E) $S=90$ km

686. Радіосигнал, посланий на Місяць і відбитий від нього, був прийнятий на Землі через $\Delta t = 2,5$ с після посилення. Визначити відстань S від Землі до Місяця під час локації. (Швидкість поширення радіохвиль $c = 3 \cdot 10^8$ м/с).

А) $S = 9,6 \cdot 10^8$ м. Б) $S = 1,2 \cdot 10^{10}$ м. В) $S = 5,4 \cdot 10^9$ м. Г) $S = 2,1 \cdot 10^9$ м. Д) $S = 3,8 \cdot 10^8$ м.

687. Внаслідок проведеного геологами вибуху, у земній корі поширюється хвиля зі швидкістю $V = 5$ км/с. Відбита від глибинних пластів Землі хвиля була зафіксована через $\Delta t = 22$ с після вибуху. На якій глибині h залягає ця порода підвищеної густини ?

А) $h = 92$ км. Б) $h = 55$ км. В) $h = 74$ км. Г) $h = 110$ км. Д) $h = 81$ км.

688. Звукова хвиля переходить з повітря у воду. У скільки разів довжина звукової хвилі у воді λ_2 більше, ніж у повітрі λ_1 ? Швидкість звуку у воді $V_2 = 1496$ м/с, а у повітрі $V_1 = 340$ м/с.

А) У 0,23 рази. Б) У 2,6 рази. В) У 3,2 рази. Г) У 1,8 рази. Д) У 4,4 рази.

689. Як зміниться довжина звукової хвилі λ під час переходу її із *повітря* у *воду*, якщо швидкість поширення звуку у повітрі $V_1 = 340$ м/с, а у воді - $V_2 = 1450$ м/с.

А) $\lambda_2/\lambda_1 = 2,2$. Б) $\lambda_2/\lambda_1 = 3,3$. В) $\lambda_2/\lambda_1 = 0,23$. Г) $\lambda_2/\lambda_1 = 4,4$. Д) $\lambda_2/\lambda_1 = 0,45$.

690. На відстані $S = 1068$ м від спостерігача молотком б'ють по залізничній рейці. Спостерігач, приклавши вухо до рейки, почув звук на $\Delta t = 3$ с *раніше*, ніж він дійшов до нього по повітрю. Визначити швидкість звуку V_2 у сталі, якщо швидкість звуку у повітрі $V_1 = 340$ м/с.

А) $V_2 = 6340$ м/с. Б) $V_2 = 5820$ м/с. В) $V_2 = 7570$ м/с. Г) $V_2 = 8130$ м/с. Д) $V_2 = 6960$ м/с.

691. Частота коливань камертону $\nu = 440$ Гц. Яка довжина звукової хвилі від камертона у повітрі λ , якщо швидкість V поширення звуку у повітрі при температурі $t = 0^\circ\text{C}$ становить 332 м/с ?

А) $\lambda = 60$ м. Б) $\lambda = 15$ м. В) $\lambda = 30$ м. Г) $\lambda = 75$ м. Д) $\lambda = 45$ м.

Стоячі хвилі

692. Для інтерференційного *максимуму* різниці ходу Δ двох хвиль від когерентних джерел мусить складати:

А) $\Delta = n\lambda$. Б) $\Delta = (n+1) \frac{\lambda}{2}$. В) $\Delta = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$. Г) $\Delta = 2n\pi$. Д) $\Delta = (2n-1) \frac{\lambda}{2}$.

693. При інтерференції когерентних хвиль має місце *мінімум*, якщо їхня різниця ходу Δ складає:

686. A radio signal sent to the Moon and resounded from it, was received on the Earth in $\Delta t = 2.5$ sec after its sending. Find out the distance S between the Earth and the Moon in location. (Velocity of radio wave propagation is $c = 3 \cdot 10^8$ m/sec).

A) $S = 9.6 \cdot 10^8$ m B) $S = 1.2 \cdot 10^{10}$ m C) $S = 5.4 \cdot 10^9$ m D) $S = 2.1 \cdot 10^9$ m E) $S = 3.8 \cdot 10^8$ m

687. An explosion was set off by geologists and a wave propagated in the Earth's crust at a velocity $V = 5$ km/sec. After **reflecting** from the underground strata of the Earth the wave was fixed in $\Delta t = 22$ sec after explosion. At what depth h is this rock of higher density ?

A) $h = 92$ km B) $h = 55$ km C) $h = 74$ km D) $h = 110$ km E) $h = 81$ km

688. A sound wave passes from the air into water. How many times is the length of a sound wave in water λ_2 more, than in the air λ_1 ? Sound velocity in water is $V_2 = 1496$ m/sec and in the air – $V_1 = 340$ m/sec.

A) 0.23 times B) 2.6 times C) 3.2 times D) 1.8 times E) 4.4 times

689. How will a sound wave length λ change, when passing from *the air* into *water*, if velocity of sound propagation in air is $V_1 = 340$ m/sec and in water – $V_2 = 1450$ m/sec ?

A) $\lambda_2/\lambda_1 = 2.2$ B) $\lambda_2/\lambda_1 = 3.3$ C) $\lambda_2/\lambda_1 = 0.23$ D) $\lambda_2/\lambda_1 = 4.4$ E) $\lambda_2/\lambda_1 = 0.45$

690. An observer is $S = 1068$ m away from a person hammering a rail. Applying his ear to the rail, the observer heard a sound $\Delta t = 3$ sec *before* the sound reached him through the air. Find out the sound velocity V_2 in steel, if sound velocity in the air is $V_1 = 340$ m/sec.

A) $V_2 = 6340$ m/sec B) $V_2 = 5820$ m/sec C) $V_2 = 7570$ m/sec
D) $V_2 = 8130$ m/sec E) $V_2 = 6960$ m/sec

691. Frequency of oscillations of a tuning fork is $\nu = 440$ Hz. What is the length of a sound wave of the tuning fork λ in the air, if velocity V of sound propagation in the air at $t = 0^\circ\text{C}$ is 332 m/sec ?

A) $\lambda = 60$ m B) $\lambda = 15$ m C) $\lambda = 30$ m D) $\lambda = 75$ m E) $\lambda = 45$ m

Standing waves

692. For the interference *maximum*, the propagation difference Δ of two waves from coherent sources must be:

A) $\Delta = n\lambda$ B) $\Delta = (n+1)\frac{\lambda}{2}$ C) $\Delta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ D) $\Delta = 2n\pi$ E) $\Delta = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$

693. In interference of coherent waves there is a *minimum*, if their propagation difference Δ is:

$$\text{А) } \Delta = k \cdot \lambda, k=0,1,2,.. \quad \text{Б) } \Delta = 2\pi \cdot \left(k + \frac{1}{2}\right), k=0,1,2,.. \quad \text{В) } \Delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda, k=0,1,2,..$$

$$\text{Г) } \Delta = k \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ де } k=0,2,4,... \quad \text{Д) } \Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ де } k=0,1,2,...$$

694. При накладенні когерентних хвиль коливання *посилюють* одне одного, якщо різниця фаз між ними $\Delta\varphi$ дорівнює:

$$\text{А) } \Delta\varphi = 2\pi\left(n + \frac{1}{2}\right), n=0,1,2,.. \quad \text{Б) } \Delta\varphi = \pi(2n+1), n=0,1,2,.. \quad \text{В) } \Delta\varphi = \pi(n+1), n=0,2,4..$$

$$\text{Г) } \Delta\varphi = 2\pi n, \text{ де } n=0,1,2,... \quad \text{Д) } \Delta\varphi = \pi n, \text{ де } n=1,3,5,...$$

695. При інтерференції має місце взаємне *послаблення* когерентних хвиль, якщо різниця фаз між ними $\Delta\varphi$ дорівнює:

$$\text{А) } \Delta\varphi = \pi(n+1), n\text{-непарне.} \quad \text{Б) } \Delta\varphi = 2\pi \cdot \left(n + \frac{1}{2}\right), n\text{-довільне.} \quad \text{В) } \Delta\varphi = (2n+1)\frac{\pi}{2}, n\text{-парне.}$$

$$\text{Г) } \Delta\varphi = 2\pi n, n\text{ - довільне,} \quad \text{Д) } \Delta\varphi = \pi n, n\text{ - парне.}$$

696. При накладенні когерентних хвиль коливання *посилюють* одне одного, якщо різниця ходу Δr обох хвиль складає:

$$\text{А) } \Delta r = n \cdot \lambda/2, n=1,3,5,.. \quad \text{Б) } \Delta r = (2n-1) \cdot \lambda/2, n=1,2,3,.. \quad \text{В) } \Delta r = (n+1) \cdot \lambda/2, n=0,2,4,..$$

$$\text{Г) } \Delta r = (2n+1) \cdot \lambda/2, \text{ де } n=0,1,2, \quad \text{Д) } \Delta r = 2n \cdot \lambda/2, \text{ де } n=0,1,2,.$$

Електромагнітні хвилі

697. Частота електромагнітних коливань передавача радіостанції $\nu=6$ МГц. Визначити довжину радіохвиль λ , які випромінює ця радіостанція. Швидкість поширення радіохвиль $c=3 \cdot 10^8$ м/с.

$$\text{А) } \lambda=50 \text{ м.} \quad \text{Б) } \lambda=75 \text{ м.} \quad \text{В) } \lambda=100 \text{ м.} \quad \text{Г) } \lambda=25 \text{ м.} \quad \text{Д) } \lambda=150 \text{ м.}$$

698. Генератор електромагнітних хвиль працює на частоті $\nu=50$ кГц. Його передавач посилає імпульси тривалістю $\tau=1/500$ с. Скільки коливань N міститься у одному імпульсі?

$$\text{А) } N=200. \quad \text{Б) } N=500. \quad \text{В) } N=250. \quad \text{Г) } N=350. \quad \text{Д) } N=100.$$

699. Генератор УВЧ працює на частоті $\nu=150$ МГц. Визначте довжину хвиль його електромагнітного випромінювання λ . (Швидкість поширення електромагнітних хвиль $c=3 \cdot 10^8$ м/с).

$$\text{А) } \lambda=45 \text{ м.} \quad \text{Б) } \lambda=20 \text{ м.} \quad \text{В) } \lambda=2 \text{ м.} \quad \text{Г) } \lambda=200 \text{ м.} \quad \text{Д) } \lambda=4,5 \text{ м.}$$

700. Зміна заряду на конденсаторі коливального контура описується рівнянням $q=$

A) $\Delta = k \cdot \lambda, k=0,1,2,..$ B) $\Delta = 2\pi \cdot \left(k + \frac{1}{2}\right), k=0,1,2,..$ C) $\Delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda, k=0,1,2,..$
 D) $\Delta = k \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ where } k=0,2,4,...$ E) $\Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ where } k=0,1,2,...$

694. In superposition of coherent waves, oscillations *amplify* each other, if the difference of phases between them $\Delta\varphi$ is equal to:

A) $\Delta\varphi = 2\pi\left(n + \frac{1}{2}\right), n=0,1,2,..$ B) $\Delta\varphi = \pi(2n+1), n=0,1,2,..$ C) $\Delta\varphi = \pi(n+1), n=0,2,4,..$
 D) $\Delta\varphi = 2\pi n, \text{ where } n=0,1,2,...$ E) $\Delta\varphi = \pi n, \text{ where } n=1,3,5,...$

695. In interference there is a mutual *attenuation* of coherent waves, if the difference of phases between them $\Delta\varphi$ is equal to:

A) $\Delta\varphi = \pi(n+1), n\text{--odd}$ B) $\Delta\varphi = 2\pi \cdot \left(n + \frac{1}{2}\right), n\text{--any}$ C) $\Delta\varphi = (2n+1)\frac{\pi}{2}, n\text{--dual}$
 D) $\Delta\varphi = 2\pi n, n\text{--any}$ E) $\Delta\varphi = \pi n, n\text{--dual}$

696. In superposition of coherent waves, oscillations *amplify* each other, if the propagation difference Δr of both waves is:

a) $\Delta r = n \cdot \lambda/2, n=1,3,5,..$ b) $\Delta r = (2n-1) \cdot \lambda/2, n=1,2,3,..$ c) $\Delta r = (n+1) \cdot \lambda/2, n=0,2,4,..$
 d) $\Delta r = (2n+1) \cdot \lambda/2, \text{ where } n=0,1,2,...$ e) $\Delta r = 2n \cdot \lambda/2, \text{ where } n=0,1,2,...$

Electromagnetic waves

697. Frequency of electromagnetic oscillations of a radio station transmitter is $\nu=6$ MHz. Find out the length of radio waves λ , which are emitted by the radio station. Velocity of radio wave propagation is $c=3 \cdot 10^8$ m/sec.

A) $\lambda=50$ m B) $\lambda=75$ m C) $\lambda=100$ m D) $\lambda=25$ m E) $\lambda=150$ m

698. A generator of electromagnetic waves operates at frequency $\nu=50$ kHz. Its transmitter generates pulses of duration $\tau=1/500$ sec. How many oscillations N are there in one pulse?

A) $N=200$ B) $N=500$ C) $N=250$ D) $N=350$ E) $N=100$

699. An ultrahigh frequency generator operates at frequency $\nu=150$ MHz. Find out the wave length of its electromagnetic radiation λ . (Velocity of electromagnetic wave propagation is $c=3 \cdot 10^8$ m/sec).

A) $\lambda=45$ m B) $\lambda=20$ m C) $\lambda=2$ m D) $\lambda=200$ m E) $\lambda=4,5$ m

700. A change of charge on a condenser of an oscillating loop is described by the equati-

$=3 \cdot \cos(160\pi t)$. Визначити довжину електромагнітної хвилі λ , яку випромінює цей контур. (Швидкість електромагнітних хвиль $c=3 \cdot 10^8$ м/с).

А) $\lambda=7,6 \cdot 10^4$ м. Б) $\lambda=3,8 \cdot 10^6$ м. В) $\lambda=4,2 \cdot 10^7$ м. Г) $\lambda=1,5 \cdot 10^5$ м. Д) $\lambda=6,4 \cdot 10^3$ м.

701. Як зміниться довжина хвилі λ , на якій працює радіопередавач, якщо ємність його коливального контура зміниться із $C_1=60$ пФ на $C_2=240$ пФ ? ($c=3 \cdot 10^8$ м/с).

А) Збільшиться у 4 рази. Б) Зменшиться у 2 рази. В) Зменшиться у 4 рази.
Г) Збільшиться у 2 рази. Д) Збільшиться у $\sqrt{2}$ разів.

702. Коливальний контур утворює у повітрі електромагнітні хвилі завдовжки $\lambda=36$ м. Визначити індуктивність котушки цього контура L , якщо ємність його конденсатора $C=1,8 \cdot 10^{-10}$ Ф. (Швидкість електромагнітних хвиль $c=3 \cdot 10^8$ м/с).

А) $L=0,2$ мкГн. Б) $L=20$ мкГн. В) $L=2$ мГн. Г) $L=200$ мкГн. Д) $L=2$ мкГн.

703. Як зміниться довжина хвилі λ електромагнітних коливань у замкнутому коливальному контурі, якщо його ємність C *збільшити* у 4 рази, а індуктивність L *зменшити* у 4 рази ?

А) Збільшиться у 4 рази. Б) Не зміниться. В) Зменшиться у 2 рази.
Г) Збільшиться у 2 рази. Д) Зменшиться у 4 рази.

704. Як зміниться довжина хвилі λ електромагнітних коливань у замкнутому коливальному контурі, якщо ємність його конденсатора C *зменшити* у 4 рази ?

А) Збільшиться у 4 рази. Б) Не зміниться. В) Зменшиться у 4 рази.
Г) Збільшиться у 2 рази. Д) Зменшиться у 2 рази.

705. Як зміниться довжина хвилі λ електромагнітних коливань у замкнутому коливальному контурі, якщо індуктивність його котушки L *збільшити* у 4 рази ?

А) Збільшиться у 4 рази. Б) Не зміниться. В) Зменшиться у 2 рази.
Г) Збільшиться у 2 рази. Д) Зменшиться у 4 рази.

706. Яку електроємність C повинен мати конденсатор, щоб коливальний контур, який містить в собі його і котушку індуктивністю $L=10$ мГн, був налаштований на довжину хвилі $\lambda=1000$ м ?

А) $C=280$ мкФ. Б) $C=2,8$ мкФ. В) $C=0,28$ мкФ. Г) $C=28$ мкФ. Д) $C=28$ мФ.

707. Змінний струм у коливальному контурі змінюється згідно із законом: $I=0,3 \times \sin(15,7 \cdot \pi t)$. Визначити довжину електромагнітної хвилі λ , яку випромінює цей контур. (Швидкість поширення електромагнітних хвиль $c=3 \cdot 10^8$ м/с).

А) $\lambda=7,5 \cdot 10^6$ м. Б) $\lambda=1,2 \cdot 10^8$ м. В) $\lambda=8,9 \cdot 10^5$ м. Г) $\lambda=3,6 \cdot 10^9$ м. Д) $\lambda=5,1 \cdot 10^7$ м.

on $q=3\cdot\cos(160\pi t)$. Find out the length of an electromagnetic wave radiated by this loop. (Velocity of electromagnetic wave is $c=3\cdot 10^8$ m/sec).

A) $\lambda=7.6\cdot 10^4$ m B) $\lambda=3.8\cdot 10^6$ m C) $\lambda=4.2\cdot 10^7$ m D) $\lambda=1.5\cdot 10^5$ m E) $\lambda=6.4\cdot 10^3$ m

701. How will the length λ of the wave a radio transmitter works at change, if its oscillating loop capacity changes from $C_1=60$ pF on $C_2=240$ pF? ($c=3\cdot 10^8$ m/sec).

- A) It will increase 4 times B) It will decrease 2 times C) It will decrease 4 times
D) It will increase 2 times. E) It will increase $\sqrt{2}$ times.

702. An oscillating loop generates electromagnetic waves in the air, the wave length being $\lambda=36$ m. Find out inductance of this loop L coil, if its condenser capacity is $C=1.8\cdot 10^{-10}$ F. (Velocity of electromagnetic waves is $c=3\cdot 10^8$ m/sec).

A) $L=0.2$ mH B) $L=20$ mH C) $L=2$ mH D) $L=200$ mH E) $L=2$ mH

703. How will the length λ of the wave of electromagnetic oscillations change in the closed oscillating loop, if its capacity C increases 4 times and inductance L decreases 4 times ?

- A) It will increase 4 times B) It will not change C) It will decrease 2 times
D) It will increase 2 times E) It will decrease 4 times

704. How will the length λ of the wave of electromagnetic oscillations change in the closed oscillating loop, if its condenser capacity C decreases 4 times ?

- A) It will increase 4 times B) It will not change C) It will decrease 4 times
D) It will increase 2 times E) It will decrease 2 times

705. How will the length λ of the wave of electromagnetic oscillations change in the closed oscillating loop, if inductance of its coil L increases 4 times ?

- A) It will increase 4 times B) It will not change C) It will decrease 2 times
D) It will increase 2 times E) It will decrease 4 times

706. What electro-capacity C must a condenser have for an oscillating loop, which contains a coil of inductance $L=10$ mH to be tuned to the wavelength $\lambda=1000$ m ?

A) $C=280$ mF B) $C=2.8$ mF C) $C=0.28$ mF D) $C=28$ mF E) $C=28$ mF

707. Alternating current in an oscillating loop changes in the law $I=0.3\cdot\sin(15.7\cdot\pi t)$. Find out the length of an electromagnetic wave λ , which is transmitted by this loop. (Velocity of electromagnetic wave propagation is $c=3\cdot 10^8$ m/sec).

A) $\lambda=7.5\cdot 10^6$ m B) $\lambda=1.2\cdot 10^8$ m C) $\lambda=8.9\cdot 10^5$ m D) $\lambda=3.6\cdot 10^9$ m E) $\lambda=5.1\cdot 10^7$ m

708. Приймач налаштований на довжину хвилі $\lambda=590$ м. Визначте індуктивність котушки коливального контура L , якщо ємність його конденсатора $C=1$ пФ. ($c=3\cdot 10^8$ м/с).

А) $L=98$ мГн. Б) $L=0,98$ мГн. В) $L=98$ мкГн. Г) $L=9,8$ мГн. Д) $L=980$ мГн.

709. Коливальний контур складається із котушки індуктивністю $L=25$ мкГн і конденсатора ємністю C . Визначте його ємність, при якій контур прийматиме радіохвилі із довжиною хвилі $\lambda=300$ м. ($c=3\cdot 10^8$ м/с).

А) $C=30$ мкФ. Б) $C=50$ мкФ. В) $C=10$ мкФ. Г) $C=40$ мкФ. Д) $C=20$ мкФ.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ "ОПТИКА"

Фотометрія

710. Світло від електричної лампи силою $I=200$ кд падає під кутом $\alpha=45^\circ$ на робоче місце, освітленість якого $E=141$ лк. На якій відстані r від робочого місця знаходиться лампа?

А) $r=1,75$ м. Б) $r=1,0$ м. В) $r=1,25$ м. Г) $r=2,0$ м. Д) $r=0,75$ м.

711. В умовах попереднього завдання визначте висоту h , на якій висить освітлювальна лампа над робочим місцем.

А) $h=0,86$ м. Б) $h=0,48$ м. В) $h=1,12$ м. Г) $h=0,71$ м. Д) $h=0,64$ м.

712. Під час весняного і осіннього рівнодення Сонце стоїть на екваторі *в зеніті*. У скільки разів в цей час освітленість поверхні Землі на екваторі більше освітленості поверхні Землі у Санкт-Петербурзі, широта якого $\varphi=60^\circ$? (Сонячні промені вважати паралельними).

А) У 1,33 рази. Б) У 0,86 рази. В) У 1,41 рази. Г) У 2 рази. Д) У 1,73 рази.

713. Над центром круглого столу діаметром $d=2$ м на висоті $h=0,9$ м висить лампа, сила світла якої $I=100$ кд. Вважаючи лампу *точковим* джерелом світла, визначите освітленість E на краю столу.

А) $E=37$ лк. Б) $E=118$ лк. В) $E=74$ лк. Г) $E=21$ лк. Д) $E=56$ лк.

714. У центрі круглого столу діаметром $d=1,6$ м висить люстра із чотирьох електричних ламп силою $I=80$ кд кожна на висоті $h=2$ м від поверхні столу. Визначити освітленість E на краю столу.

А) $E=8$ лк. Б) $E=64$ лк. В) $E=16$ лк. Г) $E=32$ лк. Д) $E=48$ лк.

715. При фотографуванні предмет освітлюється електричною лампою, розташованою на відстані $r_1=2$ м від нього. У скільки разів треба збільшити експозицію Δt , якщо цю лампу відсунути на відстань $r_2=3$ м від предмету?

708. A receiver is adjusted to the wave length $\lambda=590$ m. Find out inductance of an oscillating loop coil L , if its condenser capacity is $C=1$ pF. ($c=3\cdot 10^8$ m/sec).

- A) $L=98$ mH B) $L=0,98$ mH C) $L=98$ mkH D) $L=9,8$ mH E) $L=980$ mH

709. An oscillating loop consists of a coil of inductance $L=25$ mkH and a condenser of capacity C . Find out the capacity, at which the loop will receive radio waves of $\lambda=300$ m in length. ($c=3\cdot 10^8$ m/sec).

- A) $C=30$ mkF B) $C=50$ mkF C) $C=10$ mkF D) $C=40$ mkF E) $C=20$ mkF

TEST PROBLEMS TO THE SECTION “OPTICS”

Photometry

710. Light of an electric lamp of intensity $I=200$ cd falls at an angle $\alpha=45^\circ$ onto a working place, which illumination is $E=141$ lux. Find out the distance r between the working place and the lamp.

- A) $r=1.75$ m B) $r=1.0$ m C) $r=1.25$ m D) $r=2.0$ m E) $r=0.75$ m

711. Under the conditions of the previous problem, find out the height h an illuminating lamp is suspended above the working place.

- A) $h=0.86$ m B) $h=0.48$ m C) $h=1.12$ m D) $h=0.71$ m E) $h=0.64$ m

712. In the vernal equinox and the autumnal equinox the Sun is *at the zenith* on the Earth's equator. How many times is the Earth surface illumination at this time on the equator larger than the Earth surface illumination in St.Petersburg which latitude is $\varphi=60^\circ$? (Sun rays are considered as parallel).

- A) 1.33 times B) 0.86 times C) 1.41 times D) 2 times E) 1.73 times

713. Over a round table of $d=2$ m in diameter at a height $h=0.9$ m there is suspended a lamp, its light intensity is $I=100$ cd. Considering the lamp as a *point* light source, find out illumination E on the edge of the table.

- A) $E=37$ lux B) $E=118$ lux C) $E=74$ lux D) $E=21$ lux E) $E=56$ lux

714. In the center of a round table of $d=1.6$ m in diameter at a height $h=0.9$ m over the table surface there is suspended a luster of four electric lamps, each being of $I=80$ cd in intensity. Find out illumination E on the edge of the table.

- A) $E=8$ lux B) $E=64$ lux C) $E=16$ lux D) $E=32$ lux E) $E=48$ lux

715. In photographing, a subject is illuminated with an electric lamp located $r_1=2$ m away from the subject. How many must exposure Δt be increased, if the lamped is $r_2=3$ m away from the subject ?

А) У 1,5 рази. Б) У 2,25 рази. В) У 2 рази. Г) У 1,75 рази. Д) У 2,5 рази.

716. На аркуш білого паперу розмірами 20×30 см нормально до його поверхні падає світловий потік $\Phi = 120$ лм. Визначте освітленість E цього паперового листа.

А) $E = 8$ (103 лк. Б) $E = 4$ (104 лк. В) $E = 3$ (105 лк. Г) $E = 2$ (103 лк. Д) $E = 9$ (104 лк.

717. Аркуш паперу розміром 10×30 см освітлюється світлом від лампи силою $I = 100$ кд, причому на нього падає 0,5% від усього світлового потоку Φ_0 , який посилає ця лампа. Визначте освітленість E цього аркуша паперу.

А) $E = 108$ лк. Б) $E = 165$ лк. В) $E = 210$ лк. Г) $E = 54$ лк. Д) $E = 246$ лк.

718. Електрична лампа посилає на всі боки *кожну хвилину* 122 Дж світлової енергії. Визначте коефіцієнт корисної дії η світлової віддачі, якщо лампа споживає потужність $P = 100$ Вт.

А) $\eta = 4,5\%$. Б) $\eta = 1,0\%$. В) $\eta = 7,5\%$. Г) $\eta = 2,0\%$. Д) $\eta = 1,5\%$.

ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА

Показник заломлення

719. Визначити швидкість поширення світла V у середовищі, показник заломлення якого $n = 1,65$. (Швидкість поширення світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м/с).

А) $1,5 \cdot 10^8$ м/с. Б) $2,4 \cdot 10^8$ м/с. В) $1,8 \cdot 10^8$ м/с. Г) $2,1 \cdot 10^8$ м/с. Д) $2,7 \cdot 10^8$ м/с.

720. Як зміниться швидкість поширення світла при його переході *із вакууму у прозоре середовище* з показником заломлення $n = 2$? ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с).

А) Зменшиться у 4 рази. Б) Не зміниться. В) Збільшиться у 2 рази.

Г) Зменшиться у 2 рази. Д) Зменшиться у $\sqrt{2}$ разів.

721. Як зміниться *частота світла* ν при його переході *із вакууму у прозоре середовище* з показником заломлення $n = 2$?

А) Залежить від кута падіння. Б) Зменшиться у 2 рази. В) Не зміниться.

Г) Залежить від кута заломлення. Д) Збільшиться у 2 рази.

722. Як зміниться *довжина світлової хвилі* λ при переході *із повітря у прозоре середовище*, показник заломлення якого $n = 1,73$?

А) Не зміниться. Б) Збільшиться у 1,73 рази. В) Зменшиться у 1,73 рази.

Г) Зменшиться у $\sqrt{1,73}$ рази. Д) Збільшиться у $\sqrt{1,73}$ рази.

A) 1.5 times B) 2.25 times C) 2 times D) 1.75 times E) 2.5 times

716. A luminous flux $\Phi=120$ lm falls normally to the surface of a white paper sheet of size 20×30 cm. Find out illumination E of this paper sheet.

A) $E=8\cdot 10^3$ lux B) $E=4\cdot 10^4$ lux C) $E=3\cdot 10^5$ lux D) $E=2\cdot 10^3$ lux E) $E=9\cdot 10^4$ lux

717. A paper sheet of size 10×30 cm is illuminated with a lamp light of intensity $I=100$ cd, 0.5% of this lamp luminous flux Φ_0 falling onto it. Find out illumination E of this paper sheet.

A) $E=108$ lux B) $E=165$ lux C) $E=210$ lux D) $E=54$ lux E) $E=246$ lux

718. Every minute an electric lamp emits 122 J of light energy all over the place. Find out the coefficient of efficiency η of light efficiency, if the lamp power consumption is $P=100$ Wt.

A) $\eta=4.5\%$ B) $\eta=1.0\%$ C) $\eta=7.5\%$ D) $\eta=2.0\%$ E) $\eta=1.5\%$

GEOMETRICAL OPTICS

Refractive index

719. Find out light velocity V in the medium, the refractive index of which is $n=1.65$. (Light velocity in vacuum is $c=3\cdot 10^8$ m/sec).

A) $1.5\cdot 10^8$ m/sec B) $2.4\cdot 10^8$ m/sec C) $1.8\cdot 10^8$ m/sec D) $2.1\cdot 10^8$ m/sec E) $2.7\cdot 10^8$ m/sec

720. How will *light velocity* change on coming out of vacuum into a transparent medium the refractory index of which is $n=2$? ($c=3\cdot 10^8$ m/sec).

A) It will decrease 4 times. B) It will not change. C) It will increase 2 times.

D) It will decrease 2 times. E) It will decrease $\sqrt{2}$ times.

721. How will *light frequency* ν on coming out of vacuum into a transparent medium the refractory index of which is $n=2$?

A) Depends on the angle of incidence. B) Will decrease 2 times. C) Will not change.

D) It depends on the angle of refraction. E) It will increase 2 times.

722. How will a *light wave length* λ change on coming out of vacuum into a transparent medium the refractory index of which is $n=1.73$?

A) It will not change. B) It will increase 1.73 times. C) It will decrease 1.73 times.

D) It will decrease $\sqrt{1.73}$ times. E) It will increase $\sqrt{1.73}$ times.

723. При переході світла із середовища з показником заломлення n_1 у середовище з показником n_2 виявилось, що кут заломлення β менший за кут падіння α . Що можна сказати про швидкість поширення світла V_2 у другому середовищі ?

А) $V_2 = V_1$. Б) $V_2 < V_1$. В) $V_2 = V_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$. Г) $V_2 > V_1$. Д) $V_2 = n_2 \cdot V_1$.

724. Знайти абсолютний показник заломлення прозорого середовища n , у якому світло з енергією фотону $E = 4,4 \cdot 10^{-19}$ Дж має довжину хвилі $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$ м

А) $n = 1,51$. Б) $n = 1,72$. В) $n = 2,16$. Г) $n = 1,94$. Д) $n = 1,33$.

725. Світлові хвилі у деякій рідині мають довжину $\lambda = 600$ нм і частоту $\nu = 4 \cdot 10^{14}$ Гц. Визначити абсолютний показник заломлення цієї рідини n .

А) $n = 1,54$. Б) $n = 1,41$. В) $n = 1,73$. Г) $n = 1,94$. Д) $n = 1,25$.

726. Частота світлових коливань $\nu = 4 \cdot 10^{14}$ Гц. Визначити довжину хвилі λ цього випромінювання у алмазі, якщо його абсолютний показник заломлення $n = 2,4$.

А) $\lambda = 842,8$ нм. Б) $\lambda = 126,3$ нм. В) $\lambda = 312,5$ нм. Г) $\lambda = 643,2$ нм. Д) $\lambda = 489,7$ нм.

727. Довжина хвилі жовтого світла у вакуумі $\lambda_0 = 579$ нм, а у рідкому бензолі $\lambda = 386$ нм. Визначити абсолютний показник заломлення бензолу n .

А) $n = 1,41$. Б) $n = 1,33$. В) $n = 1,73$. Г) $n = 2,14$. Д) $n = 1,50$.

728. Визначити відносний показник заломлення n_{12} алмазу відносно льоду, якщо абсолютні показники заломлення алмазу $n_1 = 2,42$, а льоду - $n_2 = 1,21$.

А) $n_{12} = 1,41$. Б) $n_{12} = 2,0$. В) $n_{12} = 1,73$. Г) $n_{12} = 1,5$. Д) $n_{12} = 0,5$.

729. Абсолютні показники заломлення алмазу $n_1 = 2,42$, а скла - $n_2 = 1,5$. Яке відношення товщини алмазу d_1 до товщини скла d_2 , якщо час t поширення світла в них однаковий ?

А) $d_1/d_2 = 1,61$. Б) $d_1/d_2 = 2,14$. В) $d_1/d_2 = 1,96$. Г) $d_1/d_2 = 0,62$. Д) $d_1/d_2 = 1,38$.

Відбивання світла

730. Горизонтальний промінь світла падає на вертикальне дзеркало. Його повертають навколо вертикальної осі на кут α . На який кут φ повернеться при цьому відбитий промінь ?

А) $\varphi = \frac{\alpha}{2}$. Б) $\varphi = 4\alpha$. В) $\varphi = \alpha$. Г) $\varphi = \frac{\alpha}{4}$. Д) $\varphi = 2\alpha$.

723. A light ray comes out of a medium which refractory index is n_1 into a medium, which refractory index is n_2 , and it turns out that angle of refraction β is less, than angle of incidence α . What can be said about the light velocity V_2 in the second medium ?

A) $V_2 = V_1$ B) $V_2 < V_1$ C) $V_2 = V_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$ D) $V_2 > V_1$ E) $V_2 = n_2 \cdot V_1$

724. Find out an absolute refractive index of a transparent medium n , in which the light with photon energy $E = 4.4 \cdot 10^{-19}$ J has a wave length $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$ m.

A) $n = 1.51$ B) $n = 1.72$ C) $n = 2.16$ D) $n = 1.94$ E) $n = 1.33$

725. Light waves in some liquid have length of $\lambda = 600$ nm and frequency $\nu = 4 \cdot 10^{14}$ Hz. Find out an absolute refractive index of this liquid n .

A) $n = 1.54$ B) $n = 1.41$ C) $n = 1.73$ D) $n = 1.94$ E) $n = 1.25$

726. Frequency of optical vibrations is $\nu = 4 \cdot 10^{14}$ Hz. Find out a wave length λ of this emission *in diamond*, if its absolute refractive index is $n = 2.4$.

A) $\lambda = 842.8$ nm B) $\lambda = 126.3$ nm C) $\lambda = 312.5$ nm D) $\lambda = 643.2$ nm E) $\lambda = 489.7$ nm

727. A yellow light wave length *in vacuum* is $\lambda_0 = 579$ nm and *in liquid benzole* $\lambda = 386$ nm. Find out an absolute refractive index of benzole n .

A) $n = 1.41$ B) $n = 1.33$ C) $n = 1.73$ D) $n = 2.14$ E) $n = 1.50$

728. Calculate *a relative refractive index* n_{12} of diamond relative to ice, if absolute refractive indices of diamond is $n_1 = 2.42$ and of ice – $n_2 = 1.21$.

A) $n_{12} = 1.41$ B) $n_{12} = 2.0$ C) $n_{12} = 1.73$ D) $n_{12} = 1.5$ E) $n_{12} = 0.5$

729. Absolute refractive indices *of diamond* is $n_1 = 2.42$ and *of glass* – $n_2 = 1.5$. What is the relationship of diamond thickness d_1 and glass thickness d_2 , if the time t of light propagation in them *is the same* ?

A) $d_1/d_2 = 1.61$ B) $d_1/d_2 = 2.14$ C) $d_1/d_2 = 1.96$ D) $d_1/d_2 = 0.62$ E) $d_1/d_2 = 1.38$

Light reflection

730. A *horizontal* ray of light falls on a mirror, located *vertically*. It is turned round the vertical axis at an angle α . At what angle φ will a *reflected ray* turn thereat ?

A) $\varphi = \frac{\alpha}{2}$ B) $\varphi = 4\alpha$ C) $\varphi = \alpha$ D) $\varphi = \frac{\alpha}{4}$ E) $\varphi = 2\alpha$

731. Перед плоским вертикальним дзеркалом стоїть людина. Як зміниться відстань між людиною і її зображенням, якщо людина віддаляється від площини дзеркала на 2 м ?

- А) Збільшиться на 1 м. Б) Збільшиться на 4 м. В) Не зміниться.
Г) Збільшиться на 0,5 м. Д) Збільшиться на 2 м.

732. При якому куті падіння α промінь світла, проходячи через плоскопаралельну пластинку, не зміщується від первинного напрямку ?

- А) $\alpha=0^\circ$. Б) $\alpha=10^\circ$. В) $\alpha=30^\circ$. Г) $\alpha=45^\circ$. Д) $\alpha=60^\circ$.

733. Визначити кутову висоту Сонця над горизонтом φ , якщо довжина тіні від предмету в даний момент дорівнює висоті самого предмету.

- А) $\varphi=30^\circ$. Б) $\varphi=60^\circ$. В) $\varphi=0^\circ$. Г) $\varphi=90^\circ$. Д) $\varphi=45^\circ$.

734. Людина рухається у напрямку до плоского дзеркала зі швидкістю $V_1=1$ м/с. Із якою швидкістю V_2 вона наближається до свого зображення ?

- А) $V_2=1,0$ м/с. Б) $V_2=1,5$ м/с. В) $V_2=0,5$ м/с. Г) $V_2=2,0$ м/с. Д) $V_2=0,25$ м/с.

735. Перед плоским вертикальним дзеркалом стоїть людина. Як зміниться відстань S між людиною і її зображенням, якщо людина наблизиться до дзеркала на 1 м ?

- А) Зменшиться на 1 м. Б) Зменшиться на 2 м. В) Зменшиться на 0,5 м.
Г) Зменшиться на 1,5 м. Д) Не зміниться.

736. Кутова висота Сонця над горизонтом $\varphi=48^\circ$. Під яким кутом до горизонту β треба розташувати плоске дзеркало, щоб відбитим від нього світлом освітлити дно глибокого колодязя ?

- А) $\beta=56^\circ$. Б) $\beta=77^\circ$. В) $\beta=69^\circ$. Г) $\beta=84^\circ$. Д) $\beta=48^\circ$.

737. Кут падіння світлового променя $\alpha=20^\circ$. Чому дорівнює кут φ між падаючим та відбитим променями ?

- А) $\varphi=10^\circ$. Б) $\varphi=20^\circ$. В) $\varphi=50^\circ$. Г) $\varphi=70^\circ$. Д) $\varphi=40^\circ$.

738. Як зміниться кут між падаючим та відбитим променями світла, якщо кут падіння α зменшити на 10° ?

- А) Зменшиться на 5° . Б) Зменшиться на 40° . В) Зменшиться на 20° .
Г) Не зміниться. Д) Зменшиться на 10° .

739. Промінь падає під кутом $\varphi=30^\circ$ до поверхні плоского дзеркала. Визначте кут γ між падаючим та відбитим променями.

731. A person is standing in front of a vertically located mirror. How will a distance between *the person* and *his reflection* change, if the man *moves* 2 m *away* from the mirror surface ?

- A) It will increase by 1 m B) It will increase by 4 m C) It will not change
D) It will increase by 0.5 m E) It will increase by 2 m

732. At what angle of incidence α does a light ray *not shift* from the initial direction passing through an in-plane parallel plate ?

- A) $\alpha=0^0$ B) $\alpha=10^0$ C) $\alpha=30^0$ D) $\alpha=45^0$ E) $\alpha=60^0$

733. Find out an angle of altitude of the Sun *above the horizon* φ , if a shadow of a subject at a given moment of time *is equal* to the height of the subject itself ?

- A) $\varphi=30^0$ B) $\varphi=60^0$ C) $\varphi=0^0$ D) $\varphi=90^0$ E) $\varphi=45^0$

734. A person moves *towards* a plane mirror at a velocity $V_1=1$ m/sec. At what velocity V_2 does he approach *his reflection* ?

- A) $V_2=1.0$ m/sec B) $V_2=1.5$ m/sec C) $V_2=0.5$ m/sec D) $V_2=2.0$ m/sec E) $V_2=0.25$ m/sec

735. A person is standing in front of a plane vertical mirror. How will a distance S between *the person* and *his reflection* change, if the person moves 1 m *closer* to the mirror ?

- A) It will decrease by 1 m B) It will decrease by 2 m C) It will decrease by 0.5 m
D) It will decrease by 1.5 m E) It will not change

736. An angle of altitude of the Sun *above the horizon* is $\varphi=48^0$. At what angle *to the horizon* β should a plane mirror be located to light the bottom of a deep well with the light *reflected* from the mirror ?

- A) $\beta=56^0$ B) $\beta=77^0$ C) $\beta=69^0$ D) $\beta=84^0$ E) $\beta=48^0$

737. An angle of incidence of a light ray is $\alpha=20^0$. What is an angle φ between *incident* and *reflected* rays equal to ?

- A) $\varphi=10^0$ B) $\varphi=20^0$ C) $\varphi=50^0$ D) $\varphi=70^0$ E) $\varphi=40^0$

738. How will an angle between *incident* and *reflected* rays of light change, if an angle of incidence *decreases* by 10^0 ?

- A) It will decrease by 5^0 B) It will decrease by 40^0 C) It will decrease by 20^0
D) It will not change E) It will decrease by 10^0

739. A ray falls at an angle $\varphi=30^0$ *to a plane* mirror surface. Find out an angle γ between *incident* and *reflected* rays.

А) $\gamma=120^\circ$. Б) $\gamma=30^\circ$. В) $\gamma=150^\circ$. Г) $\gamma=60^\circ$. Д) $\gamma=90^\circ$.

740. Якого *найменшого* розміру h має бути плоске дзеркало, щоб людина зростом H могла бачити себе в ньому у повний зріст ?

А) $h=H/3$. Б) $h=H$. В) $h=2H/3$. Г) $h=H/2$. Д) $h=3H/4$.

741. Тінь від освітленої Сонцем телевізійної вежі має довжину $L=286$ м, а від людини заввишки $h=1,8$ м довжина тіні $l=2$ м. Яка висота цієї вежі H ?

А) $H=198$ м. Б) $H=257$ м. В) $H=236$ м. Г) $H=184$ м. Д) $H=272$ м.

742. Вертикальний кілочок заввишки $h=1$ м, що стоїть поблизу вуличного ліхтаря, відкидає тінь завдовжки $l_1=0,8$ м. Якщо перенести кілочок на $\Delta S=1$ м далі від ліхтаря, то його тінь матиме довжину $l_2=1,25$ м. На якій висоті H висить ліхтар ?

А) $H=2,8$ м. Б) $H=2,0$ м. В) $H=3,2$ м. Г) $H=2,4$ м. Д) $H=3,6$ м.

Заломлення світла

743. Світло переходить із *повітря у воду*. Яка із наведених формул визначає швидкість V поширення світла у воді ? (α - кут падіння, β - кут заломлення, c - швидкість поширення світла у *повітрі*).

А) $V = c \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$. Б) $V = c \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$. В) $V = c \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$. Г) $V = c \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$. Д) $V = c \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \alpha}$.

744. Визначити показник заломлення морської води n , якщо при *куті падіння* $\alpha = \pi/4$, *кут заломлення* β складає 30° .

А) $n=1,41$. Б) $n=1,72$. В) $n=1,33$. Г) $n=1,50$. Д) $n=1,84$.

745. Тонкий пучок світла переходить із повітря у рідину з показником заломлення $n=1,3$. Чому дорівнює кут заломлення β , якщо синус кута падіння α дорівнює $0,65$?

А) $\beta=75^\circ$. Б) $\beta=30^\circ$. В) $\beta=45^\circ$. Г) $\beta=60^\circ$. Д) $\beta=15^\circ$.

746. При деякому куті падіння променя світла на межу розділу двох прозорих середовищ, відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення дорівнює N . Чому дорівнюватиме це відношення при *збільшенні* кута падіння у 2 рази ?

А) $\frac{N}{\sqrt{2}}$. Б) $\frac{N}{2}$. В) $2 \cdot N$. Г) N . Д) $\sqrt{2} \cdot N$.

747. Фіолетове світло із довжиною хвилі $\lambda_0=397$ нм падає на прозору пластинку під

- A) $\gamma=120^\circ$ B) $\gamma=30^\circ$ C) $\gamma=150^\circ$ D) $\gamma=60^\circ$ E) $\gamma=90^\circ$

740. What must the *minimum* size h of a plane mirror be, that a man as tall as H could see himself *standing up straight* ?

- A) $h=H/3$ B) $h=H$ C) $h=2H/3$ D) $h=H/2$ E) $h=3H/4$

741. A shadow of a TV tower lighted by the Sun is as long as $L=286$ m, a shadow length of a man as tall as $h=1.8$ m is $l=2$ m. What is the height of the tower H ?

- A) $H=198$ m B) $H=257$ m C) $H=236$ m D) $H=184$ m E) $H=272$ m

742. A vertical peg as high as $h=1$ m is near a street lamp and its shadow length is $l_1=0.8$ m. If the peg is taken $\Delta S=1$ m away from the lamp within the same plane, its shadow length will be $l_2=1.25$ m. How high H is the lamp suspended ?

- A) $H=2.8$ m B) $H=2.0$ m C) $H=3.2$ m D) $H=2.4$ m E) $H=3.6$ m

Light refraction

743. Light passes *from* the air *into* water. What of the below formulas determines velocity V of light propagation *in water* ? (α is an angle of incidence, β is an angle of refraction, c is light velocity *in the air*).

- A) $V = c \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ B) $V = c \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$ C) $V = c \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ D) $V = c \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$ E) $V = c \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \alpha}$

744. Determine the refractive index of sea water n , if at *an angle of incidence* $\alpha=\pi/4$, *an angle of refraction* β is 30° .

- A) $n=1.41$ B) $n=1.72$ C) $n=1.33$ D) $n=1.50$ E) $n=1.84$

745. A thin beam of light passes from the air into a liquid with the refractive index $n=1.3$. What is an angle of refraction β equal to, if sine of an angle of incidence α is equal to 0.65 ?

- A) $\beta=75^\circ$ B) $\beta=30^\circ$ C) $\beta=45^\circ$ D) $\beta=60^\circ$ E) $\beta=15^\circ$

746. At some angle of incidence of a light beam onto the interface of two transparent media, a relationship of sine of the angle of incidence and sine of the angle of refraction is equal to N . What will this relationship be equal to, if the angle of incidence *increases* twice ?

- A) $\frac{N}{\sqrt{2}}$ B) $\frac{N}{2}$ C) $2 \cdot N$ D) N E) $\sqrt{2} \cdot N$

747. Violet light of a wave length $\lambda_0=397$ nm falls onto a transparent plate at an angle $\alpha=$

кутом $\alpha=45^\circ$. Визначите довжину хвилі λ цього світла у *середовищі*, якщо кут заломлення для цього світла $\beta=22,90$.

А) $\lambda=184$ нм. Б) $\lambda=321$ нм. В) $\lambda=218$ нм. Г) $\lambda=436$ нм. Д) $\lambda=279$ нм.

748. На скляну пластинку із показником заломлення $n=1,5$ падає промінь світла. Визначите кут падіння променя α , якщо кут між *відбитим* і *заломленим* променями $\gamma=90^\circ$.

А) $\alpha=78^\circ$. Б) $\alpha=24^\circ$. В) $\alpha=43^\circ$. Г) $\alpha=56^\circ$. Д) $\alpha=35^\circ$.

749. Показник заломлення скла $n=1,73$. Чому дорівнює кут γ між *відбитим* і *заломленим* променями, якщо кут падіння β дорівнює 60° ?

А) $\gamma=120^\circ$. Б) $\gamma=30^\circ$. В) $\gamma=90^\circ$. Г) $\gamma=60^\circ$. Д) $\gamma=45^\circ$.

750. *Заломлений* промінь утворює із *відбитим* кут $\gamma=90^\circ$. Визначити показник заломлення речовини n , якщо синус кута падіння α дорівнює $0,8$.

А) $n=1,33$. Б) $n=2,14$. В) $n=1,41$. Г) $n=1,73$. Д) $n=1,24$.

751. Показник заломлення скла $n=1,52$. Визначте *граничний кут* повного внутрішнього відбивання α_{cp} для поверхні розділу скло-повітря.

А) $\alpha_{cp}=35,4^\circ$. Б) $\alpha_{cp}=52,6^\circ$. В) $\alpha_{cp}=28,3^\circ$. Г) $\alpha_{cp}=41,1^\circ$. Д) $\alpha_{cp}=23,9^\circ$.

752. Коли світловий промінь переходить із алмазу у повітря, *граничний кут* повного внутрішнього відбивання $\alpha_{cp}=24,5^\circ$. Визначити показник заломлення алмазу n .

А) $n=1,73$. Б) $n=2,02$. В) $n=1,46$. Г) $n=2,41$. Д) $n=2,28$.

753. Який *граничний кут* повного внутрішнього відбивання α_{cp} при падінні променя на межу скло-вода? Показники заломлення води $n_s=1,33$; скла $n_c=1,52$.

А) $\alpha_{cp}=72^\circ$. Б) $\alpha_{cp}=54^\circ$. В) $\alpha_{cp}=47^\circ$. Г) $\alpha_{cp}=61^\circ$. Д) $\alpha_{cp}=39^\circ$.

754. Промінь світла виходить зі скипидару у повітря. *Граничний кут* повного внутрішнього відбивання для цього променя $\alpha_{cp}=42,4^\circ$. Визначити швидкість V поширення світла у скипидарі.

А) $V=2,3 \cdot 10^8$ м/с. Б) $V=1,7 \cdot 10^8$ м/с. В) $V=2,0 \cdot 10^8$ м/с.
Г) $V=2,7 \cdot 10^8$ м/с. Д) $V=2,5 \cdot 10^8$ м/с.

755. Під яким кутом ϕ до *поверхні водосховища* водолаз із під неї бачить Сонце, яке *заходить* за горизонт, якщо показник заломлення води $n=1,33$.

$=45^\circ$. Determine a wave length λ of this light *in the medium*, if an angle of refraction for this light is $\beta=22.9^\circ$.

- A) $\lambda=184$ nm B) $\lambda=321$ nm C) $\lambda=218$ nm D) $\lambda=436$ nm E) $\lambda=279$ nm

756. A light beam falls onto a glass plate with the refractive index $n=1.5$. Determine angle of incidence of the beam α if an angle between *reflected* and *refracted* rays is $\gamma=90^\circ$.

- A) $\alpha=78^\circ$ B) $\alpha=24^\circ$ C) $\alpha=43^\circ$ D) $\alpha=56^\circ$ E) $\alpha=35^\circ$

757. A refractive index of glass is $n=1.73$. What is an angle γ between *reflected* and *refracted* rays equal to, if an angle of incidence β is equal to 60° ?

- A) $\gamma=120^\circ$ B) $\gamma=30^\circ$ C) $\gamma=90^\circ$ D) $\gamma=60^\circ$ E) $\gamma=45^\circ$

758. A *refracted* beam and a *reflected* beam form an angle $\gamma=90^\circ$. Find out a refractive index of a substance n , if sine of an angle on incidence α is equal to 0.8.

- A) $n=1.33$ B) $n=2.14$ C) $n=1.41$ D) $n=1.73$ E) $n=1.24$

759. A refractive index of glass is $n=1.52$. Find out a *critical angle* of total internal reflection α_{cr} for the glass-air interface.

- A) $\alpha_{cr}=35.4^\circ$ B) $\alpha_{cr}=52.6^\circ$ C) $\alpha_{cr}=28.3^\circ$ D) $\alpha_{cr}=41.1^\circ$ E) $\alpha_{cr}=23.9^\circ$

760. When a light beam passes from diamond into the air, the *critical angle* of total internal reflection is $\alpha_{cr}=24.5^\circ$. Calculate the refractive index of diamond n .

- A) $n=1.73$ B) $n=2.02$ C) $n=1.46$ D) $n=2.41$ E) $n=2.28$

753. What is the *critical angle* of total internal reflection α_{cr} when a beam falls onto the glass-water interface? The refractive indices of water is $n_w=1.33$ and of glass $n_{gl}=1.52$.

- A) $\alpha_{cr}=72^\circ$ B) $\alpha_{cr}=54^\circ$ C) $\alpha_{cr}=47^\circ$ D) $\alpha_{cr}=61^\circ$ E) $\alpha_{cr}=39^\circ$

761. A light beam goes out of turpentine into the air. The *critical angle* of total internal reflection for this beam is $\alpha_{cr}=42.4^\circ$. Determine velocity V of light propagation in turpentine.

- A) $V=2.3 \cdot 10^8$ m/sec B) $V=1.7 \cdot 10^8$ m/sec C) $V=2.0 \cdot 10^8$ m/sec
D) $V=2.7 \cdot 10^8$ m/sec E) $V=2.5 \cdot 10^8$ m/sec

755. At what angle ϕ to a water reservoir surface does a diver see the Sun going down below the horizon, if water refractive index is $n=1.33$?

А) $\varphi=36,6^{\circ}$. Б) $\varphi=41,2^{\circ}$. В) $\varphi=28,4^{\circ}$. Г) $\varphi=47,1^{\circ}$. Д) $\varphi=31,8^{\circ}$.

756. На заповнену водою склянку покладена скляна пластинка. Під яким кутом α мусить падати на неї світловий промінь, щоб від поверхні розділу води зі склом відбулось повне внутрішнє відбивання? Показники заломлення скла $n_1=1,5$, а води $n_2=1,33$.

А) $\alpha=64^{\circ}$. Б) $\alpha=42^{\circ}$. В) $\alpha=71^{\circ}$. Г) $\alpha=56^{\circ}$. Д) Це неможливо.

757. На дно посудини, наповненої водою до висоти $h=10$ см, приміщене точкове джерело світла. Точно над ним на поверхні води плаває кругла непрозора пластинка. Який найменший радіус r_{\min} мусить мати ця пластинка, щоб жоден промінь світла від джерела *не зміг вийти* через поверхню води?

А) $r_{\min}=11,4$ см. Б) $r_{\min}=9,7$ см. В) $r_{\min}=5,6$ см. Г) $r_{\min}=14,2$ см. Д) $r_{\min}=7,8$ см.

758. Вузкий пучок світла падає на плоско паралельну скляну пластинку під кутом α , синус якого дорівнює 0,8. Пучок, що вийшов із пластинки, виявився *зсунутим* відносно продовження падаючого пучка на відстань $r=2$ см. Яка товщина пластинки d , якщо показник заломлення скла $n=1,7$?

А) $d=3,4$ см. Б) $d=5,1$ см. В) $d=2,6$ см. Г) $d=4,2$ см. Д) $d=1,8$ см.

759. На скляну пластинку ($n=1,73$) завтовшки $d=1$ см падає промінь світла під кутом $\alpha=60^{\circ}$. Частина світу відбивається *від верхньої*, а частина, заломившись, відбивається *від нижньої* поверхні пластинки. Цей промінь, заломившись повторно на верхній поверхні, виходить назад у повітря *паралельно* першому відбитому променю. Визначте відстань S між обома цими променями.

А) $S=4,6$ мм. Б) $S=7,2$ мм. В) $S=5,8$ мм. Г) $S=6,7$ мм. Д) $S=8,3$ мм.

760. Монохроматичний промінь падає *нормально* на бічну поверхню призми, заломлюючий кут якої (кут при її вершині $\theta=40^{\circ}$). Показник заломлення матеріалу призми для цього променя $n=1,5$. Визначити кут φ відхилення променя від початкового напрямку після його виходу із призми.

А) $\varphi=51,9^{\circ}$. Б) $\varphi=34,6^{\circ}$. В) $\varphi=42,8^{\circ}$. Г) $\varphi=17,3^{\circ}$. Д) $\varphi=69,2^{\circ}$.

761. Заломлюючий кут рівнобедреної призми $\theta=10^{\circ}$. Монохроматичний промінь падає на її бічну грань під кутом $\alpha=10^{\circ}$. Визначите кут відхилення променя від початкового напрямку φ , якщо показник заломлення матеріалу призми $n=1,6$.

А) $\varphi=6^{\circ}$. Б) $\varphi=22^{\circ}$. В) $\varphi=28^{\circ}$. Г) $\varphi=10^{\circ}$. Д) $\varphi=16^{\circ}$.

762. Показник заломлення матеріалу призми для деякого монохроматичного променя світла $n=1,6$. Визначте максимальний кут падіння α_1 цього променя на приз-

A) $\varphi=36.6^\circ$ B) $\varphi=41.2^\circ$ C) $\varphi=28.4^\circ$ D) $\varphi=47.1^\circ$ E) $\varphi=31.8^\circ$

756. A glass plate is put on a water-filled glass. At what angle α must a light beam fall on it for the total internal reflection from the water-glass interface takes place ? The refractive indices of glass is $n_1=1.5$ and of water $n_2=1.33$.

A) $\alpha=64^\circ$ B) $\alpha=42^\circ$ C) $\alpha=71^\circ$ D) $\alpha=56^\circ$ E) It's impossible

757. A point light source is put on the bottom of a vessel filled with water up to the height $h=10$ cm. Just above the source on the surface of water a round opaque plate is floating. What minimum radius r_{min} must this plate have for *not* a single beam from the light source *could go out* through the water surface ?

A) $r_{min}=11.4$ cm B) $r_{min}=9.7$ cm C) $r_{min}=5.6$ cm D) $r_{min}=14.2$ cm E) $r_{min}=7.8$ cm

758. A narrow light beam falls onto a plane-parallel glass plate at an angle of α sine of which is 0.8. A beam that went out of the plate turned out *to be shifted* for a distance of $r=2$ cm away from the incident beam continuation. What is the plate thickness d , if the refractive index of glass is $n=1.7$?

A) $d=3.4$ cm B) $d=5.1$ cm C) $d=2.6$ cm D) $d=4.2$ cm E) $d=1.8$ cm

759. A light beam falls onto a glass plate ($n=1.73$) as thick as $d=1$ cm at an angle of $\alpha=60^\circ$. A part of the light is reflected *from the upper* surface of the plate, and a part *from the lower* surface of the plate. Having repeatedly refracted on the lower surface of the plate, this beam goes back into the air *parallel* to the first reflected beam. Determine the distance S between these two beams.

A) $S=4.6$ mm B) $S=7.2$ mm C) $S=5.8$ mm D) $S=6.7$ mm E) $S=8.3$ mm

760. A monochromatic beam *normally* falls on a side face of a prism, the prism angle (the angle at its top) is $\theta=40^\circ$. The refractive index of the prism material for this beam is $n=1.5$. Determine the beam deflection angle φ from the initial direction after its going out from the prism.

A) $\varphi=51.9^\circ$ B) $\varphi=34.6^\circ$ C) $\varphi=42.8^\circ$ D) $\varphi=17.3^\circ$ E) $\varphi=69.2^\circ$

761. An isosceles prism angle is $\theta=10^\circ$. A monochromatic beam falls on its side face at an angle of $\alpha=10^\circ$. Determine the beam deflection angle φ from the initial direction if the refractive index of the prism material is $n=1.6$.

A) $\varphi=6^\circ$ B) $\varphi=22^\circ$ C) $\varphi=28^\circ$ D) $\varphi=10^\circ$ E) $\varphi=16^\circ$

762. The refractive index of the prism material for some monochromatic light beam is $n=1.6$. Determine the maximum angle of incidence α_1 of this beam onto the prism for the

му, щоб при виході променя із неї спостерігалось *повне внутрішнє відбивання* ($\alpha_2=90^\circ$). Заломлюючий кут призми $\theta=45^\circ$.

А) $\alpha_1=8,7^\circ$. Б) $\alpha_1=13,4^\circ$. В) $\alpha_1=10,1^\circ$. Г) $\alpha_1=21,8^\circ$. Д) $\alpha_1=18,6^\circ$.

Лінзи

763. Визначити фокусну відстань F двоопуклої лінзи, радіуси кривини якої $R_1=15$ см, $R_2=-25$ см. Показник заломлення матеріалу лінзи $n=1,5$.

А) $F=32,5$ см. Б) $F=13,6$ см. В) $F=24,7$ см. Г) $F=18,8$ см. Д) $F=11,4$ см.

764. Визначити фокусну відстань F плоско-опуклої лінзи, радіуси кривини якої $R_1=15$ см, $R_2=\infty$. Показник заломлення матеріалу лінзи $n=1,5$.

А) $F=25$ см. Б) $F=30$ см. В) $F=15$ см. Г) $F=20$ см. Д) $F=35$ см.

765. Визначте фокусну відстань F_2 кварцевої лінзи для ультрафіолетової лінії спектру ртуті ($\lambda_2=259$ нм), якщо фокусна відстань для жовтої лінії натрію ($\lambda_1=589$ нм) $F_1=16$ см, а показники заломлення кварцу для цих довжин хвиль відповідно $n_2=1,504$ і $n_1=1,458$.

А) $F_2=17,6$ см. Б) $F_2=14,5$ см. В) $F_2=23,4$ см. Г) $F_2=11,2$ см. Д) $F_2=20,4$ см.

766. Дві *однакові* двоопуклі лінзи виготовлені із різного скла, показники заломлення якого відповідно $n_1=1,5$ і $n_2=1,7$. Чому дорівнює відношення їхніх фокусних відстаней F_1/F_2 ?

А) $F_1/F_2=2,2$. Б) $F_1/F_2=1,1$. В) $F_1/F_2=1,8$. Г) $F_1/F_2=2,7$. Д) $F_1/F_2=1,4$.

767. Радіуси кривизни поверхонь двоопуклої лінзи $R_1=R_2=50$ см, а показник заломлення її матеріалу $n=1,5$. Визначте оптичну силу цієї лінзи D .

А) $D=2,25$ дптр. Б) $D=1,5$ дптр. В) $D=1,25$ дптр. Г) $D=2,0$ дптр. Д) $D=1,75$ дптр.

768. На відстані $d=15$ см від двоопуклої лінзи, оптична сила якої $D=10$ дптр, поставили перпендикулярно оптичній осі предмет заввишки $h=2$ см. Визначте відстань f від лінзи до його зображення.

А) $f=30$ см. Б) $f=15$ см. В) $f=20$ см. Г) $f=35$ см. Д) $f=25$ см.

769. За умов попереднього завдання визначити висоту зображення предмета у лінзі H .

А) $H=3,0$ см. Б) $H=3,5$ см. В) $H=4,0$ см. Г) $H=2,5$ см. Д) $H=5,0$ см.

total internal refraction ($\alpha_2=90^\circ$) to be observed when a beam goes out of it. The prism angle is $\theta=45^\circ$.

- A) $\alpha_1=8.7^\circ$ B) $\alpha_1=13.4^\circ$ C) $\alpha_1=10.1^\circ$ D) $\alpha_1=21.8^\circ$ E) $\alpha_1=18.6^\circ$

Lenses

763. Find out the focal distance F of a biconvex lens, the curvature radii of which are $R_1=15$ cm, $R_2=-25$ cm. The refractive index of the lens material is $n=1.5$.

- A) $F=32.5$ cm B) $F=13.6$ cm C) $F=24.7$ cm D) $F=18.8$ cm E) $F=11.4$ cm

764. Find out the focal distance F of a flat-convex lens, the curvature radii of which are $R_1=15$ cm, $R_2=\infty$. The refractive index of the lens material is $n=1.5$.

- A) $F=25$ cm B) $F=30$ cm C) $F=15$ cm D) $F=20$ cm E) $F=35$ cm

765. Find out the focal distance F_2 of a quartz lens for the ultraviolet line of the mercury spectrum ($\lambda_2=259$ nm), if the focal distance for the yellow line of sodium ($\lambda_1=589$ nm) is $F_1=16$ cm, and the refractive indices of quartz for these wave lengths are $n_2=1.504$ and $n_1=1.458$, respectively.

- A) $F_2=17.6$ cm B) $F_2=14.5$ cm C) $F_2=23.4$ cm D) $F_2=11.2$ cm E) $F_2=20.4$ cm

766. Two *identical* biconvex lenses are made of different kinds of glass, the refractive indices of which are $n_1=1.5$ and $n_2=1.7$, respectively. What is the relationship of their focal distances F_1/F_2 equal to ?

- A) $F_1/F_2=2.2$ B) $F_1/F_2=1.1$ C) $F_1/F_2=1.8$ D) $F_1/F_2=2.7$ E) $F_1/F_2=1.4$

767. The curvature radii of the surfaces of a biconvex lens are $R_1=R_2=50$ cm and the refractive index of its material is $n=1.5$. Determine the power of this lens D (in dioptr).

- A) $D=2.25$ dptr B) $D=1.5$ dptr C) $D=1.25$ dptr D) $D=2.0$ dptr E) $D=1.75$ dptr

768. At a distance of $d=15$ cm away from a biconvex lens, the power of which is $D=10$ dptr, a object as high as $h=2$ cm was placed perpendicularly to the optical axis. Determine the distance f between the lens and its reflection.

- A) $f=30$ cm B) $f=15$ cm C) $f=20$ cm D) $f=35$ cm E) $f=25$ cm

769. Under the conditions of the previous problem determine the height H of an object reflection in lens.

- A) $H=3.0$ cm B) $H=3.5$ cm C) $H=4.0$ cm D) $H=2.5$ cm E) $H=5.0$ cm

770. Лінза із фокусною відстанню $F=16$ см дає різке зображення предмета у двох положеннях, відстань між якими $\Delta=60$ см. Визначити відстань від предмета до екрану ($d+f$).

А) $d+f=175$ см. Б) $d+f=200$ см. В) $d+f=125$ см. Г) $d+f=100$ см. Д) $d+f=150$ см.

771. Двоопукла лінза, обмежена двома сферичними поверхнями *однакового* радіусу кривизни $R=12$ см, занурена у воду. Показник заломлення матеріалу лінзи $n_1=1,5$, а води $n_2=1,33$. Визначити фокусну відстань цієї лінзи F .

А) $F=31$ см. Б) $F=47$ см. В) $F=24$ см. Г) $F=38$ см. Д) $F=56$ см.

772. Визначити фокусну відстань лінзи зануреної у воду F_2 , якщо її фокусна відстань у повітрі $F_1=20$ см. Показник заломлення матеріалу лінзи $n_1=1,6$, а води $n_2=1,33$.

А) $F_2=33$ см. Б) $F_2=51$ см. В) $F_2=67$ см. Г) $F_2=42$ см. Д) $F_2=59$ см.

773. Яка оптична сила лінзи D , фокусна відстань якої $F=100$ мм?

А) $D=1$ дптр. Б) $D=10$ дптр. В) $D=100$ дптр. Г) $D=0,1$ дптр. Д) $D=0,01$ дптр.

774. Оптична сила лінзи $D=25$ дптр. Визначте її фокусну відстань F .

А) $F=2$ см. Б) $F=16$ см. В) $F=8$ см. Г) $F=24$ см. Д) $F=4$ см.

775. Головна фокусна відстань об'єктиву проекційного апарату $F=12$ см. Діапозитив розташований на відстані $d=12,5$ см від об'єктиву. Визначити лінійне збільшення Γ цього апарату.

А) $\Gamma=96$. Б) $\Gamma=24$. В) $\Gamma=72$. Г) $\Gamma=36$. Д) $\Gamma=48$.

776. Головна фокусна відстань розсіюючої лінзи $F=50$ см. Зображення предмету отримали на відстані $f=40$ см від лінзи. Чому дорівнює відстань d від предмета до лінзи?

А) $d=240$ см. Б) $d=120$ см. В) $d=200$ см. Г) $d=80$ см. Д) $d=160$ см.

777. Свічка горить на відстані $r=2$ м від стіни. Між стіною і свічкою на відстані $d=0,4$ м від свічки помістили збираючу лінзу, так що на стіні отримали її чітке зображення. Визначити фокусну відстань лінзи F .

А) $F=96$ см. Б) $F=32$ см. В) $F=48$ см. Г) $F=64$ см. Д) $F=24$ см.

778. За допомогою двоопуклої лінзи із фокусною відстанню $F=5$ см розглядають монету діаметром $D_1=1$ см і отримують її уявне зображення діаметром $D_2=4$ см. На якій відстані d від лінзи знаходиться монета?

770. A lens has a focal distance $F=16$ cm; it gives a sharp image of an object in two positions, with the distance between them being equal to $\Delta=60$ cm. Determine the distance between the object and the screen ($d+f$).

A) $d+f=175$ cm B) $d+f=200$ cm C) $d+f=125$ cm D) $d+f=100$ cm E) $d+f=150$ cm

771. A biconvex lens, limited by two spherical surfaces of the same curvature radius $R=12$ cm, is drowned into water. The refractive index of the lens material is $n_1=1.5$ and of water $n_2=1.33$. Determine the focal distance of this lens F .

A) $F=31$ cm B) $F=47$ cm C) $F=24$ cm D) $F=38$ cm E) $F=56$ cm

772. Determine the focal distance F_2 of a lens drowned *into water* if its focal distance *in the air* is $F_1=20$ cm. The refractive index of the lens material is $n_1=1.6$ and of water $n_2=1.33$.

A) $F_2=33$ cm B) $F_2=51$ cm C) $F_2=67$ cm D) $F_2=42$ cm E) $F_2=59$ cm

773. What is power D of a lens, the focal distance of which is $F=100$ mm?

A) $D=1$ dptr B) $D=10$ dptr C) $D=100$ dptr D) $D=0.1$ dptr E) $D=0.01$ dptr

774. The lens power is $D=25$ dptr. Find out its focal distance F .

A) $F=2$ cm B) $F=16$ cm C) $F=8$ cm D) $F=24$ cm E) $F=4$ cm

775. The principal focal distance of a projector objective is $F=12$ cm. A diapositive is placed $d=12.5$ cm away from the objective. Determine a linear magnification Γ of this apparatus.

A) $\Gamma=96$ B) $\Gamma=24$ C) $\Gamma=72$ D) $\Gamma=36$ E) $\Gamma=48$

776. The principal focal distance of a *concave* lens is $F=50$ cm. An object image was obtained at a distance of $f=40$ cm away from the lens. What is the distance d between the object and the lens equal to?

A) $d=240$ cm B) $d=120$ cm C) $d=200$ cm D) $d=80$ cm E) $d=160$ cm

777. A candle is burning at a distance of $r=2$ m from a wall. Between the wall and the candle at a distance of $d=0.4$ m away from the candle there was placed a collecting lens; on the wall its sharp reflection was obtained. Determine the **focal** distance F of the lens.

A) $F=96$ cm B) $F=32$ cm C) $F=48$ cm D) $F=64$ cm E) $F=24$ cm

778. With the help of a biconvex lens with a focal distance $F=5$ cm they observe a co-in of $D_1=1$ cm in diameter and get its mental image of $D_2=4$ cm in diameter. What is the distance d between the lens and the coin?

А) $d=5,75$ см. Б) $d=4,5$ см. В) $d=5,25$ см. Г) $d=6,25$ см. Д) $d=6,75$ см.

779. Чому дорівнює фокусна відстань лінзи F , якщо для отримання дійсного зображення предмета у *натуральну величину* предмет помістили на відстані $d=30$ см від лінзи ?

А) $F=30$ см. Б) $F=7,5$ см. В) $F=45$ см. Г) $F=60$ см. Д) $F=15$ см.

780. Чому дорівнює збільшення зображення Γ у збираючій лінзі, якщо відстань від предмета до лінзи $d=12$ см, а фокусна відстань лінзи $F=8$ см ?

А) $\Gamma=4,0$. Б) $\Gamma=1,5$. В) $\Gamma=3,2$. Г) $\Gamma=2,0$. Д) $\Gamma=0,5$.

781. Відстань d від предмета до збираючої лінзи у 5 разів більша, ніж фокусна відстань лінзи F . У скільки разів зображення предмета h буде меншим самого предмета H ?

А) У 4 рази. Б) У 8 разів. В) У 5 разів. Г) У 10 разів. Д) У 2 рази.

ХВИЛЬОВА ОПТИКА

782. Який вид електромагнітного випромінювання має *найбільшу* довжину хвилі?

А) Ультрафіолетові промені. Б) Інфрачервоні промені. В) Гамма промені.
Г) Рентгенівські промені. Д) Видиме світло.

783. Який вид електромагнітного випромінювання має *найбільшу* частоту ν ?

А) Гамма промені. Б) Рентгенівські промені. В) Ультрафіолетові промені.
Г) Інфрачервоні промені. Д) Видиме світло.

784. Визначити частоту помаранчевого випромінювання ν , якщо довжина його хвилі у вакуумі складає $\lambda=600$ нм.

А) $\nu=7,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Б) $\nu=1,25 \cdot 10^{13}$ Гц. В) $\nu=2,5 \cdot 10^{14}$ Гц.
Г) $\nu=8,75 \cdot 10^{15}$ Гц. Д) $\nu=5 \cdot 10^{14}$ Гц.

785. Яка довжина хвилі λ у *нанометрах* відповідає частоті світла $\nu=6 \cdot 10^{14}$ Гц ?

А) $\lambda=920$ нм. Б) $\lambda=380$ нм. В) $\lambda=760$ нм. Г) $\lambda=500$ нм. Д) $\lambda=240$ нм.

786. Визначити частоту ν червоного випромінювання, довжина хвилі якого у вакуумі $\lambda=750$ нм.

А) $\nu=4 \cdot 10^{14}$ Гц. Б) $\nu=8 \cdot 10^{14}$ Гц. В) $\nu=2 \cdot 10^{14}$ Гц. Г) $\nu=6 \cdot 10^{15}$ Гц. Д) $\nu=1 \cdot 10^{14}$ Гц.

A) $d=5.75$ cm B) $d=4.5$ cm C) $d=5.25$ cm D) $d=6.25$ cm E) $d=6.75$ cm

779. What is the focal distance F of a lens, if to obtain a real image *of a full-scale* object, the object was placed at a distance of $d=30$ cm away from the lens ?

A) $F=30$ cm B) $F=7.5$ cm C) $F=45$ cm D) $F=60$ cm E) $F=15$ cm

780. What is an image magnification Γ in a convex lens equal to, if a distance between an object and the lens is $d=12$ cm and the focal distance of the lens is $F=8$ cm ?

A) $\Gamma=4.0$ B) $\Gamma=1.5$ C) $\Gamma=3.2$ D) $\Gamma=2.0$ E) $\Gamma=0.5$

781. A distance d between an object and a collecting lens is 5 times larger, than the focal distance F of the lens. How many times will the object image h be smaller the object H itself ?

A) 4 times B) 8 times C) 5 times D) 10 times E) 2 times

WAVE OPTICS

782. What kind of radiation has the *maximum* wave length λ ?

A) Ultraviolet rays B) Infra-red rays C) Gamma rays
D) X-rays E) Visible light

783. What kind of radiation has the *maximum* frequency ν ?

A) Gamma rays B) X-rays C) Ultraviolet rays
D) Infra-red rays E) Visible light

784. Determine the frequency of the orange radiation ν , if its wave length in vacuum is $\lambda=600$ nm.

A) $\nu=7.5 \cdot 10^{14}$ Hz B) $\nu=1.25 \cdot 10^{13}$ Hz C) $\nu=2.5 \cdot 10^{14}$ Hz
D) $\nu=8.75 \cdot 10^{15}$ Hz E) $\nu=5 \cdot 10^{14}$ Hz

785. What length of a wave λ in *nanometers* corresponds to light frequency $\nu=6 \cdot 10^{14}$ Hz ?

A) $\lambda=920$ nm B) $\lambda=380$ nm C) $\lambda=760$ nm D) $\lambda=500$ nm E) $\lambda=240$ nm

786. Determine the frequency ν of red radiation, which wave length in vacuum is $\lambda=750$ nm.

A) $\nu=4 \cdot 10^{14}$ Hz B) $\nu=8 \cdot 10^{14}$ Hz C) $\nu=2 \cdot 10^{14}$ Hz D) $\nu=6 \cdot 10^{15}$ Hz E) $\nu=1 \cdot 10^{14}$ Hz

Інтерференція світла

787. При накладанні когерентних хвиль коливання *посилюють* одне одного, якщо їхня різниця фаз $\Delta\varphi$ дорівнює:

- А) $(2n+1) \cdot \pi$, n - будь-яке. Б) $n \cdot \pi/2$, n - парне. В) $(2n+1) \cdot \pi/2$, n - будь-яке.
Г) $n \cdot \pi$, де n - непарне. Д) $2n \cdot \pi$, де n - будь-яке.

788. При накладанні когерентних хвиль коливання *послаблюють* одне одного, якщо їхня різниця фаз $\Delta\varphi$ дорівнює:

- А) $\Delta\varphi = \pi \left(n + \frac{1}{2} \right)$, $n=0,1,2,\dots$ Б) $\Delta\varphi = \pi(2n+1)$, $n=0,1,2,\dots$ В) $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \cdot (2n+1)$, $n=1,3,\dots$
Г) $\Delta\varphi = 2\pi n$, де $n=0,1,2,\dots$ Д) $\Delta\varphi = \pi n$, де $n=0,2,4,\dots$

789. Для інтерференційного максимуму різниця ходу Δ хвиль від двох когерентних джерел світла складає:

- А) $\Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$. Б) $\Delta = (k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$. В) $\Delta = (2k+1) \cdot \pi$. Г) $\Delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$. Д) $\Delta = 2 \cdot k \cdot \pi$.

790. При накладанні когерентних світлових хвиль коливання *послаблюють* одне одного, якщо різниця ходу Δ між ними складає:

- А) $\Delta = \lambda \cdot (2n+1)$, $n=0,1,2,\dots$ Б) $\Delta = 2\pi n$, $n=0,1,2,\dots$ В) $\Delta = \pi n$, $n=1,3,5,\dots$
Г) $\Delta = \frac{\lambda}{2} \cdot (n+1)$, де $n=1,3,5,\dots$ Д) $\Delta = \frac{\lambda}{2} \cdot (2n+1)$, де $n=0,1,2,\dots$

791. У скільки разів збільшиться відстань Δ між сусідніми інтерференційними смугами на екрані у досліді Юнга, якщо *зелений* світлофільтр ($\lambda_1=500$ нм) замінити на *червоний* ($\lambda_2=650$ нм) ?

- А) У 1,6 рази. Б) У 0,8 рази. В) У 1,3 рази. Г) У 2,1 рази. Д) У 1,8 рази.

792. На шляху світлового пучка розташували скляну пластинку завтовшки $d=1$ мм так, що кут падіння $\alpha=30^\circ$. На скільки при цьому зміниться *оптична довжина шляху* L цього світлового пучка ? ($L=n \cdot l$).

- А) $\Delta L=550$ мкм. Б) $\Delta L=480$ мкм. В) $\Delta L=620$ мкм. Г) $\Delta L=590$ мкм. Д) $\Delta L=530$ мкм.

793. Відстань від щілин до екрану у досліді Юнга $L=1$ м. Визначте відстань d між щілинами, якщо на відрізку завдовжки $l=1$ см укладається $N=10$ темних інтерференційних смуг. Довжина хвилі світла $\lambda=600$ нм.

- А) $d=8 \cdot 10^{-3}$ м. Б) $d=2 \cdot 10^{-5}$ м. В) $d=4 \cdot 10^{-6}$ м. Г) $d=6 \cdot 10^{-4}$ м. Д) $d=5 \cdot 10^{-2}$ м.

Interference of light

787. In the superposition of coherent waves, oscillations *amplify* each other if their *phase difference* $\Delta\varphi$ is equal to:

- A) $(2n+1) \cdot \pi$, n – any B) $n \cdot \pi/2$, n – even C) $(2n+1) \cdot \pi/2$, n – any
D) $n \cdot \pi$, where n – uneven E) $2n \cdot \pi$, where n – any

788. In the superposition of coherent waves, oscillations *attenuate* each other, if their *phase difference* $\Delta\varphi$ is equal to:

- A) $\Delta\varphi = \pi \left(n + \frac{1}{2} \right)$, $n=0,1,2,\dots$ B) $\Delta\varphi = \pi(2n+1)$, $n=0,1,2,\dots$ C) $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \cdot (2n+1)$, $n=1,3,\dots$
D) $\Delta\varphi = 2\pi n$, where $n=0,1,2,\dots$ E) $\Delta\varphi = \pi n$, where $n=0,2,4,\dots$

789. For the interference *maximum* the *propagation difference* Δ of waves from two coherent light sources is:

- A) $\Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$ B) $\Delta = (k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ C) $\Delta = (2k+1) \cdot \pi$ D) $\Delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ E) $\Delta = 2 \cdot k \cdot \pi$

790. In the superposition of coherent waves, oscillations *attenuate* each other, if their *propagation difference* Δ between them is:

- A) $\Delta = \lambda \cdot (2n+1)$, $n=0,1,2,\dots$ B) $\Delta = 2\pi n$, $n=0,1,2,\dots$ C) $\Delta = \pi n$, $n=1,3,5,\dots$
D) $\Delta = \frac{\lambda}{2} \cdot (n+1)$, where $n=1,3,5,\dots$ E) $\Delta = \frac{\lambda}{2} \cdot (2n+1)$, where $n=0,1,2,\dots$

791. How many times will the distance Δ between the adjacent interference bands on the screen in the Young experiment, if a *green* filter ($\lambda_1=500$ nm) is replaced with a *red* one ($\lambda_2=650$ nm) ?

- A) 1.6 times B) 0.8 times C) 1.3 times D) 2.1 times E) 1.8 times

792. On the way of a light beam there was placed a glass plate as thick as $d=1$ mm in such a way, that the angle of incidence was $\alpha=30^\circ$. How many microns will an *optical path length* L of this light beam change ? ($L=n \cdot l$).

- A) $\Delta L=550$ mkm B) $\Delta L=480$ mkm C) $\Delta L=620$ mkm D) $\Delta L=590$ mkm E) $\Delta L=530$ mkm

793. A distance between apertures and a screen in the Young experiment is $L=1$ m. Determine the distance d between the apertures if there are $N=10$ dark interference bands on a segment of $l=1$ cm. A light wave length is $\lambda=600$ nm.

- A) $d=8 \cdot 10^{-3}$ m B) $d=2 \cdot 10^{-5}$ m C) $d=4 \cdot 10^{-6}$ m D) $d=6 \cdot 10^{-4}$ m E) $d=5 \cdot 10^{-2}$ m

794. На тонку плівку у напрямку нормалі до її поверхні падає монохроматичне світло із довжиною хвилі $\lambda=0,5$ мкм. *Відбите* від плівки світло *максимально посилене* внаслідок інтерференції. Визначити *мінімальну* товщину плівки d , якщо показник заломлення матеріалу плівки $n=1,4$.

- А) $d=6,1 \cdot 10^{-6}$ м. Б) $d=8,9 \cdot 10^{-8}$ м. В) $d=2,7 \cdot 10^{-5}$ м. Г) $d=7,8 \cdot 10^{-9}$ м. Д) $d=4,3 \cdot 10^{-7}$ м.

Дифракція світла

795. *Перший* дифракційний максимум на екрані отримали на відстані $l=11,6$ см від центрального. Визначити довжину хвилі λ світла, якщо відстань між ґраткою і екраном $L=2$ м, а її період $d=0,01$ мм. При малому куті дифракції φ вважати $\sin\varphi \approx \text{tg}\varphi = l/L$.

- А) $\lambda=580$ нм. Б) $\lambda=420$ нм. В) $\lambda=500$ нм. Г) $\lambda=750$ нм. Д) $\lambda=670$ нм.

796. Дифракційна ґратка має $N=80$ штрихів на $l=1$ мм. На ґратку падає світло із довжиною хвилі $\lambda=520$ нм. Визначте *синус* кута дифракції φ , під яким утворюється максимум *третього* порядку. (Період ґратки $d=l/N$).

- А) $\sin\varphi=0,18$. Б) $\sin\varphi=0,12$. В) $\sin\varphi=0,06$. Г) $\sin\varphi=0,24$. Д) $\sin\varphi=0,09$.

797. Визначити кут дифракції φ для спектру *другого* порядку світла із довжиною хвилі $\lambda=0,589$ мкм, якщо на $l=1$ мм дифракційної ґратки припадає $N=50$ штрихів.

- А) $\varphi=4,2^\circ$. Б) $\varphi=5,8^\circ$. В) $\varphi=1,6^\circ$. Г) $\varphi=2,7^\circ$. Д) $\varphi=3,4^\circ$.

798. Скільки штрихів N на $l=1$ мм довжини має дифракційна ґратка, якщо зелена лінія ртуті ($\lambda=546,1$ нм) в спектрі *першого* порядку спостерігається під кутом $\varphi=19,8^\circ$? (Період ґратки $d=l/N$).

- А) $N=840 \text{ мм}^{-1}$. Б) $N=260 \text{ мм}^{-1}$. В) $N=480 \text{ мм}^{-1}$. Г) $N=390 \text{ мм}^{-1}$. Д) $N=620 \text{ мм}^{-1}$.

799. Визначите кут відхилення променів зеленого світла ($\lambda=0,55$ мкм) в спектрі *першого* порядку, отриманий за допомогою дифракційної ґратки, період якої $d=0,02$ мм.

- А) $\varphi=3,12^\circ$. Б) $\varphi=0,96^\circ$. В) $\varphi=4,07^\circ$. Г) $\varphi=2,54^\circ$. Д) $\varphi=1,58^\circ$.

800. Дифракційна ґратка має $N=1000$ штрихів на $l=1$ мм. Лінію ультрафіолетового випромінювання у *третьому* порядку видно під кутом $\varphi=30^\circ$. Визначити довжину хвилі цього випромінювання λ .

- А) $\lambda=4,02 \cdot 10^{-7}$ м. Б) $\lambda=3,89 \cdot 10^{-7}$ м. В) $\lambda=0,74 \cdot 10^{-7}$ м. Г) $\lambda=1,67 \cdot 10^{-7}$ м. Д) $\lambda=2,36 \cdot 10^{-7}$ м.

794. Monochromatic light with a wave length $\lambda=0.5$ mkm falls on a thin film along the direction of the normal to its surface. The light *reflected* from the film *is maximally amplified* as a result of interference. Determine *the minimum* thickness of the film d , if the refractive index of the film material is $n=1.4$.

A) $d=6.1 \cdot 10^{-6}$ m B) $d=8.9 \cdot 10^{-8}$ m C) $d=2.7 \cdot 10^{-5}$ m D) $d=7.8 \cdot 10^{-9}$ m E) $d=4.3 \cdot 10^{-7}$ m

Light diffraction

795. The first diffraction maximum on a screen was obtained at a distance of $l=11.6$ cm from the central one. Determine the light wave length λ , if the distance between the lattice and the screen is $L=2$ m, and the its period is $d=0.01$ mm. (Think that $\sin \varphi \approx \tan \varphi = l/L$ at a small angle of diffraction φ).

A) $\lambda=580$ nm B) $\lambda=420$ nm C) $\lambda=500$ nm D) $\lambda=750$ nm E) $\lambda=670$ nm

796. A diffraction lattice has $N=80$ grooves on $l=1$ mm. A light with a wave length $\lambda=520$ nm falls on the lattice. Calculate *the sine* of the diffraction angle φ , under which *the third* order maximum is formed. (The lattice spacing is $d=l/N$).

A) $\sin \varphi=0.18$ B) $\sin \varphi=0.12$ C) $\sin \varphi=0.06$ D) $\sin \varphi=0.24$ E) $\sin \varphi=0.09$

797. Calculate the diffraction angle φ for *the second* order spectrum of light with a wave length $\lambda=0.589$ mkm, if on $l=1$ mm of the diffraction lattice there $N=50$ grooves.

A) $\varphi=4.2^0$ B) $\varphi=5.8^0$ C) $\varphi=1.6^0$ D) $\varphi=2.7^0$ E) $\varphi=3.4^0$

798. How many grooves N on $l=1$ mm does a diffraction lattice have, if a green line of mercury ($\lambda=546.1$ nm) in *the first* order spectrum is observed at an angle of $\varphi=19.8^0$? (The lattice spacing is $d=l/N$).

A) $N=840 \text{ mm}^{-1}$ B) $N=260 \text{ mm}^{-1}$ C) $N=480 \text{ mm}^{-1}$ D) $N=390 \text{ mm}^{-1}$ E) $N=620 \text{ mm}^{-1}$

799. Determine a deflection angle of green light rays ($\lambda=0.55$ mkm) *in the first* order spectrum, obtained with the help of the diffraction lattice, the spacing of which is $d=0.02$ mm.

A) $\varphi=3.12^0$ B) $\varphi=0.96^0$ C) $\varphi=4.07^0$ D) $\varphi=2.54^0$ E) $\varphi=1.58^0$

800. A diffraction lattice has $N=1000$ grooves on $l=1$ mm. The line of an ultraviolet radiation *in the third* order is seen at an angle of $\varphi=30^0$. Determine a wave length λ of this radiation.

A) $\lambda=4.02 \cdot 10^{-7}$ m B) $\lambda=3.89 \cdot 10^{-7}$ m C) $\lambda=0.74 \cdot 10^{-7}$ m D) $\lambda=1.67 \cdot 10^{-7}$ m E) $\lambda=2.36 \cdot 10^{-7}$ m

801. Визначити у *нанометрах* довжину хвилі λ_1 лінії в дифракційному спектрі *третього* порядку, яка *співпадає* із лінією спектру *четвертого* порядку, довжина хвилі якої $\lambda_2=500$ нм.

А) $\lambda_1=604$ нм. Б) $\lambda_1=667$ нм. В) $\lambda_1=726$ нм. Г) $\lambda_1=492$ нм. Д) $\lambda_1=548$ нм.

802. На дифракційну ґратку нормально падає світло із довжиною хвилі $\lambda=0,59$ мкм. Знайти період ґратки d , якщо кут 2φ між двома спектрами *першого* порядку дорівнює $13,6^\circ$.

А) $d=5 \cdot 10^{-6}$ м. Б) $d=7 \cdot 10^{-5}$ м. В) $d=2 \cdot 10^{-4}$ м. Г) $d=9 \cdot 10^{-6}$ м. Д) $3 \cdot 10^{-5}$ м.

803. На дифракційну ґратку, яка має $N=430$ штрихів на $l=1$ мм, нормально падає світло від натрієвої лампи із довжиною хвилі $\lambda=0,589$ мкм. Визначте *максимально спостережуваний* порядок спектру k_{\max} , який відповідає куту дифракції $\varphi_{\max}=90^\circ$.

А) $k_{\max}=7$. Б) $k_{\max}=5$. В) $k_{\max}=3$. Г) $k_{\max}=6$. Д) $k_{\max}=4$.

804. На дифракційну ґратку із періодом $d=3$ мкм падає нормально світло із довжиною хвилі $\lambda=600$ нм. Скільки *всього максимумів* N спостерігатиметься на цій ґратці, враховуючи *центральний*?

А) $N=9$. Б) $N=5$. В) $N=13$. Г) $N=7$. Д) $N=11$.

805. На дифракційну ґратку із періодом $d=2$ мкм нормально падає монохроматичне червоне світло із довжиною хвилі $\lambda=0,7$ мкм. Визначити *найбільший порядок* дифракційного максимуму k_{\max} , який дає ця ґратка.

А) $k_{\max}=4$. Б) $k_{\max}=2$. В) $k_{\max}=3$. Г) $k_{\max}=6$. Д) $k_{\max}=5$.

806. На дифракційну ґратку, що містить $N=60$ штрихів на l =мм, падає нормально *біле світло*. Спектр проектується лінзою на екран. Визначити ширину спектральної лінії *першого* порядку на екрані Δl , якщо відстань від лінзи до екрану $L=1$ м. Діапазон видимого світла лежить у межах від $\lambda_1=400$ нм до $\lambda_2=800$ нм. (При малому куті дифракції φ вважати $\sin\varphi \approx \tan\varphi = l/L$).

А) $\Delta l=24$ мм. Б) $\Delta l=12$ мм. В) $\Delta l=30$ мм. Г) $\Delta l=18$ мм. Д) $\Delta l=9$ мм.

807. На дифракційну ґратку падає нормально паралельний пучок *білого світла*. Спектри *третього* і *четвертого* порядку частково накладаються один на одного. На яку довжину хвилі λ_2 в спектрі *четвертого* порядку *накладається* межа ($\lambda_1=0,78$ мкм) спектру *третього* порядку?

А) $\lambda_2=0,36$ мкм. Б) $\lambda_2=0,68$ мкм. В) $\lambda_2=0,59$ мкм. Г) $\lambda_2=0,82$ мкм. Д) $\lambda_2=0,45$ мкм.

801. Determine *in nanometers* the length λ_1 of a wave of a line *in the third order* diffraction spectrum, which *coincides* with a line *of the forth order* spectrum, a wave length of which is $\lambda_2=500$ nm.

A) $\lambda_1=604$ nm B) $\lambda_1=667$ nm C) $\lambda_1=726$ nm D) $\lambda_1=492$ nm E) $\lambda_1=548$ nm

802. Light with a wave length $\lambda=0.59$ mkm normally falls onto a diffraction lattice. Determine the lattice spacing, d if angle 2φ between *two spectra of the first order* is 13.60° .

A) $d=5 \cdot 10^{-6}$ m B) $d=7 \cdot 10^{-5}$ m C) $d=2 \cdot 10^{-4}$ m D) $d=9 \cdot 10^{-6}$ m E) $3 \cdot 10^{-5}$ m

803. A sodium vapor lamp light with a wave length $\lambda=0.589$ mkm normally falls onto a diffraction lattice, which has $N=430$ grooves on $l=1$ mm. Determine *a maximally observed* order of the spectrum k_{max} , which corresponds to diffraction angle $\varphi_{max}=90^\circ$.

A) $k_{max}=7$ B) $k_{max}=5$ C) $k_{max}=3$ D) $k_{max}=6$ E) $k_{max}=4$

804. Light with a wave length $\lambda=600$ nm normally falls onto a diffraction lattice with the lattice spacing $d=3$ mkm. How *many maximums* N will be observed on this lattice, *the central one* being taken into account?

A) $N=9$ B) $N=5$ C) $N=13$ D) $N=7$ E) $N=11$

805. A monochromic red light with a wave length $\lambda=0.7$ mkm normally falls onto a diffraction lattice with the lattice spacing $d=2$ mkm. Determine *the largest order* of the diffraction maximum k_{max} produced by this lattice.

A) $k_{max}=4$ B) $k_{max}=2$ C) $k_{max}=3$ D) $k_{max}=6$ E) $k_{max}=5$

806. *White light* normally falls onto a diffraction lattice which has $N=60$ grooves on $l=1$ mm. The spectrum is projected by a lens onto a screen. Determine the width *of the first order* spectral line on the screen Δl if the distance between the lens and the screen is $L=1$ m. A visible light range is within $\lambda_1=400$ nm and $\lambda_2=800$ nm. (At a small angle of diffraction φ , consider that $\sin\varphi \approx \text{tg } \varphi = l/L$).

A) $\Delta l=24$ mm B) $\Delta l=12$ mm C) $\Delta l=30$ mm D) $\Delta l=18$ mm E) $\Delta l=9$ mm

807. A parallel beam of white light normally falls onto a diffraction lattice. The spectra of *the third and fourth order* partially superimpose on each other. What length of a wave λ_2 *in the forth order* spectrum is the boundary ($\lambda_1=0.78$ mkm) *of the third order* spectrum *superimposed* on?

A) $\lambda_2=0.36$ mkm B) $\lambda_2=0.68$ mkm C) $\lambda_2=0.59$ mkm D) $\lambda_2=0.82$ mkm E) $\lambda_2=0.45$ mkm

808. На пластину із щілиною, шириною $a=0,05$ мм, нормально падає монохроматичне світло із довжиною хвилі $\lambda=0,7$ мкм. Визначити кут φ відхилення світла, який відповідає *першому* дифракційному максимуму.

- А) $\varphi=3,2^\circ$. Б) $\varphi=2,4^\circ$. В) $\varphi=2,8^\circ$. Г) $\varphi=1,2^\circ$. Д) $\varphi=1,8^\circ$.

Дисперсія світла

809. Світло якого кольору з видимого діапазону має *найбільший* показник заломлення n при переході із повітря у воду?

- А) Жовте. Б) Фіолетове. В) Червоне. Г) Зелене. Д) Синє.

810. Світло якого кольору має *найменший* показник заломлення n при його переході із повітря у скло?

- А) Жовте. Б) Фіолетове. В) Синє. Г) Зелене. Д) Червоне.

811. Світло якого кольору із видимого діапазону *мінімально* відхиляється призмою спектроскопа?

- А) Фіолетове. Б) Зелене. В) Червоне. Г) Синє. Д) Жовте.

812. Світло якого кольору із видимого діапазону *максимально* відхиляється призмою спектроскопа?

- А) Зелене. Б) Червоне. В) Жовте. Г) Фіолетове. Д) Синє.

КВАНТОВА ОПТИКА

Фотони

813. Яке з перерахованих явищ доводить *квантову природу* світла?

- А) Інтерференція. Б) Дифракція. В) Поляризація.
Г) Фотоелектричний ефект. Д) Дисперсія.

814. Який із перелічених приладів заснований на *квантових властивостях* світла?

- А) Дифракційні ґрати. Б) Поляріоїд. В) Мікроскоп.
Г) Спектроскоп. Д) Фотоелемент.

815. Скільки фотонів N за $t=1$ с потрапляє у око людини, якщо око сприймає світло із довжиною хвилі $\lambda=0,5$ мкм потужністю випромінювання $P=1,98 \cdot 10^{-17}$ Вт ?

- А) $N=100$. Б) $N=50$. В) $N=500$. Г) $N=250$. Д) $N=750$.

816. Середня довжина хвилі випромінювання лампи розжарення із металевою спіраллю $\lambda=1,2 \cdot 10^{-6}$ м. Знайти кількість фотонів N , які випромінюються лампою потужністю $P=200$ Вт за $t=1$ с.

808. A monochromatic light with a wave length $\lambda=0.7$ mkm normally falls onto a plate with an aperture as wide as $a=0.05$ mm. Determine angle φ of the light deflection, which corresponds to the first diffraction maximum.

- A) $\varphi=3.2^\circ$ B) $\varphi=2.4^\circ$ C) $\varphi=2.8^\circ$ D) $\varphi=1.2^\circ$ E) $\varphi=1.8^\circ$

Dispersion of light

809. The light of what color of the visible band has *maximum* refractive index n when passing from the air into water?

- A) yellow B) violet C) red D) green E) dark-blue

810. The light of what color of the visible band has *the minimum* refractive index n when passing from the air into glass?

- A) yellow B) violet C) dark-blue D) green E) red

811. The light of what color of the visible band is *minimally* deflected by a spectroscopy prism?

- A) violet B) green C) red D) dark-blue E) yellow

812. The light of what color of the visible band is *maximally* deflected by a spectroscopy prism?

- A) green B) red C) yellow D) violet E) dark-blue

QUANTUM OPTICS

Photons

813. What of the below listed phenomenon proves *the quantum nature* of light?

- A) interference B) diffraction C) polarization
D) a photo-effect E) dispersion

814. What of the below listed apparatuses is based on *quantum properties* of light?

- A) diffraction lattice B) polaroid C) microscope
D) spectroscopy E) photo-element

815. How many photons N reach a human eye over $t=1$ sec if an eye perceives the light with a wave length $\lambda=0.5$ mkm with the help of light emission $P=1.98 \cdot 10^{-17}$ Wt?

- A) $N=100$ B) $N=50$ C) $N=500$ D) $N=250$ E) $N=750$

816. An average wave length of emission of a filament lamp with a metallic spiral is $\lambda=1.2 \cdot 10^{-6}$ m. Find out the number of photons N emitted by a lamp of power $P=200$ Wt over $t=1$ sec.

А) $N=1,2 \cdot 10^{21}$. Б) $N=8,6 \cdot 10^{19}$. В) $N=3,8 \cdot 10^{23}$. Г) $N=6,3 \cdot 10^{20}$. Д) $N=5,4 \cdot 10^{22}$.

817. Скільки фотонів N падає за $t=1$ с на поверхню площею $S=1$ см², якщо вона опромінюється потужністю $P=10$ Вт/м² гама-променями із довжиною хвилі $\lambda=10^{-14}$ м?

А) $N=3 \cdot 10^9$. Б) $N=8 \cdot 10^6$. В) $N=7 \cdot 10^5$. Г) $N=5 \cdot 10^7$. Д) $N=2 \cdot 10^8$.

818. Джерело світла потужністю $P=100$ Вт випромінює $N=5 \cdot 10^{20}$ фотонів за $t=1$ с. Знайдіть середню довжину хвилі випромінювання λ цього джерела світла.

А) $\lambda=9,9 \cdot 10^{-7}$ м. Б) $\lambda=4,2 \cdot 10^{-5}$ м. В) $\lambda=3,6 \cdot 10^{-8}$ м. Г) $\lambda=1,4 \cdot 10^{-7}$ м. Д) $\lambda=5,8 \cdot 10^{-6}$ м.

Енергія фотонів

819. Визначити у *електрон-вольтах* енергію фотонів E із довжиною хвилі $\lambda=750$ нм. (1 еВ= $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

А) $E=1,66$ еВ. Б) $E=3,92$ еВ. В) $E=6,12$ еВ. Г) $E=9,41$ еВ. Д) $E=5,24$ еВ.

820. Яка довжина хвилі жовтого світла λ у *нанометрах*, енергія фотонів якого $E=4 \cdot 10^{-19}$ Дж.

А) $\lambda=236$ нм. Б) $\lambda=716$ нм. В) $\lambda=884$ нм. Г) $\lambda=112$ нм. Д) $\lambda=497$ нм.

821. Визначте енергію E фотону ультрафіолетового випромінювання (у *електрон-вольтах*), якщо імпульс фотону $p=2 \cdot 10^{-27}$ кг(м/с). (1 еВ= $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

А) $E=1,84$ еВ. Б) $E=3,75$ еВ. В) $E=1,84$ еВ. Г) $E=4,38$ еВ. Д) $E=9,14$ еВ.

822. Як відносяться енергії фотонів *фіолетового* випромінювання E_ϕ із довжиною хвилі $\lambda_1=380$ нм і фотонів *червоного* випромінювання із довжиною хвилі $\lambda_2=760$ нм ?

А) $\frac{E_\phi}{E_q} = \frac{2}{1}$. Б) $\frac{E_\phi}{E_q} = \frac{1}{2}$. В) $\frac{E_\phi}{E_q} = \frac{\sqrt{2}}{1}$. Г) $\frac{E_\phi}{E_q} = \frac{1}{4}$. Д) $\frac{E_\phi}{E_q} = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

823. Із якою швидкістю V повинен рухатись електрон, щоб його кінетична енергія E_k дорівнювала енергії фотону із довжиною хвилі $\lambda=520$ нм ? ($m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

А) $V=372$ км/с. Б) $V=738$ км/с. В) $V=917$ км/с. Г) $V=564$ км/с. Д) $V=136$ км/с.

824. Визначте довжину хвилі випромінювання λ , кванти якого мають *таку ж саму* енергію, як і електрон, прискорений різницею потенціалів $U=4,1$ В. (Маса електрону $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, а його заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

A) $N=1.2 \cdot 10^{21}$ B) $N=8.6 \cdot 10^{19}$ C) $N=3.8 \cdot 10^{23}$ D) $N=6.3 \cdot 10^{20}$ E) $N=5.4 \cdot 10^{22}$

817. How many photons N fall onto a surface of $S=1 \text{ cm}^2$ in are for $t=1 \text{ sec}$, if it is radiated by power $P=10 \text{ Wt/m}^2$ of gamma-rays with a wave length $\lambda=10^{-14} \text{ m}$?

A) $N=3 \cdot 10^9$ B) $N=8 \cdot 10^6$ C) $N=7 \cdot 10^5$ D) $N=5 \cdot 10^7$ E) $N=2 \cdot 10^8$

818. A light source of power $P=100 \text{ Wt}$ emits $N=5 \cdot 10^{20}$ photons per $t=1 \text{ sec}$. Calculate an average length of a radiation wave λ of this light source.

A) $\lambda=9.9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ B) $\lambda=4.2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ C) $\lambda=3.6 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ D) $\lambda=1.4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ E) $\lambda=5.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Energy of photons

819. Determine *in electron-volts* the energy of photons E with a wave length $\lambda=750 \text{ nm}$ ($1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

A) $E=1.66 \text{ eV}$ B) $E=3.92 \text{ eV}$ C) $E=6.12 \text{ eV}$ D) $E=9.41 \text{ eV}$ E) $E=5.24 \text{ eV}$

820. What is the length of a yellow light wave λ *in nanometers*, if the energy of yellow light photons is $E=4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$?

A) $\lambda=236 \text{ nm}$ B) $\lambda=716 \text{ nm}$ C) $\lambda=884 \text{ nm}$ D) $\lambda=112 \text{ nm}$ E) $\lambda=497 \text{ nm}$

821. Find out the energy of a photon of ultraviolet radiation (*in electron-volts*), if a photon pulse is $p=2 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/sec}$. ($1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

A) $E=1.84 \text{ eV}$ B) $E=3.75 \text{ eV}$ C) $E=1.84 \text{ eV}$ D) $E=4.38 \text{ eV}$ E) $E=9.14 \text{ eV}$

822. What is the relationship of the energy of *violet* emission photons E_v with a wave length equal to $\lambda_1=380 \text{ nm}$ and *red* emission photons E_r with a wave length equal to $\lambda_2=760 \text{ nm}$?

A) $\frac{E_v}{E_r} = \frac{2}{1}$ B) $\frac{E_v}{E_r} = \frac{1}{2}$ C) $\frac{E_v}{E_r} = \frac{\sqrt{2}}{1}$ D) $\frac{E_v}{E_r} = \frac{1}{4}$ E) $\frac{E_v}{E_r} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

823. At what velocity V must an electron move for its kinetic energy E_k to be equal to the energy of a photon with a wave length $\lambda=520 \text{ nm}$? ($m_e=9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$).

A) $V=372 \text{ km/sec}$ B) $V=738 \text{ km/sec}$ C) $V=917 \text{ km/sec}$ D) $V=564 \text{ km/sec}$ E) $V=136 \text{ km/sec}$

824. Determine a length of an emission wave λ , quanta of which have *the same* energy, as the electron accelerated by a potential difference $U=4.1 \text{ V}$. (Electron mass is $m_e=9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, its charge is $e=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ coul}$).

А) $\lambda=238$ нм. Б) $\lambda=714$ нм. В) $\lambda=472$ нм. Г) $\lambda=545$ нм. Д) $\lambda=303$ нм.

825. Яку енергію E повинен мати фотон, щоб його маса m_ϕ дорівнювала масі спокою електрону $m_e=9,1(10^{-31}$ кг ?

А) $E=4,1 \cdot 10^{-12}$ Дж Б) $E=1,6 \cdot 10^{-15}$ Дж В) $E=8,2 \cdot 10^{-14}$ Дж Г) $E=7,5 \cdot 10^{-13}$ Дж Д) $E=2,3 \cdot 10^{-14}$ Дж

826. Для іонізації молекул повітря потрібна енергія $E=33$ еВ. Визначити довжину хвилі випромінювання λ у *нанометрах*, яке може її спричинити. $1 \text{ еВ}=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

А) $\lambda=102,6$ нм. Б) $\lambda=37,7$ нм. В) $\lambda=74,1$ нм. Г) $\lambda=21,8$ нм. Д) $\lambda=94,2$ нм.

Імпульс фотонів

827. Визначте імпульс p фотону електромагнітного випромінювання, енергія якого $E=9$ еВ. ($c=3 \cdot 10^8$ м/с, $1 \text{ еВ}=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

А) $p=3,2 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с. Б) $p=9,4 \cdot 10^{-26}$ кг·м/с. В) $p=4,8 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с.
Г) $p=6,3 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с. Д) $p=1,6 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с.

828. Визначити імпульс p фотону рентгенівського випромінювання із довжиною хвилі $\lambda=3 \cdot 10^{-10}$ м.

А) $p=4,8 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с. Б) $p=2,2 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с. В) $p=6,4 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с.
Г) $p=1,5 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с. Д) $p=9,7 \cdot 10^{-26}$ кг·м/с.

829. Імпульс фотону інфрачервоного випромінювання $p=3 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с. Визначити довжину хвилі λ цього випромінювання у *мікрометрах*.

А) $\lambda=4,42$ мкм. Б) $\lambda=0,72$ мкм. В) $\lambda=1,63$ мкм. Г) $\lambda=3,11$ мкм. Д) $\lambda=2,21$ мкм.

Маса фотонів

830. Як маса фотону m_ϕ залежить від довжини хвилі λ світлового випромінювання ?

А) Пропорційно λ . Б) Не залежить від λ . В) Пропорційно λ^2 .
Г) Обернено пропорційно λ . Д) Обернено пропорційно λ^2 .

831. По якому співвідношенню можна визначити масу фотону m ?

А) $m = h \cdot \frac{\lambda}{c}$. Б) $m = h \cdot \frac{c}{\lambda}$. В) $m = \frac{h \cdot v}{c}$. Г) $m = \frac{h}{\lambda}$. Д) $m = \frac{h}{\lambda \cdot c}$.

832. Визначити масу фотону m рентгенівського випромінювання, довжина хвилі якого $\lambda=2 \cdot 10^{-10}$ м.

A) $\lambda=238$ nm B) $\lambda=714$ nm C) $\lambda=472$ nm D) $\lambda=545$ nm E) $\lambda=303$ nm

825. What energy E must a photon have for its mass m_{ph} to be equal to an electron rest mass $m_e=9.1 \cdot 10^{-31}$ kg ?

A) $E=4.1 \cdot 10^{-12}$ J B) $E=1.6 \cdot 10^{-15}$ J C) $E=8.2 \cdot 10^{-14}$ J D) $E=7.5 \cdot 10^{-13}$ J E) $E=2.3 \cdot 10^{-14}$ J

826. For ionization of molecules the energy $E=33$ eV is needed. Determine in nanometers a wave length of emission λ , which can cause this. $1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19}$ J.

A) $\lambda=102.6$ nm B) $\lambda=37.7$ nm C) $\lambda=74.1$ nm D) $\lambda=21.8$ nm E) $\lambda=94.2$ nm

Photon pulse

827. Determine a pulse of a photon p of the electromagnetic emission the energy of which is $E=9$ eV. ($c=3 \cdot 10^8$ m/sec, $1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19}$ J).

A) $p=3.2 \cdot 10^{-28}$ kg·m/sec B) $p=9.4 \cdot 10^{-26}$ kg·m/sec C) $p=4.8 \cdot 10^{-27}$ kg·m/sec
D) $p=6.3 \cdot 10^{-25}$ kg·m/sec E) $p=1.6 \cdot 10^{-24}$ kg·m/sec

828. Determine a pulse of a photon p of the X-ray emission with a wave length $\lambda=3 \cdot 10^{-10}$ m.

A) $p=4.8 \cdot 10^{-22}$ kg·m/sec B) $p=2.2 \cdot 10^{-24}$ kg·m/sec C) $p=6.4 \cdot 10^{-25}$ kg·m/sec
D) $p=1.5 \cdot 10^{-23}$ kg·m/sec E) $p=9.7 \cdot 10^{-26}$ kg·m/sec

829. A photon pulse of the infrared emission is $p=3 \cdot 10^{-28}$ kg·m/sec. Determine a wave length λ of this emission in micrometers.

A) $\lambda=4.42$ mkm B) $\lambda=0.72$ mkm C) $\lambda=1.63$ mkm D) $\lambda=3.11$ mkm E) $\lambda=2.21$ mkm

Photon mass

830. How is a photon mass m_{ph} dependent on a wave length λ of light emission ?

A) It is proportional to λ . B) It does not depend on λ . C) It is proportional to λ^2 .
D) It is inversely proportional to λ . E) It is inversely proportional to λ^2 .

831. What relationship can a photon mass m_{ph} be calculated from ?

A) $m = h \cdot \frac{\lambda}{c}$ B) $m = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ C) $m = \frac{h \cdot v}{c}$ D) $m = \frac{h}{\lambda}$ E) $m = \frac{h}{\lambda \cdot c}$

832. Determine a photon mass m_{ph} of the X-ray emission which wave length is $\lambda=2 \times 10^{-10}$ m.

- А) $m=3,2 \cdot 10^{-31}$ кг. Б) $m=1,1 \cdot 10^{-32}$ кг. В) $m=5,4 \cdot 10^{-29}$ кг.
 Г) $m=7,6 \cdot 10^{-30}$ кг. Д) $m=9,3 \cdot 10^{-33}$ кг.

833. Визначити масу m фотону γ -випромінювання із довжиною хвилі $\lambda=1,24 \cdot 10^{-12}$ м.

- А) $m=1,8 \cdot 10^{-30}$ кг. Б) $m=2,4 \cdot 10^{-32}$ кг. В) $m=1,2 \cdot 10^{-28}$ кг. Г) $m=9,6 \cdot 10^{-31}$ кг. Д) $m=5,4 \cdot 10^{-29}$ кг.

Червона межа фотоефекту

834. Яким з параметрів визначається червона межа фотоефекту ?

- А) Площею катоду. Б) Конструкцією фотоелементу. В) Частотою світла.
 Г) Напругою між електродами. Д) Інтенсивністю світла.

835. Знайти мінімальну частоту світла ν_{min} , опромінення яким калію призводить до появи фотоелектронів. Робота виходу електрону для калію $A=2,2$ еВ. (1 еВ= $=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

- А) $\nu_{min}=1,8 \cdot 10^{14}$ Гц. Б) $\nu_{min}=4,5 \cdot 10^{15}$ Гц. В) $\nu_{min}=5,3 \cdot 10^{14}$ Гц.
 Г) $\nu_{min}=8,4 \cdot 10^{16}$ Гц. Д) $\nu_{min}=9,1 \cdot 10^{15}$ Гц.

836. Визначити найбільшу довжину хвилі світла λ_{max} , при якій може мати місце фотоефект для платини, якщо робота виходу електрону із неї $A=6,3$ еВ. (1 еВ= $=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

- А) $\lambda_{max}=246$ нм. Б) $\lambda_{max}=624$ нм. В) $\lambda_{max}=389$ нм. Г) $\lambda_{max}=518$ нм. Д) $\lambda_{max}=197$ нм.

837. Робота виходу електронів для деякої речовини $A=3,2$ еВ. Визначити мінімальну частоту світла ν_{min} , опромінення яким цієї речовини призводить до появи фотоелектронів.

- А) $\nu_{min}=1,8 \cdot 10^{14}$ Гц. Б) $\nu_{min}=4,5 \cdot 10^{15}$ Гц. В) $\nu_{min}=7,7 \cdot 10^{14}$ Гц.
 Г) $\nu_{min}=9,1 \cdot 10^{13}$ Гц. Д) $\nu_{min}=7,4 \cdot 10^{16}$ Гц.

Робота виходу електронів

838. Довгохвильова межа фотоефекту для калію $\lambda_{max}=620$ нм. Знайти роботу виходу A електронів із калію.

- А) $A=5,6 \cdot 10^{-18}$ Дж. Б) $A=7,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. В) $A=3,3 \cdot 10^{-20}$ Дж. Г) $A=3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Д) $A=9,4 \cdot 10^{-20}$ Дж.

839. Довгохвильова межа фотоефекту для деякої речовини $\lambda_{max}=462$ нм. Знайти роботу виходу A електронів із цієї речовини у електрон-вольтах. 1 еВ= $=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

- А) $A=2,69$ еВ. Б) $A=4,28$ еВ. В) $A=1,76$ еВ. Г) $A=3,54$ еВ. Д) $A=5,17$ еВ.

- A) $m=3.2 \cdot 10^{-31}$ kg B) $m=1.1 \cdot 10^{-32}$ kg C) $m=5.4 \cdot 10^{-29}$ kg
D) $m=7.6 \cdot 10^{-30}$ kg E) $m=9.3 \cdot 10^{-33}$ kg

833. Determine a photon mass m_{ph} of the γ -emission which wave length is $\lambda=1,24 \cdot 10^{-12}$ m.

- A) $m=1.8 \cdot 10^{-30}$ kg B) $m=2.4 \cdot 10^{-32}$ kg C) $m=1.2 \cdot 10^{-28}$ kg D) $m=9.6 \cdot 10^{-31}$ kg E) $m=5.4 \cdot 10^{-29}$ kg

A red limit of photo-effect

834. What of the below parameters is a *red limit* of photo-effect specified by?

- A) a cathode area B) a photo-element structures C) light frequency
D) voltage between electrodes E) light intensity

835. Find out the minimum light frequency ν_{min} , which causes the occurrence of photo-electrons during potassium emission. The work function of an electron for potassium is $A=2.2$ eV. (1 eV= $1,6 \cdot 10^{-19}$ J).

- A) $\nu_{min}=1.8 \cdot 10^{14}$ Hz B) $\nu_{min}=4.5 \cdot 10^{15}$ Hz C) $\nu_{min}=5.3 \cdot 10^{14}$ Hz
D) $\nu_{min}=8.4 \cdot 10^{16}$ Hz E) $\nu_{min}=9.1 \cdot 10^{15}$ Hz

836. Determine the **maximum** length of a light wave λ_{max} when a photo-effect for platinum can take place, if the work function of an electron out of it is $A=6.3$ eV. (1 eV= $1,6 \cdot 10^{-19}$ J).

- A) $\lambda_{max}=246$ nm B) $\lambda_{max}=624$ nm C) $\lambda_{max}=389$ nm D) $\lambda_{max}=518$ nm E) $\lambda_{max}=197$ nm

837. The work function of electrons for some substance is $A=3.2$ eV. Determine the **minimum** frequency of light ν_{min} which causes the occurrence of photo-electrons when emitting this substance.

- A) $\nu_{min}=1.8 \cdot 10^{14}$ Hz B) $\nu_{min}=4.5 \cdot 10^{15}$ Hz C) $\nu_{min}=7.7 \cdot 10^{14}$ Hz
D) $\nu_{min}=9.1 \cdot 10^{13}$ Hz E) $\nu_{min}=7.4 \cdot 10^{16}$ Hz

Work function of electrons

838. A threshold frequency of photo-effect for potassium is $\lambda_{max}=620$ nm. Find out the work function A of electrons out of potassium.

- A) $A=5.6 \cdot 10^{-18}$ J B) $A=7.6 \cdot 10^{-19}$ J C) $A=3.3 \cdot 10^{-20}$ J D) $A=3.2 \cdot 10^{-19}$ J E) $A=9.4 \cdot 10^{-20}$ J

839. A threshold frequency of photo-effect for some substance is $\lambda_{max}=462$ nm. Find out the work function A of electrons out of this substance in *electron-volts*. 1 eV= $1.6 \cdot 10^{-19}$ J.

- A) $A=2.69$ eV B) $A=4.28$ eV C) $A=1.76$ eV D) $A=3.54$ eV E) $A=5.17$ eV

840. Із якою швидкістю V мусить летіти електрон, щоб при ударі об вольфрамову пластинку вибити із неї новий електрон ? Робота виходу електрону із вольфраму $A=4,53$ еВ ? (1 еВ=1,6(10⁻¹⁹ Дж).

А) $V=789$ км/с. Б) $V=483$ км/с. В) $V=2186$ км/с. Г) $V=1262$ км/с. Д) $V=916$ км/с.

Енергія фотоелектронів

841. Максимальна кінетична енергія E_{max} електронів, вибитих із поверхні металу світлом, інтенсивністю I і частотою ν :

- А) Пропорційна I і не залежить від ν . Г) Не залежить ні від ν , ні від I .
Б) Пропорційна як ν , так і I . Д) Відповідь неоднозначна.
В) Пропорційна ν і не залежить від I .

842. Незаряджена ізольована металева пластина освітлена ультрафіолетовим світлом. Заряду якого знаку набуває ця пластина в результаті фотоелефекту ?

- А) Знак заряду залежить від частоти світла. Б) Позитивного. В) Негативного.
Г) Залишається нейтральною. Д) Заряд залежить від інтенсивності світла.

843. Як зміниться кінетична енергія електронів при фотоелефекті, якщо збільшити частоту світла, не змінюючи його інтенсивність ?

- А) Не зміниться. Б) Зменшиться. В) Зменшиться стрибком.
Г) Збільшиться. Г) Залежить від матеріалу фотокатода.

844. При освітленні катоду вакуумного фотоелемента монохроматичним світлом відбувається вибивання фотоелектронів. Як зміниться максимальна кінетична енергія фотоелектронів E_{max} при збільшенні частоти світла ν у 2 рази ?

- А) Не зміниться. Б) Зменшиться у 2 рази. В) Збільшиться у 2 рази.
Г) Зросте менше ніж у 2 рази. Д) Зросте більше ніж у 2 рази.

845. При освітленні катоду вакуумного фотоелемента монохроматичним світлом відбувається явище фотоелефекту. Як зміниться максимальна кінетична енергія фотоелектронів E_{max} при зменшенні довжини хвилі світла λ у 2 рази ?

- А) Збільшиться у 2 рази. Б) Не зміниться. В) Зменшиться у 2 рази.
Г) Зросте більше ніж у 2 рази. Д) Зросте менше ніж у 2 рази.

846. Довгохвильова межа фотоелефекту для вольфраму $\lambda_{max}=2,75 \cdot 10^{-7}$ м. Визначте у електрон-вольтах максимальну енергію фотоелектронів E_{max} , які вибиваються із вольфраму світлом із довжиною хвилі $\lambda=1,8 \cdot 10^{-7}$ м.

- А) $E_{max}=1,2$ еВ. Б) $E_{max}=3,6$ еВ. В) $E_{max}=2,4$ еВ. Г) $E_{max}=4,8$ еВ. Д) $E_{max}=7,2$ еВ.

840. At what velocity V must an electron fly to liberate a new electron out of a wolfram plate when striking it ? The work function of an electron out of wolfram is $A=4.53$ eV. ($1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

A) $V=789 \text{ km/sec}$ B) $V=483 \text{ km/sec}$ C) $V=2186 \text{ km/sec}$ D) $V=1262 \text{ km/sec}$ E) $V=916 \text{ km/sec}$

Photo-electron energy

841. The maximum kinetic energy E_{\max} of electrons, liberated from a metal surface by light of intensity I and frequency ν is:

- A) proportional to I and does not depend on ν . D) depends neither on ν nor on I .
- B) proportional to both ν and I . E) The answer is diverse.
- C) proportional to ν and does not depend on I .

842. An uncharged isolated metallic plate is illuminated with ultraviolet light. A charge of what sign does this plate gain as a result of photo-effect ?

- A) The sign of charge depends on light frequency B) Positive C) Negative
- D) It remains neutral E) The charge depends on light intensity

843. How will kinetic energy of electrons change under photo-effect, if light frequency *increases without changing its intensity* ?

- A) It will not change B) It will decrease C) It will decrease by a jump
- D) It will increase D) It depends on a photo-cathode material

844. When illuminating a cathode of a vacuum photo-element with monochromatic light photo-electron liberation takes place. How will *the maximum* kinetic energy of photo-electrons E_{\max} change if light frequency ν *increases* twice ?

- A) It will not change B) It will decrease 2 times C) It will increase 2 times
- D) It will increase less than 2 times E) It will increase more than 2 times

845. When illuminating a cathode of a vacuum photo-element with monochromatic light, the photo-effect phenomenon takes place. How will *the maximum* kinetic energy of photo-electrons E_{\max} change, if a light wave length λ *decreases* twice ?

- A) It will increase 2 times B) It will not change C) It will decrease 2 times
- D) It will increase more than 2 times E) It will increase less than 2 times

846. A threshold frequency of photo-effect for wolfram is $\lambda_{\max}=2.75 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Determine *in electron-volt* the maximum energy E_{\max} of photoelectrons, which are liberated out of wolfram by light with a wave length $\lambda=1.8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

- A) $E_{\max}=1.2 \text{ eV}$ B) $E_{\max}=3.6 \text{ eV}$ C) $E_{\max}=2.4 \text{ eV}$ D) $E_{\max}=4.8 \text{ eV}$ E) $E_{\max}=7.2 \text{ eV}$

847. Визначити довжину хвилі γ -випромінювання λ , яке падає на платинову пластинку, якщо максимальна швидкість вибитих фотоелектронів $V_{max}=3 \cdot 10^6$ м/с, а робота виходу електронів із платини $A=6,3$ еВ.

А) $\lambda=28$ нм. Б) $\lambda=94$ нм. В) $\lambda=39$ нм. Г) $\lambda=72$ нм. Д) $\lambda=126$ нм.

848. Для вибивання електрона з поверхні цезію треба виконати роботу $A=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Яка максимальна швидкість фотоелектронів V_{max} , якщо цезій освітлюють світлом із довжиною хвилі $\lambda=0,589$ мкм ?

А) $V_{max}=357$ км/с. Б) $V_{max}=914$ км/с. В) $V_{max}=566$ км/с.
Г) $V_{max}=217$ км/с. Д) $V_{max}=629$ км/с.

849. На метал падає рентгенівське випромінювання із довжиною хвилі $\lambda=1$ нм. *Нехтуючи* роботою виходу електронів, визначте *максимальну* швидкість вибитих фотоелектронів V_{max} .

А) $V_{max}=6,2 \cdot 10^4$ м/с. Б) $V_{max}=3,6 \cdot 10^6$ м/с. В) $V_{max}=5,7 \cdot 10^8$ м/с.
Г) $V_{max}=2,1 \cdot 10^7$ м/с. Д) $V_{max}=2,9 \cdot 10^5$ м/с.

Рівняння Ейнштейна

850. Робота виходу електронів із цинку $A=5,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Чи відбудеться явище фотоефекту, якщо на атоми цинку падатимуть світлові промені із довжиною хвилі $\lambda=4,5 \cdot 10^{-7}$ м ?

А) Так, при зменшенні інтенсивності. Г) Так, при зменшенні частоти.
Б) Так, при збільшенні довжини хвилі. Д) Не відбудеться.
В) Так, при збільшенні інтенсивності.

851. Робота виходу електрона із фотокатоду $A=2$ еВ. Чи спричинять явище фотоефекту два променя світла із довжинами хвиль $\lambda_1=700$ нм та $\lambda_2=600$ нм ? (1 еВ= $=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

А) Так, тільки перший. Б) Так, обидва промені. В) Так, тільки другий.
Г) Залежить від інтенсивності світла. Д) Не спричинить жоден.

852. Для монохроматичного променя світла із частотою $\nu=1,3 \cdot 10^{15}$ Гц виберіть матеріал для фотокатоду, якщо роботи виходу електрона *із цезію та платини* відповідно складають $A_1=1,9$ еВ і $A_2=5,3$ еВ. (1 еВ= $=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

А) Тільки цезій. Б) Підходять обидва. В) Потрібен інший матеріал.
Г) Тільки платина. Д) Залежить від інтенсивності світла.

853. Робота виходу електронів *із натрію* $A_1=3,7 \cdot 10^{-19}$ Дж, а *із титану* - $A_2=6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Чи відбудеться фотоефект, якщо ці речовини опромінюються світловими променями із довжиною хвилі $\lambda=5,4 \cdot 10^{-7}$ м?

847. Determine a wave length of γ -emission λ , falling onto a platinum plate, if the maximum velocity of liberated photoelectrons is $V_{max}=3 \cdot 10^6$ m/sec and the work function of electrons out of platinum is $A=6.3$ eV.

- A) $\lambda=28$ nm B) $\lambda=94$ nm C) $\lambda=39$ nm D) $\lambda=72$ nm E) $\lambda=126$ nm

848. For the induced emission of electrons from the surface of cesium it is necessary to perform the work $A=1.6 \cdot 10^{-19}$ J. What is the maximum velocity V_{max} of photoelectrons, if cesium is illuminated by light with a wave length $\lambda=0.589$ mkm ?

- A) $V_{max}=357$ km/sec B) $V_{max}=914$ km/sec C) $V_{max}=566$ km/sec
D) $V_{max}=217$ km/sec E) $V_{max}=629$ km/sec

849. The X-ray emission with a wave length $\lambda=1$ nm falls onto a metal. *Neglecting* the work function of electrons, determine *the maximum* velocity V_{max} of liberated photoelectrons.

- A) $V_{max}=6.2 \cdot 10^4$ m/sec B) $V_{max}=3.6 \cdot 10^6$ m/sec C) $V_{max}=5.7 \cdot 10^8$ m/sec
D) $V_{max}=2.1 \cdot 10^7$ m/sec E) $V_{max}=2.9 \cdot 10^5$ m/sec

The Einstein equation

850. The work of electron liberation out of zinc is $A=5,6 \cdot 10^{-19}$ J. Will the phenomenon of photo-effect take place if light beams with a wave length $\lambda=4.5 \cdot 10^{-7}$ m fall onto zinc atoms ?

- A) Yes, if intensity decreases D) Yes, if frequency decreases
B) Yes, if wave length increases E) No, it won't
C) Yes, if intensity increases

851. The work of electron liberation out of a photo-cathode is $A=2$ eV. Will the phenomenon of photo-effect be caused by two light beams with wave length $\lambda_1=700$ nm and $\lambda_2=600$ nm ? ($1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19}$ J).

- A) Yes, it will be, by the first beam only D) It depends on the light intensity
B) Yes, it will be, by the both beams E) No, it won't be
C) Yes, it will be, by the second beam only

852. Choose a material for a photo-cathode for a monochromatic beam of light with frequency $\nu=1.3 \cdot 10^{15}$ Hz, if the works of electron liberation out of *cesium* and *platinum* are $A_1=1.9$ eV and $A_2=5.3$ eV, respectively. ($1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19}$ J).

- A) Cesium only B) The both materials are suitable C) Another material is required
D) Platinum only E) It depends on light intensity

853. The work of electron liberation out of *sodium* is $A_1=3.7 \cdot 10^{-19}$ J, and out of *titanium* $A_2=6.4 \cdot 10^{-19}$ J. Will the photo-effect take place, if the both substances are emitted with light beams with a wave length $\lambda=5.4 \cdot 10^{-7}$ m?

- А) Так, у обох речовинах. Б) Тільки у натрії. В) Тільки в титані.
 Г) Ні, не відбудеться. Д) Залежить від інтенсивності світла.

854. Визначити довжину хвилі світла λ , яким освітлюється поверхня металу, якщо фотоелектрони мають максимальну кінетичну енергію $E_{max}=4,5 \cdot 10^{-19}$ Дж, а робота виходу електрона із металу $A=7,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.

- А) $\lambda=278$ нм. Б) $\lambda=729$ нм. В) $\lambda=166$ нм. Г) $\lambda=442$ нм. Д) $\lambda=634$ нм.

855. При освітленні поверхні металу світлом із довжиною хвилі $\lambda=0,589$ мкм максимальна кінетична енергія фотоелектронів $E_{max}=1,1$ еВ. Знайти довжину хвилі λ_{max} , відповідну довгохвильовій межі фотоэффекту для цього металу.

- А) $\lambda_{max}=1,23$ мкм. Б) $\lambda_{max}=3,86$ мкм. В) $\lambda_{max}=5,48$ мкм.
 Г) $\lambda_{max}=9,19$ мкм. Д) $\lambda_{max}=7,35$ мкм.

856. Яка довжина хвилі випромінювання λ , яке падає на платинову пластинку, якщо максимальна швидкість фотоелектронів $V_{max}=3 \cdot 10^6$ м/с, а робота виходу електронів із платини $A=5,3$ еВ ?

- А) $\lambda=120$ нм. Б) $\lambda=20$ нм. В) $\lambda=80$ нм. Г) $\lambda=10$ нм. Д) $\lambda=40$ нм.

Затримуючий потенціал

857. На фотоелемент з катодом із літію, падає світло із довжиною хвилі $\lambda=200$ нм. Знайти найменше значення затримуючої різниці потенціалів ΔU_3 , яку треба прикласти до фотоелементу, щоб *припинити* фотострум. Довгохвильова межа фотоэффекту для літію $\lambda_{max}=517$ нм.

- А) $\Delta U_3=4,5$ В. Б) $\Delta U_3=3,8$ В. В) $\Delta U_3=5,7$ В. Г) $\Delta U_3=1,9$ В. Д) $\Delta U_3=7,6$ В.

858. При падінні на фотоелемент світла із довжиною хвилі $\lambda=300$ нм, затримуюча напруга для фотоелектронів $U_3=3$ В. Визначте у *електрон-вольтах* роботу виходу A електронів із катоду. (Стала Планка $h=6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, 1 еВ= $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

- А) $A=1,14$ еВ. Б) $A=3,26$ еВ. В) $A=0,87$ еВ. Г) $A=2,38$ еВ. Д) $A=1,92$ еВ.

859. На скільки треба збільшити затримуючу напругу ΔU_3 , щоб повністю затримати фотоелектрони, які вибиваються із поверхні металу світлом, якщо частота світла збільшилась на $\Delta \nu=1,6 \cdot 10^{15}$ Гц ?

- А) $\Delta U_3=9,18$ В. Б) $\Delta U_3=4,34$ В. В) $\Delta U_3=6,63$ В. Г) $\Delta U_3=8,42$ В. Д) $\Delta U_3=5,26$ В.

860. Фотоелектрони, які вибиваються з поверхні металу світлом частотою $\nu_1=2,2 \times 10^{15}$ Гц, повністю затримуються зворотним потенціалом $U_1=6,6$ В, а вибивані світлом із частотою $\nu_2=4,6 \cdot 10^{15}$ Гц - потенціалом $U_2=16,5$ В. Визначте за цими даними сталу Планка h .

- A) Yes, in both substances B) In sodium only C) In titanium only
D) No, it won't E) It depends on light intensity

854. Determine a wave length λ of the light a metal surface is illuminated with, if photoelectrons have the maximum kinetic energy $E_{max}=4.5 \cdot 10^{-19}$ J and the work of electron liberation out of the metal is $A=7.5 \cdot 10^{-19}$ J.

- A) $\lambda=278$ nm B) $\lambda=729$ nm C) $\lambda=166$ nm D) $\lambda=442$ nm E) $\lambda=634$ nm

855. When illuminating a metal surface by the light with a wave length $\lambda=0.589$ mkm, the maximum kinetic energy is $E_{max}=1.1$ eV. Find out the wave length λ_{max} corresponding to a threshold frequency of the photo-effect for this metal.

- A) $\lambda_{max}=1.23$ mkm B) $\lambda_{max}=3.86$ mkm C) $\lambda_{max}=5.48$ mkm
D) $\lambda_{max}=9.19$ mkm E) $\lambda_{max}=7.35$ mkm

856. What is a wave length λ of the emission falling onto a platinum plate, if the maximum velocity of photoelectrons is $V_{max}=3 \cdot 10^6$ m/sec and the work of electron liberation out of platinum is $A=5.3$ eV ?

- A) $\lambda=120$ nm B) $\lambda=20$ nm C) $\lambda=80$ nm D) $\lambda=10$ nm E) $\lambda=40$ nm

A retarding potential

857. A photo-element with a cathode of lithium is illuminated by light with a wave length $\lambda=200$ nm. Find out the minimum value of the retarding potential ΔU_3 , which must be applied to the photo-element *to close* the photocurrent. A threshold frequency of the photo-effect for lithium is $\lambda_{max}=517$ nm.

- A) $\Delta U_3=4.5$ V B) $\Delta U_3=3.8$ V C) $\Delta U_3=5.7$ V D) $\Delta U_3=1.9$ V E) $\Delta U_3=7.6$ V

858. The light with a wave length $\lambda=300$ nm falling onto a photo-element, a retarding voltage for photoelectrons is $U_3=3$ V. Determine *in electron-volts* work A of electron liberation out of the cathode. (Plank's constant $h=6.63 \cdot 10^{-34}$ J-sec, $1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19}$ J).

- A) $A=1.14$ eV B) $A=3.26$ eV C) $A=0.87$ eV D) $A=2.38$ eV E) $A=1.92$ eV

859. *How many volts* must a retarding voltage ΔU_3 be increased to completely retard photo-electrons liberated from a metal surface by light, if the light frequency *increases* by $\Delta \nu=1.6 \cdot 10^{15}$ Hz ?

- A) $\Delta U_3=9.18$ V B) $\Delta U_3=4.34$ V C) $\Delta U_3=6.63$ V D) $\Delta U_3=8.42$ V E) $\Delta U_3=5.26$ V

860. Photoelectrons extracted from a metal surface by light with frequency $\nu_1=2,2 \times 10^{15}$ Hz are completely retarded by a reverse potential $U_1=6.6$ V, and extracted by light with frequency $\nu_2=4.6 \cdot 10^{15}$ Hz – by a potential $U_2=16.5$ V. On these data determine Plank's constant h .

- А) $h=6,58 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Б) $h=6,66 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. В) $h=6,64 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.
 Г) $h=6,60 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Д) $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ "АТОМНА ФІЗИКА"

Модель атома водню по Бору

861. Яке із наведених тверджень *несправедливе* ?

- А) У основному стані атом може знаходитися скільки завгодно довго.
 Б) Усі можливі енергетичні стани атома стаціонарні.
 В) Атом може поглинати енергію тільки певними порціями.
 Г) У збуджених станах атом випромінює енергію.
 Д) Час життя атома в збуджених станах дуже мало.

862. Яка природа сил, які відхиляють альфа-частинки від прямолінійної траєкторії у дослідах Резерфорда ?

- А) Ядерна. Б) Магнітна. В) Кулонівська. Г) Гравітаційна. Д) Механічна.

863. Чому дорівнює енергія фотону $h \cdot \nu$, який *випромінюється* при переході зі збудженого стану з енергією E_1 у основний стан з енергією E_0 ?

- А) $h \cdot \nu = (E_1 + E_0)$. Б) $h \cdot \nu = (E_1 - E_0)$. В) $h \cdot \nu = (E_1 / E_0)$. Г) $h \cdot \nu = (E_1 \cdot E_0)$ Д) $h \cdot \nu = (E_0 - E_1)$.

864. Використовуючи теорію будови воднеподібних атомів Бору, визначте радіус *першої орбіти* електрона у атомі водню r_1 .

- А) $r_1 = 2,8 \cdot 10^{-9}$ м. Б) $r_1 = 7,2 \cdot 10^{-12}$ м. В) $r_1 = 3,4 \cdot 10^{-10}$ м. Г) $r_1 = 5,3 \cdot 10^{-11}$ м. Д) $r_1 = 8,6 \cdot 10^{-8}$ м.

865. Використовуючи теорію будови воднеподібних атомів Бору, визначте швидкість руху електрона V_1 *по першій орбіті* у атомі водню.

- А) $V_1 = 8,1 \cdot 10^6$ м/с. Б) $V_1 = 6,8 \cdot 10^4$ м/с. В) $V_1 = 4,3 \cdot 10^3$ м/с.
 Г) $V_1 = 7,5 \cdot 10^5$ м/с. Д) $V_1 = 2,2 \cdot 10^6$ м/с.

866. Використовуючи теорію будови воднеподібних атомів Бору, визначте період руху електрона T_1 *по першій орбіті* у атомі водню.

- А) $T_1 = 7,2 \cdot 10^{-16}$ с. Б) $T_1 = 4,8 \cdot 10^{-14}$ с. В) $T_1 = 1,5 \cdot 10^{-16}$ с. Г) $T_1 = 3,6 \cdot 10^{-13}$ с. Д) $T_1 = 8,4 \cdot 10^{-15}$ с.

867. Використовуючи теорію будови воднеподібних атомів Бору, визначте частоту руху електрона ν_1 *по першій орбіті* у атомі водню.

- А) $\nu_1 = 5,1 \cdot 10^{16}$ Гц. Б) $\nu_1 = 1,2 \cdot 10^{15}$ Гц. В) $\nu_1 = 7,8 \cdot 10^{14}$ Гц.
 Г) $\nu_1 = 3,4 \cdot 10^{13}$ Гц. Д) $\nu_1 = 6,6 \cdot 10^{15}$ Гц.

- A) $h=6.58 \cdot 10^{-34}$ J·sec B) $h=6.66 \cdot 10^{-34}$ J·sec C) $h=6.64 \cdot 10^{-34}$ J·sec
D) $h=6.60 \cdot 10^{-34}$ J·sec E) $h=6.62 \cdot 10^{-34}$ J·sec

TEST PROBLEMS TO THE SECTION “*ATOMIC PHYSICS*”

The Bohr model of hydrogen atom

861. What of the below given statement is *true* ?

- A) In its fundamental state an atom can be as long as is wished
B) All possible energy states of an atom are stationary
C) Atom can absorb energy only in definite portions
D) In an excited state an atom emits energy
E) An atom lifetime in excited states is very short

862. What is the nature of forces, which deviate alpha-particles from a linear path in the experiments of Rutherford ?

- A) nuclear B) magnetic C) Coulomb D) force of gravity E) mechanical

863. What is the energy of a photon $h \cdot \nu$ which *emitted* in going from *an excited* state with energy E_1 to a *fundamental* state with energy E_0 ?

- A) $h \cdot \nu = (E_1 + E_0)$ B) $h \cdot \nu = (E_1 - E_0)$ C) $h \cdot \nu = (E_1 / E_0)$ D) $h \cdot \nu = (E_1 \cdot E_0)$ E) $h \cdot \nu = (E_0 - E_1)$

864. Applying the Bohr theory of hydrogen-like atom structure, determine the radius of *the first orbit* of an electron in a hydrogen atom r_1 .

- A) $r_1 = 2.8 \cdot 10^{-9}$ m B) $r_1 = 7.2 \cdot 10^{-12}$ m C) $r_1 = 3.4 \cdot 10^{-10}$ m D) $r_1 = 5.3 \cdot 10^{-11}$ m E) $r_1 = 8.6 \cdot 10^{-8}$ m

865. Applying the Bohr theory of hydrogen-like atom structure, determine the velocity of electron motion V_1 *in the first orbit* in a hydrogen atom.

- A) $V_1 = 8.1 \cdot 10^6$ m/sec B) $V_1 = 6.8 \cdot 10^4$ m/sec C) $V_1 = 4.3 \cdot 10^3$ m/sec
D) $V_1 = 7.5 \cdot 10^5$ m/sec E) $V_1 = 2.2 \cdot 10^6$ m/sec

866. Applying the Bohr theory of hydrogen-like atom structure, determine the period of electron motion T_1 *in the first orbit* in a hydrogen atom.

- A) $T_1 = 7.2 \cdot 10^{-16}$ sec B) $T_1 = 4.8 \cdot 10^{-14}$ sec C) $T_1 = 1.5 \cdot 10^{-16}$ sec D) $T_1 = 3.6 \cdot 10^{-13}$ sec E) $T_1 = 8.4 \cdot 10^{-15}$ sec

867. Applying the Bohr theory of hydrogen-like atom structure, determine the frequency of electron motion ν_1 *in the first orbit* in a hydrogen atom.

- A) $\nu_1 = 5.1 \cdot 10^{16}$ Hz B) $\nu_1 = 1.2 \cdot 10^{15}$ Hz C) $\nu_1 = 7.8 \cdot 10^{14}$ Hz
D) $\nu_1 = 3.4 \cdot 10^{13}$ Hz E) $\nu_1 = 6.6 \cdot 10^{15}$ Hz

868. Використовуючи теорію будови воднеподібних атомів Бору, визначте кутову швидкість руху електрона ω_1 по першій орбіті у атомі водню.

- А) $\omega_1=1,4 \cdot 10^{15}$ рад/с. Б) $\omega_1=2,1 \cdot 10^{14}$ рад/с. В) $\omega_1=4,2 \cdot 10^{16}$ рад/с.
Г) $\omega_1=8,6 \cdot 10^{14}$ рад/с. Д) $\omega_1=5,8 \cdot 10^{15}$ рад/с.

869. Використовуючи теорію будови воднеподібних атомів Бору, визначте прискорення руху електрона a_1 по першій орбіті у атомі водню.

- А) $a_1=5,8 \cdot 10^{19}$ м/с². Б) $a_1=1,6 \cdot 10^{22}$ м/с². В) $a_1=3,5 \cdot 10^{21}$ м/с².
Г) $a_1=6,7 \cdot 10^{20}$ м/с². Д) $a_1=9,1 \cdot 10^{22}$ м/с².

870. При переході електрона у атомі водню із одного рівня на інший, енергія атома зменшується на $\Delta E=1,89$ еВ. Визначити довжину хвилі λ кванту світла, який при цьому випромінюється атомом.

- А) $\lambda=658$ нм. Б) $\lambda=412$ нм. В) $\lambda=927$ нм. Г) $\lambda=264$ нм. Д) $\lambda=571$ нм.

871. Для іонізації атома кисню потрібна енергія $E=14$ еВ. Визначити частоту випромінювання ν , яке може спричинити таку іонізацію.

- А) $\nu=5,2 \cdot 10^{16}$ Гц. Б) $\nu=7,6 \cdot 10^{14}$ Гц. В) $\nu=3,4 \cdot 10^{15}$ Гц. Г) $\nu=2,1 \cdot 10^{14}$ Гц. Д) $\nu=9,8 \cdot 10^{15}$ Гц.

872. Для іонізації молекул повітря потрібна енергія $E=33$ еВ. Визначити довжину хвилі випромінювання λ у нанометрах, яке може спричинити таку іонізацію.

- А) $\lambda=314,5$ нм. Б) $\lambda=37,7$ нм. В) $\lambda=231,8$ нм. Г) $\lambda=16,9$ нм. Д) $\lambda=94,2$ нм.

873. При переході електрона у атомі водню з одного рівня на інший, випромінюється квант світла із частотою $\nu=4,57 \cdot 10^{14}$ Гц. Визначте, на скільки змінюється енергія атома ΔE в результаті цього випромінювання.

- А) $\Delta E=4,62$ еВ. Б) $\Delta E=6,35$ еВ. В) $\Delta E=3,78$ еВ. Г) $\Delta E=1,89$ еВ. Д) $\Delta E=0,94$ еВ.

874. При бомбардуванні електронами з енергією $E=4,9$ еВ атоми ртуті переходять у збуджений стан. Визначте довжину хвилі світла λ , яке випромінюється атомами ртуті при переходах із першого збудженого стану у основний. (1 еВ= $1,610^{-19}$ Дж).

- А) $\lambda=196$ нм. Б) $\lambda=347$ нм. В) $\lambda=582$ нм. Г) $\lambda=418$ нм. Д) $\lambda=254$ нм.

875. При переході електрона у атомі водню з одного рівня на інший, енергія атома зменшується на $\Delta E=2,36$ еВ. Визначити частоту ν кванту світла, який при цьому випромінюється.

- А) $\nu=5,7 \cdot 10^{14}$ Гц. Б) $\nu=1,6 \cdot 10^{15}$ Гц. В) $\nu=7,8 \cdot 10^{13}$ Гц.
Г) $\nu=9,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Д) $\nu=6,4 \cdot 10^{15}$ Гц.

868. Applying the Bohr theory of hydrogen-like atom structure, determine the angular velocity of electron motion ω_1 in the first orbit in a hydrogen atom.

- A) $\omega_1 = 1.4 \cdot 10^{15}$ rad/sec B) $\omega_1 = 2.1 \cdot 10^{14}$ rad/sec C) $\omega_1 = 4.2 \cdot 10^{16}$ rad/sec
D) $\omega_1 = 8.6 \cdot 10^{14}$ rad/sec E) $\omega_1 = 5.8 \cdot 10^{15}$ rad/sec

869. Applying the Bohr theory of hydrogen-like atom structure, determine the acceleration of electron motion a_1 in the first orbit in a hydrogen atom.

- A) $a_1 = 5.8 \cdot 10^{19}$ m/sec² B) $a_1 = 1.6 \cdot 10^{22}$ m/sec² C) $a_1 = 3.5 \cdot 10^{21}$ m/sec²
D) $a_1 = 6.7 \cdot 10^{20}$ m/sec² E) $a_1 = 9.1 \cdot 10^{22}$ m/sec²

870. When an electron in a hydrogen atom goes from one level to another, the atom energy decreases by $\Delta E = 1.89$ eV. Determine a wave length λ of a light quantum emitted by the atom thereat.

- A) $\lambda = 658$ nm B) $\lambda = 412$ nm C) $\lambda = 927$ nm D) $\lambda = 264$ nm E) $\lambda = 571$ nm

871. To ionize an oxygen atom the energy $E = 14$ eV is needed. Determine the emission frequency ν , which can give rise to such ionization.

- A) $\nu = 5.2 \cdot 10^{16}$ Hz B) $\nu = 7.6 \cdot 10^{14}$ Hz C) $\nu = 3.4 \cdot 10^{15}$ Hz D) $\nu = 2.1 \cdot 10^{14}$ Hz E) $\nu = 9.8 \cdot 10^{15}$ Hz

872. To ionize air molecules the energy $E = 33$ eV is needed. Determine in nanometers a wave length λ of ionization, which can give rise to such ionization.

- A) $\lambda = 314.5$ nm B) $\lambda = 37.7$ nm C) $\lambda = 231.8$ nm D) $\lambda = 16.9$ nm E) $\lambda = 94.2$ nm

873. When an electron in a hydrogen atom goes from one level to another, there is emitted a light quantum with frequency $\nu = 4.57 \cdot 10^{14}$ Hz. Find out how much the atom energy ΔE changed as a result of such emission ?

- A) $\Delta E = 4.62$ eV B) $\Delta E = 6.35$ eV C) $\Delta E = 3.78$ eV D) $\Delta E = 1.89$ eV E) $\Delta E = 0.94$ eV

874. In the electron bombardment with energy $E = 4.9$ eV the mercury atoms goes into an excited state. Calculate a light wave length λ , which is emitted by the mercury atoms in going from the first excited state into the fundamental state. ($1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

- A) $\lambda = 196$ nm B) $\lambda = 347$ nm C) $\lambda = 582$ nm D) $\lambda = 418$ nm E) $\lambda = 254$ nm

875. When an electron in a hydrogen atom goes from one level to another, the atom energy decreases by $\Delta E = 2.36$ eV. Determine the frequency ν of a light quantum, emitted thereat.

- A) $\nu = 5.7 \cdot 10^{14}$ Hz B) $\nu = 1.6 \cdot 10^{15}$ Hz C) $\nu = 7.8 \cdot 10^{13}$ Hz
D) $\nu = 9.5 \cdot 10^{14}$ Hz E) $\nu = 6.4 \cdot 10^{15}$ Hz

876. При переході електрона з одного енергетичного рівня на інший, атом водню випромінює квант світла із довжиною хвилі $\lambda=540$ нм. Визначити, на скільки при цьому змінюється його енергія ΔE ? (Стала Планка $h=6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

А) $\Delta E=4,2$ еВ. Б) $\Delta E=1,8$ еВ. В) $\Delta E=5,6$ еВ. Г) $\Delta E=2,3$ еВ. Д) $\Delta E=3,5$ еВ.

877. Атом водню випромінює квант світла із довжиною хвилі $\lambda=480$ нм. Визначити, на скільки при цьому зменшується енергія атома ΔE ?

А) $\Delta E=3,4$ еВ. Б) $\Delta E=2,6$ еВ. В) $\Delta E=4,2$ еВ. Г) $\Delta E=5,7$ еВ. Д) $\Delta E=1,9$ еВ.

878. Визначити енергію фотона E_ϕ , який випромінюється при переході електрона у атомі водню із *четвертого* енергетичного рівня на *другий*.

А) $E_\phi=7,78$ еВ. Б) $E_\phi=13,6$ еВ. В) $E_\phi=2,56$ еВ. Г) $E_\phi=12,1$ еВ. Д) $E_\phi=4,32$ еВ.

879. Визначити енергію фотона E_ϕ , який випромінюється при переході електрона у атомі водню із *четвертого* енергетичного рівня на *перший*.

А) $E_\phi=4,4$ еВ. Б) $E_\phi=13,6$ еВ. В) $E_\phi=1,51$ еВ. Г) $E_\phi=12,8$ еВ. Д) $E_\phi=8,24$ еВ.

880. Збуджений атом водню при переході у *основний* стан випромінює *попередовно* два фотони із довжинами хвиль $\lambda_1=4056$ нм та $\lambda_2=97,3$ нм. Визначте головне квантове число n *початкового* енергетичного стану.

А) $n=5$. Б) $n=3$. В) $n=6$. Г) $n=4$. Д) $n=7$.

Спектральні закономірності водню

881. Яка спектральна лінія у спектрі атома водню описується формулою:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{9} \right) ?$$

А) Перша серії Лаймана. Г) Четверта серії Бальмера.
Б) Друга серії Бальмера. Д) Друга серії Лаймана.
В) Третя серії Пашена.

882. Яка спектральна лінія у спектрі атома водню описується формулою:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) ?$$

А) Перша серії Лаймана. Г) Четверта серії Бальмера.
Б) Друга серії Бальмера. Д) Друга серії Лаймана.
В) Третя серії Пашена.

883. Яка спектральна лінія у спектрі атома водню описується формулою:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) ?$$

876. When an electron goes from one energy level to another, the hydrogen atom emits a light quantum with a wave length $\lambda=540$ nm. Determine, how much its energy ΔE changes thereat ? (Planck's constant is $h=6.63 \cdot 10^{-34}$ J·sec).

- A) $\Delta E=4.2$ eV B) $\Delta E=1.8$ eV C) $\Delta E=5.6$ eV D) $\Delta E=2.3$ eV E) $\Delta E=3.5$ eV

877. The hydrogen atom emits a light quantum with a wave length $\lambda=480$ nm. Determine, how much the atom energy ΔE decreases thereat ?

- A) $\Delta E=3.4$ eV B) $\Delta E=2.6$ eV C) $\Delta E=4.2$ eV D) $\Delta E=5.7$ eV E) $\Delta E=1.9$ eV

878. Determine a photon energy E_{ph} , emitted when an electron in the hydrogen atom goes from the *fourth* energy level to the *second* one.

- A) $E_{ph}=7.78$ eV B) $E_{ph}=13.6$ eV C) $E_{ph}=2.56$ eV D) $E_{ph}=12.1$ eV E) $E_{ph}=4.32$ eV

879. Determine a photon energy E_{ph} , emitted when an electron in the hydrogen atom goes from the *fourth* energy level to the *first* one.

- A) $E_{ph}=4.4$ eV B) $E_{ph}=13.6$ eV C) $E_{ph}=1.51$ eV D) $E_{ph}=12.8$ eV E) $E_{ph}=8.24$ eV

880. In going into the *fundamental* state an excited hydrogen atom *successively* emitted two photons with wave lengths $\lambda_1=4056$ nm and $\lambda_2=97.3$ nm. Determine the main quantum number n of the *initial* energy state.

- A) $n=5$ B) $n=3$ C) $n=6$ D) $n=4$ E) $n=7$

Spectral behavior of hydrogen

881. What spectral line in the spectrum of hydrogen atom is described by the formula:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{9} \right) ?$$

- A) The first line of the Lyman series D) The fourth line of the Balmer series
B) The second line of the Balmer series E) The second line of the Lyman series
C) The third line of the Paschen series

882. What spectral line in the spectrum of hydrogen atom is described by the formula:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) ?$$

- A) The first line of the Lyman series D) The fourth line of the Balmer series
B) The second line of the Balmer series E) The second line of the Lyman series
C) The third line of the Paschen series

883. What spectral line in the spectrum of hydrogen atom is described by the formula:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) ?$$

- А) Перша серії Пашена. Г) Четверта серії Бальмера.
Б) Друга серії Лаймана. Д) Друга серії Лаймана.
В) Третя серії Пашена

884. Яка спектральна лінія у спектрі атома водню описується формулою:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right)?$$

- А) Перша серії Пашена. Г) Четверта серії Бальмера.
Б) Друга серії Лаймана. Д) Друга серії Брекета.
В) Третя серії Пашена.

885. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *лінії поглинання в серії Лаймана* спектру водню ?

- А) 2 та 4. Б) 3 та 1. В) 3 та 5. Г) 1 та 5. Д) 6 та 2.

886. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *другій лінії випромінювання в серії Лаймана* спектру водню ?

- А) 4 та 1. Б) 5 та 2. В) 3 та 1. Г) 4 та 3. Д) 1 та 2.

887. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *лінії поглинання в серії Бальмера* спектру водню ?

- А) 3 та 2. Б) 2 та 4. В) 1 та 3. Г) 5 та 2. Д) 4 та 1.

888. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *лінії випромінювання в серії Бальмера* спектру водню ?

- А) 2 та 4. Б) 3 та 1. В) 3 та 5. Г) 1 та 5. Д) 6 та 2.

889. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *лінії поглинання в серії Пашена* спектру водню ?

- А) 2 та 4. Б) 3 та 1. В) 3 та 5. Г) 1 та 5. Д) 6 та 3.

890. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *лінії випромінювання в серії Пашена* спектру водню ?

- А) 6 та 3. Б) 3 та 1. В) 3 та 5. Г) 5 та 1. Д) 4 та 2.

- A) The first line of the Paschen series D) The fourth line of the Balmer series
 B) The second line of the Lyman series E) The second line of the Lyman series
 C) The third line of the Paschen series

884. What spectral line in the spectrum of hydrogen atom is described by the formula:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right) ?$$

- A) The first line of the Paschen series D) The fourth line of the Balmer series
 B) The second line of the Lyman series E) The second line of the Brackett series
 C) The third line of the Paschen series

885. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *absorption line in the Lyman series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 2 and 4 B) 3 and 1 C) 3 and 5 D) 1 and 5 E) 6 and 2

886. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *second emission line in the Lyman series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 4 and 1 B) 5 and 2 C) 3 and 1 D) 4 and 3 E) 1 and 2

887. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *absorption line in the Balmer series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 3 and 2 B) 2 and 4 C) 1 and 3 D) 5 and 2 E) 4 and 1

888. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *emission line in the Balmer series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 2 and 4 B) 3 and 1 C) 3 and 5 D) 1 and 5 E) 6 and 2

889. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *absorption line in the Paschen series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 2 and 4 B) 3 and 1 C) 3 and 5 D) 1 and 5 E) 6 and 3

890. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *emission line in the Paschen series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 6 and 3 B) 3 and 1 C) 3 and 5 D) 5 and 1 E) 4 and 2

891. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *лінії поглинання в серії Брекета* спектру водню ?

А) 4 та 2. Б) 6 та 4. В) 5 та 3. Г) 4 та 5. Д) 3 та 1.

892. Перехід між якими енергетичними рівнями із відповідними значеннями головного квантового числа n відповідає *лінії випромінювання в серії Брекета* спектру водню ?

А) 2 та 4. Б) 6 та 4. В) 3 та 5. Г) 4 та 5. Д) 4 та 2.

893. Визначити *мінімальну* довжину хвилі λ_{\min} , яка відповідає *межі серії Бальмера* у спектрі атома водню. (Стала Рідберга $R=1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$).

А) $\lambda_{\min}=464 \text{ нм}$. Б) $\lambda_{\min}=687 \text{ нм}$. В) $\lambda_{\min}=365 \text{ нм}$. Г) $\lambda_{\min}=584 \text{ нм}$. Д) $\lambda_{\min}=712 \text{ нм}$.

894. Визначте *найбільшу* довжину хвилі λ_{\max} *серії Бальмера* у видимій частині спектру атомарного водню. (Стала Рідберга $R=1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$).

А) $\lambda_{\max}=692 \text{ нм}$. Б) $\lambda_{\max}=429 \text{ нм}$. В) $\lambda_{\max}=538 \text{ нм}$. Г) $\lambda_{\max}=723 \text{ нм}$. Д) $\lambda_{\max}=656 \text{ нм}$.

895. Визначити *мінімальну* довжину хвилі λ_{\min} , яка відповідає *межі серії Пашена* у інфрачервоній частині спектру атома водню. (Стала Рідберга $R=1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$).

А) $\lambda_{\min}=890 \text{ нм}$. Б) $\lambda_{\min}=1040 \text{ нм}$. В) $\lambda_{\min}=960 \text{ нм}$. Г) $\lambda_{\min}=820 \text{ нм}$. Д) $\lambda_{\min}=780 \text{ нм}$.

896. Визначте *найбільшу* довжину хвилі λ_{\max} *серії Пашена* у інфрачервоній частині спектру атомарного водню. (Стала Рідберга $R=1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$).

А) $\lambda_{\max}=4,32 \text{ мкм}$. Б) $\lambda_{\max}=1,88 \text{ мкм}$. В) $\lambda_{\max}=3,67 \text{ мкм}$.
Г) $\lambda_{\max}=0,96 \text{ мкм}$. Д) $\lambda_{\max}=2,54 \text{ мкм}$.

897. Визначити *мінімальну* довжину хвилі λ_{\min} , яка відповідає *межі серії Брекета* у інфрачервоній частині спектру атома водню. (Стала Рідберга $R=1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$).

А) $\lambda_{\min}=1,93 \text{ мкм}$. Б) $\lambda_{\min}=0,98 \text{ мкм}$. В) $\lambda_{\min}=1,24 \text{ мкм}$.
Г) $\lambda_{\min}=2,82 \text{ мкм}$. Д) $\lambda_{\min}=1,46 \text{ мкм}$.

898. Визначте *найбільшу* довжину хвилі λ_{\max} *серії Брекета* у інфрачервоній частині спектру атомарного водню. (Стала Рідберга $R=1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$).

А) $\lambda_{\max}=6,14 \text{ мкм}$. Б) $\lambda_{\max}=2,86 \text{ мкм}$. В) $\lambda_{\max}=1,32 \text{ нм}$.
Г) $\lambda_{\max}=4,05 \text{ нм}$. Д) $\lambda_{\max}=8,67 \text{ нм}$.

891. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *absorption line in the Brackett series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 4 and 2 B) 6 and 4 C) 5 and 3 D) 4 and 5 E) 3 and 1

892. A transition between what energy levels with the appropriate values of the main quantum number n corresponds to the *emission line in the Brackett series* of the hydrogen spectrum ?

- A) 2 and 4 B) 6 and 4 C) 3 and 5 D) 4 and 5 E) 4 and 2

893. Find the *minimum* wave length λ_{\min} , which corresponds to the *boundary of the Balmer series* in the hydrogen atom spectrum. (The Rydberg constant is $R=1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$).

- A) $\lambda_{\min}=464 \text{ nm}$ B) $\lambda_{\min}=687 \text{ nm}$ C) $\lambda_{\min}=365 \text{ nm}$ D) $\lambda_{\min}=584 \text{ nm}$ E) $\lambda_{\min}=712 \text{ nm}$

894. Determine the *maximum* wave length λ_{\min} of the *Balmer series* in the visible part of the atomic hydrogen spectrum. (The Rydberg constant is $R=1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$).

- A) $\lambda_{\max}=692 \text{ nm}$ B) $\lambda_{\max}=429 \text{ nm}$ C) $\lambda_{\max}=538 \text{ nm}$ D) $\lambda_{\max}=723 \text{ nm}$ E) $\lambda_{\max}=656 \text{ nm}$

895. Determine the *minimum* wave length λ_{\min} , which corresponds to the *boundary of the Paschen series* in the infrared part of the hydrogen atom spectrum. $R=1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

- A) $\lambda_{\min}=890 \text{ nm}$ B) $\lambda_{\min}=1040 \text{ nm}$ C) $\lambda_{\min}=960 \text{ nm}$ D) $\lambda_{\min}=820 \text{ nm}$ E) $\lambda_{\min}=780 \text{ nm}$

896. Determine the *maximum* wave length λ_{\max} of the *Paschen series* in the infrared part of the atomic hydrogen spectrum. (The Rydberg constant is $R=1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$).

- A) $\lambda_{\max}=4.32 \text{ mkm}$ B) $\lambda_{\max}=1.88 \text{ mkm}$ C) $\lambda_{\max}=3.67 \text{ mkm}$
D) $\lambda_{\max}=0.96 \text{ mkm}$ E) $\lambda_{\max}=2.54 \text{ mkm}$

897. Determine the *minimum* wave length λ_{\min} , which corresponds to the *boundary of the Brackett series* in the infrared part of the hydrogen atom spectrum. (The Rydberg constant is $R=1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$).

- A) $\lambda_{\min}=1.93 \text{ mkm}$ B) $\lambda_{\min}=0.98 \text{ mkm}$ C) $\lambda_{\min}=1.24 \text{ mkm}$
D) $\lambda_{\min}=2.82 \text{ mkm}$ E) $\lambda_{\min}=1.46 \text{ mkm}$

898. Determine the *maximum* wave length λ_{\max} of the *Brackett series* in the infrared part of the atomic hydrogen spectrum. (The Rydberg constant is $R=1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$).

- A) $\lambda_{\max}=6.14 \text{ mkm}$ B) $\lambda_{\max}=2.86 \text{ mkm}$ C) $\lambda_{\max}=1.32 \text{ nm}$
D) $\lambda_{\max}=4.05 \text{ nm}$ E) $\lambda_{\max}=8.67 \text{ nm}$

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ "ЯДЕРНА ФІЗИКА"

Будова ядра

899. Визначити кількість *електронів* N у атомі ізотопу кисню $^{17}_8\text{O}$.
- А) $N=17$. Б) $N=8$. В) $N=23$. Г) $N=9$. Д) $N=13$.
900. Визначити кількість *протонів* Z у ядрі атома ізотопу неону $^{21}_{10}\text{Ne}$.
- А) $Z=17$. Б) $Z=11$. В) $Z=21$. Г) $Z=10$. Д) $Z=31$.
901. Визначити кількість *нейтронів* N у ядрі атома ізотопу неону $^{22}_{10}\text{Ne}$.
- А) $N=16$. Б) $N=10$. В) $N=22$. Г) $N=32$. Д) $N=12$.
902. Знайти кількість *електронів* N у атомі ізотопу магнію $^{26}_{12}\text{Mg}$.
- А) $N=12$. Б) $N=38$. В) $N=26$. Г) $N=22$. Д) $N=14$.
903. Визначити кількість *протонів* Z у ядрі атома ізотопу полонію $^{216}_{84}\text{Po}$.
- А) $Z=48$. Б) $Z=216$. В) $Z=84$. Г) $Z=108$. Д) $Z=132$.
904. Скільки *нейтронів* N міститься у ядрі атома урану $^{235}_{92}\text{U}$?
- А) $N=92$. Б) $N=235$. В) $N=143$. Г) $N=184$. Д) $N=178$.
905. Чим відрізняється склад ядер ізотопів неону $^{20}_{10}\text{Ne}$ та $^{21}_{10}\text{Ne}$?
- А) Кількістю нейтронів. Б) Зарядовим числом. В) Кількістю протонів.
Г) Кількістю електронів. Д) Немає вірної відповіді.
906. Визначити кількість *нуклонів* N у ядрі ізотопу вуглецю $^{14}_6\text{C}$.
- А) $N=14$. Б) $N=12$. В) $N=6$. Г) $N=20$. Д) $N=8$.
907. Атомом якого ізотопу є *третій* ?
- А) Літію. Б) Водню. В) Гелію. Г) Бору. Д) Берилію.
908. Визначити кількість *електронів*, *протонів* і *нейтронів* у атомі ізотопу кисню $^{17}_8\text{O}$.

TEST PROBLEMS TO THE SECTION "NUCLEAR PHYSICS"

The nuclear structure

899. Find out the number of *electrons* in the oxygen isotope $^{17}_8\text{O}$ atom.
- A) $N=17$ B) $N=8$ C) $N=23$ D) $N=9$ E) $N=13$
900. Find out the number of *protons* Z in the nucleus of the neon isotope $^{21}_{10}\text{Ne}$ atom.
- A) $Z=17$ B) $Z=11$ C) $Z=21$ D) $Z=10$ E) $Z=31$
901. Find out the number of *neutrons* N in the nucleus of the neon isotope $^{22}_{10}\text{Ne}$ atom.
- A) $N=16$ B) $N=10$ C) $N=22$ D) $N=32$ E) $N=12$
902. Find out the number of *electrons* N in the magnesium isotope $^{26}_{12}\text{Mg}$ nucleus.
- A) $N=12$ B) $N=38$ C) $N=26$ D) $N=22$ E) $N=14$
903. Find out the number of *protons* Z in the nucleus of the isotope $^{216}_{84}\text{Po}$ atom.
- A) $Z=48$ B) $Z=216$ C) $Z=84$ D) $Z=108$ E) $Z=132$
904. How many *neutrons* N are there in the nucleus of the atom $^{235}_{92}\text{U}$?
- A) $N=92$ B) $N=235$ C) $N=143$ D) $N=184$ E) $N=178$
905. How do the nuclear compositions of the neon isotopes $^{20}_{10}\text{Ne}$ and $^{21}_{10}\text{Ne}$ differ ?
- A) in the number of neutrons B) in the charge number C) in the number of protons
D) in the number of electrons E) There is no correct answer
906. Find out the number of *nucleons* N in the nucleus of the carbon isotope $^{14}_6\text{C}$.
- A) $N=14$ B) $N=12$ C) $N=6$ D) $N=20$ E) $N=8$
907. The atom of what isotope is *tritium* ?
- A) lithium B) hydrogen C) helium D) boron E) beryllium
908. Find out the number of *electrons*, *protons*, and *neutrons* in the nucleus of the oxygen isotope $^{17}_8\text{O}$.

А) 8, 17 та 9. Б) 9, 8 та 9. В) 8, 8 та 9. Г) 17, 8 та 9. Д) 8, 8 та 17.

909. Скільки електронів N міститься у електронній оболонці нейтрального атома, у атомному ядрі якого міститься 16 протонів і 15 нейтронів ?

А) $N=15$. Б) $N=16$. В) $N=31$. Г) $N=1$. Д) $N=24$.

910. Скільки протонів Z міститься у атомному ядрі нейтрального атома, якщо у ньому 19 нейтронів, а в його електронній оболонці 22 електрони ?

А) $Z=19$. Б) $Z=3$. В) $Z=22$. Г) $Z=26$. Д) $Z=41$.

911. Знайти кількість електронів N у об'ємі $V=0,5$ л молекулярного кисню O_2 при температурі $t=100^0\text{C}$ і тиску $p=60$ кПа ? Молярна маса кисню $M=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

А) $N=2,32 \cdot 10^{21}$. Б) $N=1,87 \cdot 10^{22}$. В) $N=9,36 \cdot 10^{21}$. Г) $N=8,64 \cdot 10^{20}$. Д) $N=1,18 \cdot 10^{21}$.

Явище радіоактивного розпаду

912. Що таке α (альфа)-випромінювання ?

А) Потік електронів. Б) Потік нейтронів. В) Потік протонів.
Г) Потік ядер атомів гелію. Д) Потік ядер атомів водню.

913. Що таке γ (гамма)-випромінювання ?

А) Потік електронів. Б) Потік нейтронів. В) Потік фотонів.
Г) Потік протонів. Д) Потік ядер атомів гелію.

914. Що таке β (бета)-випромінювання ?

А) Потік електронів. Б) Потік нейтронів. В) Потік протонів.
Г) Потік фотонів. Д) Потік ядер атомів гелію.

915. Який вигляд має закон радіоактивного розпаду ?

А) $N_0 = N \cdot e^{-\lambda t}$. Б) $N = N_0 \cdot e^{\lambda t}$. В) $N = N_0 \cdot (1 - e^{\lambda t})$. Г) $N = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t})$. Д) $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

916. Яким співвідношенням період піврозпаду ізотопу $T_{1/2}$ пов'язаний зі сталою його радіоактивного розпаду λ ?

А) $T_{1/2} = \lambda \cdot \ln 2$. Б) $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$. В) $T_{1/2} = \frac{\sqrt{2}}{\lambda}$. Г) $T_{1/2} = \frac{\lambda}{\ln 2}$. Д) $T_{1/2} = \frac{2}{\lambda}$.

917. Яка частина початкової кількості атомів радіоактивного ізотопу *розпадеться*

A) 8, 17 and 9 B) 9, 8 and 9 C) 8, 8 and 9 D) 17, 8 and 9 E) 8, 8 and 17

909. How many *electrons* N are there in the electron envelope of the neutral atom, in the atomic nucleus of which there are 16 protons and 15 neutrons?

A) $N=15$ B) $N=16$ C) $N=31$ D) $N=1$ E) $N=24$

910. How many *protons* Z are there in the atomic nucleus of a neutral atom, if it contains 19 neutrons and in its electron envelope there are 22 electrons?

A) $Z=19$ B) $Z=3$ C) $Z=22$ D) $Z=26$ E) $Z=41$

911. Find out the number of *electrons* N in the volume $V=0.5$ l of molecular oxygen O_2 at $t=100^\circ\text{C}$ and pressure $p=60$ kPa? Oxygen molar mass is $M=32\cdot 10^{-3}$ kg/mole.

A) $N=2.32\cdot 10^{21}$ B) $N=1.87\cdot 10^{22}$ C) $N=9.36\cdot 10^{21}$ D) $N=8.64\cdot 10^{20}$ E) $N=1.18\cdot 10^{21}$

The phenomenon of radioactive decay

912. What is α (alpha)-radiation?

A) an electron flow B) a neutron flow C) a proton flow
D) a flow of nuclei of helium atoms E) a flow of nuclei of hydrogen atoms

913. What is γ (gamma)- radiation?

A) an electron flow B) a neutron flow C) a photon flow
D) a proton flow E) a flow of nuclei of helium atoms

914. What is β (beta)-radiation?

A) an electron flow B) a neutron flow C) a proton flow
D) a photon flow E) a flow of nuclei of helium atoms

915. What is the form of the radioactive decay law?

A) $N_0 = N \cdot e^{-\lambda t}$ B) $N = N_0 \cdot e^{\lambda t}$ C) $N = N_0 \cdot (1 - e^{\lambda t})$ D) $N = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t})$ E) $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

916. What is the relationship between the half-decay period of an isotope $T_{1/2}$ and its radioactive decay constant λ ?

A) $T_{1/2} = \lambda \cdot \ln 2$ B) $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ C) $T_{1/2} = \frac{\sqrt{2}}{\lambda}$ D) $T_{1/2} = \frac{\lambda}{\ln 2}$ E) $T_{1/2} = \frac{2}{\lambda}$

917. What part of the initial number of atoms of a radioactive isotope **decays** for the pe-

за проміжок часу t , рівний половині його періоду напіврозпаду ізотопу $T_{1/2}$?

- А) 29 %. Б) 54 %. В) 18 %. Г) 46 %. Д) 71 %.

918. У скільки разів зменшиться кількість атомів одного із ізотопів радону за $t=1,91$ діб, якщо період піврозпаду цього ізотопу $T_{1/2}=3,82$ доби.

- А) У 5,64 рази. Б) У 1,41 рази. В) У 2,82 рази. Г) У 3,73 рази. Д) У 8,16 рази.

919. Скільки відсотків радіоактивних ядер кобальту ^{59}Co залишиться через місяць, якщо період його піврозпаду $T_{1/2}=71$ доба ?

- А) 45 %. Б) 65 %. В) 85 %. Г) 35 %. Д) 75 %.

920. У скільки разів зменшиться кількість атомів радіоактивного кальцію за $t=96$ діб, якщо період його піврозпаду $T_{1/2}=164$ доби ?

- А) У 2,25 рази. Б) У 2,0 рази. В) У 1,75 рази. Г) У 1,5 рази. Д) У 1,25 рази.

921. Яка частина ΔN із початкової кількості атомів N_0 розпадеться за $t=10$ діб у радіоактивному ізотопі йоду $^{131}_{53}\text{I}$? Період піврозпаду ізотопу $T_{1/2}=8$ діб.

- А) $\Delta N/N_0=42\%$. Б) $\Delta N/N_0=66\%$. В) $\Delta N/N_0=58\%$. Г) $\Delta N/N_0=84\%$. Д) $\Delta N/N_0=73\%$.

922. Скільки атомів ΔN радіоактивного полонію розпадеться із $N_0=10^6$ атомів за $t=1$ доба, якщо період його піврозпаду $T_{1/2}=138$ діб ?

- А) $\Delta N=5010$. Б) $\Delta N=3816$. В) $\Delta N=7234$. Г) $\Delta N=4672$. Д) $\Delta N=6725$.

923. Деякий радіоактивний ізотоп має сталу розпаду $\lambda=3,46 \cdot 10^{-2}$ діб $^{-1}$. Через який проміжок часу t розпадеться 75% від початкової його маси ?

- А) $t=64$ доби. Б) $t=16$ діб. В) $t=40$ діб. Г) $t=52$ доби. Д) $t=28$ діб.

924. Радіоактивний ізотоп ^{24}Na має період піврозпаду $T_{1/2}=14,8$ години. Визначити кількість атомів ΔN , які розпадутися у $m=1$ міліграмі цього ізотопу за $t=10$ годин. ($N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$, $A=24 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

- А) $\Delta N=6,2 \cdot 10^{21}$. Б) $\Delta N=2,5 \cdot 10^{19}$. В) $\Delta N=3,8 \cdot 10^{20}$. Г) $\Delta N=9,3 \cdot 10^{18}$. Д) $\Delta N=1,6 \cdot 10^{19}$.

925. Радіоактивний ізотоп ^{131}I має період піврозпаду $T_{1/2}=8$ діб. Визначте кількість атомів N , яка залишиться у $m=40$ г цього ізотопу через $t=80$ діб. ($N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$).

- А) $N=6,5 \cdot 10^{18}$. Б) $N=3,9 \cdot 10^{21}$. В) $N=1,8 \cdot 10^{20}$. Г) $N=7,6 \cdot 10^{19}$. Д) $N=5,7 \cdot 10^{17}$.

riod t equal to the **half**-decay period of the isotope $T_{1/2}$?

- A) 29 % B) 54 % C) 18 % D) 46 % E) 71 %

918. How many times will the number of atoms of one of the radon isotopes decrease for $t=1.91$ days, if the half-decay period of this isotope is $T_{1/2}=3.82$ days ?

- A) 5.64 times B) 1.41 times C) 2.82 times D) 3.73 times E) 8.16 times

919. How many percent of the cobalt ^{59}Co radioactive nuclei *will remain* in a month, if its half-decay period is $T_{1/2}=71$ days ?

- A) 45 % B) 65 % C) 85 % D) 35 % E) 75 %

920. How many times will the number of atoms of the radioactive calcium decrease for $t=96$ days, if its half-decay period is $T_{1/2}=164$ days ?

- A) 2.25 times B) 2.0 times C) 1.75 times D) 1.5 times E) 1.25 times

921. What part ΔN of the initial number of atoms N_0 *decays* in the radioactive isotope of iodine $^{131}_{53}\text{I}$ in $t=10$ days ? The half-decay period of the isotope is $T_{1/2}=8$ days.

- A) $\Delta N/N_0=42\%$ B) $\Delta N/N_0=66\%$ C) $\Delta N/N_0=58\%$ D) $\Delta N/N_0=84\%$ E) $\Delta N/N_0=73\%$

922. How many atoms ΔN of the radioactive polonium *decay* from $N_0=10^6$ atoms for $t=1$ day, if its half-decay period is $T_{1/2}=138$ days ?

- A) $\Delta N=5010$ B) $\Delta N=3816$ C) $\Delta N=7234$ D) $\Delta N=4672$ E) $\Delta N=6725$

923. Some radioactive isotope has the decay constant $\lambda=3.46\cdot 10^{-2}$ days. In what period of time t will 75% of its initial mass *decay* ?

- A) $t=64$ days B) $t=16$ days C) $t=40$ days D) $t=52$ days E) $t=28$ days

924. A radioactive isotope ^{24}Na has its half-decay period $T_{1/2}=14.8$ hours. Find out the number of atoms ΔN , which *will decay* in $m=1$ mg of this isotope in $t=10$ hours. ($N_A=6.02\cdot 10^{23}$ mole $^{-1}$, $A=24\cdot 10^{-3}$ kg/mole).

- A) $\Delta N=6.2\cdot 10^{21}$ B) $\Delta N=2.5\cdot 10^{19}$ C) $\Delta N=3.8\cdot 10^{20}$ D) $\Delta N=9.3\cdot 10^{18}$ E) $\Delta N=1.6\cdot 10^{19}$

925. A radioactive isotope ^{131}I has its half-decay period $T_{1/2}=8$ days. Find out the number of atoms ΔN , which *will remain* in $m=40$ g of this isotope in $t=80$ days. ($N_A=6.02\cdot 10^{23}$ mole $^{-1}$).

- A) $N=6.5\cdot 10^{18}$ B) $N=3.9\cdot 10^{21}$ C) $N=1.8\cdot 10^{20}$ D) $N=7.6\cdot 10^{19}$ E) $N=5.7\cdot 10^{17}$

926. Радіоактивний ізотоп ^{131}I має період піврозпаду $T_{1/2}=8$ діб. Визначте кількість атомів ΔN , яка *розпадеться* у $t=0,5$ мкг цього ізотопу за проміжок $t=1$ хвилина.

А) $\Delta N=7,9 \cdot 10^{10}$. Б) $\Delta N=1,4 \cdot 10^{11}$. В) $\Delta N=5,8 \cdot 10^{12}$. Г) $\Delta N=6,3 \cdot 10^{14}$. Д) $\Delta N=3,2 \cdot 10^{13}$.

927. Радіоактивний ізотоп ^{131}I має період піврозпаду $T_{1/2}=8$ діб. Визначте кількість атомів ΔN , яка *розпадеться* у $t=0,5$ мкг цього ізотопу за проміжок $t=7$ діб.

А) $\Delta N=4,6 \cdot 10^{16}$. Б) $\Delta N=7,4 \cdot 10^{18}$. В) $\Delta N=9,2 \cdot 10^{17}$. Г) $\Delta N=3,8 \cdot 10^{14}$. Д) $\Delta N=1,0 \cdot 10^{15}$.

928. Визначити кількість розпадів N у $m=1$ г ізотопу радію ^{226}Ra за проміжок $t=1$ с, період піврозпаду якого $T_{1/2}=1600$ років ($\approx 5,05 \cdot 10^{10}$ с).

А) $N=4,8 \cdot 10^8$. Б) $N=3,7 \cdot 10^{10}$. В) $N=1,6 \cdot 10^7$. Г) $N=8,1 \cdot 10^9$. Д) $N=5,4 \cdot 10^{11}$.

929. Визначте сталу розпаду радону λ , якщо відомо, що за проміжок $t=1$ доба кількість атомів радону зменшується на 18,2%.

А) $\lambda=1,2 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. Б) $\lambda=8,7 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$. В) $\lambda=6,4 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Г) $\lambda=9,4 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. Д) $\lambda=2,3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$.

930. За проміжок часу $t_1=8$ годин початкова кількість радіоактивного ізотопу зменшилась у 3 рази. У скільки разів вона зменшиться за проміжок $t_2=1$ доба, рахуючи від початкового моменту часу?

А) В 6 разів. Б) В 12 разів. В) В 27 разів. Г) В 9 разів. Д) В 18 разів.

931. Скільки відсотків радіоактивних ядер кобальту ^{60}Co залишаться через проміжок $t=1$ місяць N/N_0 , якщо період його піврозпаду $T_{1/2}$ складає 71 добу?

А) $N/N_0=66\%$. Б) $N/N_0=25\%$. В) $N/N_0=75\%$. Г) $N/N_0=82\%$. Д) $N/N_0=34\%$.

Дефект маси і енергія зв'язку ядра

932. Яка з приведених формул правильно визначає дефект маси ядра Δm ?

А) $\Delta m = Zm_p + Am_n - m_n$ Б) $\Delta m = (A - Z)m_p + Zm_n - m_n$ В) $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_n$
Г) $\Delta m = Am_p + (A - Z)m_n - m_r$ Д) $\Delta m = (A - Z)m_p + Am_n - m_n$

933. Яка із наведених формул правильно визначає енергію зв'язку ядра $E_{зв}$?

А) $E_{зв} = h \cdot \nu$. Б) $E_{зв} = A + \frac{m \cdot V_{max}^2}{2}$. В) $E_{зв} = \frac{h}{\lambda}$.
Г) $E_{зв} = [A \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{я}] \cdot c^2$. Д) $E_{зв} = m_0 \cdot c^2$.

934. Визначте дефект маси ядра Δm атома дейтерію ^2H , маса якого 2,01355 а.о.м.

926. A radioactive isotope ^{131}I has its half-decay period $T_{1/2}=8$ days. Find out the number of atoms ΔN , which *will decay* in $m=0.5$ mkg of this isotope in $t=1$ min.

A) $\Delta N=7.9 \cdot 10^{10}$ B) $\Delta N=1.4 \cdot 10^{11}$ C) $\Delta N=5.8 \cdot 10^{12}$ D) $\Delta N=6.3 \cdot 10^{14}$ E) $\Delta N=3.2 \cdot 10^{13}$

927. A radioactive isotope ^{131}I has its half-decay period $T_{1/2}=8$ days. Find out the number of atoms ΔN which *will decay* in $m=0.5$ mkg of this isotope in $t=7$ days.

A) $\Delta N=4.6 \cdot 10^{16}$ B) $\Delta N=7.4 \cdot 10^{18}$ C) $\Delta N=9.2 \cdot 10^{17}$ D) $\Delta N=3.8 \cdot 10^{14}$ E) $\Delta N=1.0 \cdot 10^{15}$

928. Determine the number of decays N in $m=1$ g of the helium isotope ^{226}Ra in $t=1$ sec, its half-decay period is $T_{1/2}=1600$ years ($\approx 5.05 \cdot 10^{10}$ sec).

A) $N=4.8 \cdot 10^8$ B) $N=3.7 \cdot 10^{10}$ C) $N=1.6 \cdot 10^7$ D) $N=8.1 \cdot 10^9$ E) $N=5.4 \cdot 10^{11}$

929. Determine the decay constant of radon λ , if it is known, that in $t=1$ days the number of radon atoms decreases by 18.2%.

A) $\lambda=1.2 \cdot 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$ B) $\lambda=8.7 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$ C) $\lambda=6.4 \cdot 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$
D) $\lambda=9.4 \cdot 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$ E) $\lambda=2.3 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$

930. In $t_1=8$ hours the initial quantity of a radioactive isotope decreased 3 times. How many times will it decrease in $t_2=1$ day *since the initial moment* of time ?

A) 6 times B) 12 times C) 27 times D) 9 times E) 18 times

931. How many percent of the radioactive nuclei of cobalt ^{60}Co *will remain* in $t=1$ month N/N_0 , if its half-decay period $T_{1/2}$ is 71 days ?

A) $N/N_0=66\%$ B) $N/N_0=25\%$ C) $N/N_0=75\%$ D) $N/N_0=82\%$ E) $N/N_0=34\%$

Mass defect and nucleus binding energy

932. What of the below formulas specifies the mass defect of a nucleus Δm ?

A) $\Delta m = Zm_p + Am_n - m_n$ B) $\Delta m = (A - Z)m_p + Zm_n - m_n$ C) $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_n$
D) $\Delta m = Am_p + (A - Z)m_n - m_\tau$ E) $\Delta m = (A - Z)m_p + Am_n - m_n$

933. What of the below formulas correctly specifies the nucleus binding energy E_b ?

A) $E_b = h \cdot \nu$ B) $E_b = A + \frac{m \cdot V_{max}^2}{2}$ C) $E_b = \frac{h}{\lambda}$
D) $E_b = [A \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_n] \cdot c^2$ E) $E_b = m_0 \cdot c^2$

934. Determine the mass defect of the nucleus Δm of the deuterium atom ^2_1H , the mass of which is 2.01355 a.m.u. (atomic mass unit). Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u.

Маса вільного протона $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрона $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) 0,00478 а.о.м. Б) 0,00239 а.о.м. В) 0,00824 а.о.м. Г) 0,00617 а.о.м. Д) 0,00956 а.о.м.

935. Визначте дефект маси ядра Δm атома гелію ${}^4_2\text{He}$, маса якого складає 4,00151 а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) 0,03037 а.о.м. Б) 0,09214 а.о.м. В) 0,02923 а.о.м.
Г) 0,07381 а.о.м. Д) 0,05795 а.о.м.

936. Визначити дефект маси ядра Δm атома урану ${}^{238}_{92}\text{U}$, маса якого становить 238,00032 а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) 1,2391 а.о.м. Б) 0,8942 а.о.м. В) 1,0396 а.о.м. Г) 1,9338 а.о.м. Д) 2,1477 а.о.м.

937. Визначити енергію зв'язку ядра E_{36} атома літію ${}^7_3\text{Li}$, маса якого складає 7,01823 а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) $E_{36}=17,8$ МеВ. Б) $E_{36}=35,6$ МеВ. В) $E_{36}=42,4$ МеВ. Г) $E_{36}=21,7$ МеВ. Д) $E_{36}=12,2$ МеВ.

938. Визначити енергію зв'язку ядра E_{36} атома неону ${}^{20}_{10}\text{Ne}$, маса якого становить 19,9933 а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) $E_{36}=92$ МеВ. Б) $E_{36}=184$ МеВ. В) $E_{36}=155$ МеВ. Г) $E_{36}=121$ МеВ. Д) $E_{36}=78$ МеВ.

939. Визначити енергію зв'язку ядра E_{36} атома алюмінію ${}^{27}_{13}\text{Al}$, маса якого складає $m_{\text{Al}}=26,99010$ а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) $E_{36}=90$ МеВ. Б) $E_{36}=150$ МеВ. В) $E_{36}=120$ МеВ. Г) $E_{36}=210$ МеВ. Д) $E_{36}=180$ МеВ.

940. Визначити питому енергію зв'язку ядра E_{36}/A атома гелію ${}^4_2\text{He}$, маса якого $m=4,00151$ а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) $E_{36}/A=5,3$ МеВ/нукл. Б) $E_{36}/A=6,4$ МеВ/нукл. В) $E_{36}/A=7,1$ МеВ/нукл.
Г) $E_{36}/A=8,7$ МеВ/нукл. Д) $E_{36}/A=7,6$ МеВ/нукл.

941. Визначте питому енергію зв'язку ядра E_{36}/A атома урану ${}^{238}_{92}\text{U}$, маса якого $m=238,00032$ а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

A)0.00478a.m.u. B)0.00239a.m.u. C)0.00824a.m.u. D)0.00617a.m.u. E)0.00956a.m.u.

935. Determine the mass defect of the nucleus Δm of the helium atom ${}_2^4\text{He}$ the mass of which is 4.00151 a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

A)0.03037 a.m.u. B)0.09214 a.m.u. C)0.02923a.m.u.D)0.07381a.m.u. E)0.05795a.m.u.

936. Determine the mass defect of the nucleus Δm of the uranium atom ${}_{92}^{238}\text{U}$, the mass of which is 238.00032 a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

A)1.2391a.m.u. B)0.8942 a.m.u. C)1.0396 a.m.u. D)1.9338 a.m.u. E)2.1477 a.m.u.

937. Determine the nucleus binding energy E_b of the lithium atom ${}_3^7\text{Li}$, the mass of which is 7.01823 a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

A) $E_b=17.8$ MeV B) $E_b=35.6$ MeV C) $E_b=42.4$ MeV D) $E_b=21.7$ MeV E) $E_b=12.2$ MeV

938. Determine the nucleus binding energy E_b of the neon atom ${}_{10}^{20}\text{Ne}$, the mass of which is 19.9933 a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

A) $E_b=92$ MeV B) $E_b=184$ MeV C) $E_b=155$ MeV D) $E_b=121$ MeV E) $E_b=78$ MeV

939. Determine the nucleus binding energy E_b of the aluminium atom ${}_{13}^{27}\text{Al}$, the mass of which is $m_{\text{Al}}=26.99010$ a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

A) $E_b=90$ MeV B) $E_b=150$ MeV C) $E_b=120$ MeV D) $E_b=210$ MeV E) $E_b=180$ MeV

940. Determine the nucleus specific binding energy E_b/A of the helium atom ${}_2^4\text{He}$, the mass of which is $m=4.00151$ a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

A) $E_b/A=5.3$ MeV/nucleon B) $E_b/A=6.4$ MeV/nucleon C) $E_b/A=7.1$ MeV/nucleon
D) $E_b/A=8.7$ MeV/nucleon E) $E_b/A=7.6$ MeV/nucleon

941. Determine the nucleus specific binding energy E_b/A of the uranium atom ${}_{92}^{238}\text{U}$, the mass of which is $m=238.00032$ a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

А) $E_{36}/A=6,9$ МеВ/нукл. Б) $E_{36}/A=8,7$ МеВ/нукл. В) $E_{36}/A=4,8$ МеВ/нукл.
 Г) $E_{36}/A=5,4$ МеВ/нукл. Д) $E_{36}/A=7,6$ МеВ/нукл.

942. Визначте питому енергію зв'язку ядра E_{36}/A атома кисню $^{16}_8\text{O}$, маса якого $m=15,99491$ а.о.м. Маса вільного протону $m_p=1,00728$ а.о.м., а нейтрону $m_n=1,00866$ а.о.м.

А) $E_{36}/A=7,7$ МеВ/нукл. Б) $E_{36}/A=5,8$ МеВ/нукл. В) $E_{36}/A=4,6$ МеВ/нукл.
 Г) $E_{36}/A=8,4$ МеВ/нукл. Д) $E_{36}/A=6,3$ МеВ/нукл.

Ядерні реакції

943. Ядро атома урану $^{238}_{92}\text{U}$ при радіоактивному розпаді викинуло α -частинку. Скільки протонів Z залишилось в ядрі нового ізоотопу ?

А) $Z=90$. Б) $Z=238$. В) $Z=144$. Г) $Z=92$. Д) $Z=146$.

944. Визначити, на яке ядро перетворюється ядро ізоотопу фосфору $^{30}_{15}\text{P}$ після викиду позитрону $^0_{+1}e$?

А) $^{35}_{17}\text{Cl}$. Б) $^{30}_{14}\text{Si}$. В) $^{32}_{16}\text{S}$. Г) $^{30}_{15}\text{P}$. Д) $^{27}_{13}\text{Al}$.

945. Визначити зарядове число Z частинки, позначений літерою X у ядерній реакції: $^{14}_6\text{C} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^A_ZX$.

А) $Z=1$. Б) $Z=3$. В) $Z=-1$. Г) $Z=2$. Д) $Z=0$.

946. Визначити, яка частинка виходить при ядерній реакції: $^{14}_7\text{N} + ^1_0n \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^A_ZX$.

А) Протон. Б) Нейтрон. В) Електрон. Г) Позитрон. Д) α -частинка.

947. Чому α -частинки, які випромінюються радіоактивними препаратами, не можуть спричинити ядерні реакції у важких елементах таблиці ?

А) Через їхню електричну нейтральність. Г) Із-за їхню велику масу.
 Б) Через їхній негативний заряд. Д) Через їхнє притягання до ядра.
 В) Через їхній позитивний заряд.

948. Як зміниться зарядове число ядра атому Z при викиданні із нього протону ?

А) Збільшиться на 2. Б) Зменшиться на 1. В) Не зміниться.
 Г) Збільшиться на 1. Д) Зменшиться на 2.

949. Як зміниться масове число ядра атому A при викиданні із нього протону ?

- A) $E_b/A=6.9$ MeV/nucl B) $E_b/A=8.7$ MeV/nucl C) $E_b/A=4.8$ MeV/nucl
 D) $E_b/A=5.4$ MeV/nucl E) $E_b/A=7.6$ MeV/nucl

942. Determine the nucleus specific binding energy E_b/A of the oxygen atom $^{16}_8\text{O}$, the mass of which is $m=15.99491$ a.m.u. Free-proton mass is $m_p=1.00728$ a.m.u. and free-neutron mass is $m_n=1.00866$ a.m.u.

- A) $E_b/A=7.7$ MeV/nucl B) $E_b/A=5.8$ MeV/nucl C) $E_b/A=4.6$ MeV/nucl
 D) $E_b/A=8.4$ MeV/nucl E) $E_b/A=6.3$ MeV/nucl

Nuclear reactions

943. In the radioactive decay the nucleus of the uranium atom $^{238}_{92}\text{U}$ emitted an α -particle. How many *protons* Z remained in the nucleus of a new isotope ?

- A) $Z=90$ B) $Z=238$ C) $Z=144$ D) $Z=92$ E) $Z=146$

944. Determine what nucleus does the nucleus of the phosphorus isotope $^{30}_{15}\text{P}$ transform into after a positron $^0_{+1}e$ emission ?

- A) $^{35}_{17}\text{Cl}$. B) $^{30}_{14}\text{Si}$. C) $^{32}_{16}\text{S}$. D) $^{30}_{15}\text{P}$. E) $^{27}_{13}\text{Al}$.

945. Determine a *charge number* Z of a particle denoted with the letter X in the nuclear reaction $^{14}_6\text{C} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^A_ZX$.

- A) $Z=1$ B) $Z=3$ C) $Z=-1$ D) $Z=2$ E) $Z=0$

946. Determine, what particle is formed in the nuclear reaction $^{14}_7\text{N} + ^1_0n \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^A_ZX$.

- A) proton B) neutron C) electron D) positron E) α -particle

947. Why can α -particles, emitted by radioactive preparations, *not cause* nuclear reactions in heavy elements of the Table ?

- A) because of their electrical neutrality D) because of their large mass
 B) because of their negative charge E) because of their attraction to the nucleus
 C) because of their positive charge

948. How will the *charge number* of the nucleus of atom Z change, when a *proton* is emitted out of it ?

- A) It will increase by 2 B) It will decrease by 1 C) It will not change
 D) It will increase by 1 E) It will decrease by 2

949. How will the *mass number* of the nucleus of atom change, when a *proton* is emitted out of it ?

А) Збільшиться на 1. Б) Зменшиться на 2. В) Не зміниться.

Г) Збільшиться на 2. Д) Зменшиться на 1.

950. В результаті реакції синтезу ${}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{260}_{z}\text{Ku} + 4{}_0^1\text{n}$ був утворений новий елемент - курчатовій. Визначите кількість *нейтронів* N у ядрі курчатовію.

А) $N=104$. Б) $N=260$. В) $N=246$. Г) $N=56$. Д) $N=264$.

951. Ядро ізотопу берилію ${}_4^9\text{Be}$, захопивши дейтрон ${}_1^2\text{H}$, перетворюється на ядро атому бору ${}_5^{10}\text{B}$. Визначити *інший продукт* цієї ядерної реакції.

А) ${}_0^1\text{n}$. Б) ${}_1^3\text{H}$. В) ${}_2^4\text{He}$. Г) ${}_3^7\text{Li}$. Д) ${}_1^1\text{H}$.

952. Ядро ізотопу берилію ${}_4^9\text{Be}$, захопивши дейтрон ${}_1^2\text{H}$, перетворюється на ядро атому бору ${}_5^{10}\text{B}$. Визначити *масове число* A іншого продукту цієї ядерної реакції.

А) $A=3$. Б) $A=5$. В) $A=1$. Г) $A=4$. Д) $A=2$.

953. При проникненні в ядро бору ${}_5^{10}\text{B}$ повільного вільного нейтрона, з'являється α -частинка і невідомий елемент. Визначте *другий продукт* цієї ядерної реакції.

А) ${}_1^1\text{H}$. Б) ${}_3^7\text{Li}$. В) ${}_1^3\text{H}$. Г) ${}_2^4\text{He}$. Д) ${}_4^9\text{Be}$.

954. При проникненні в ядро ${}_5^{10}\text{B}$ повільного вільного нейтрона, з'являється α -частинка і невідомий елемент. Визначте *зарядове число* Z іншого продукту цієї ядерної реакції.

А) $Z=3$. Б) $Z=4$. В) $Z=2$. Г) $Z=5$. Д) $Z=1$.

955. У ядро ізотопу азоту ${}_7^{14}\text{N}$ ударяє α -частинка і залишається у ньому, вибиваючи із ядра *протон*. Ядро якого елемента утворюється в результаті цієї ядерної реакції?

А) ${}_5^{10}\text{B}$. Б) ${}_8^{17}\text{O}$. В) ${}_4^9\text{Be}$. Г) ${}_6^{13}\text{C}$. Д) ${}_9^{19}\text{F}$.

956. У ядро ізотопу азоту ${}_7^{14}\text{N}$ ударяє α -частинка і залишається у ньому, вибиваючи із ядра *протон*. Визначити кількість *нейтронів* N у ядрі нового елемента.

А) $N=8$. Б) $N=10$. В) $N=17$. Г) $N=11$. Д) $N=9$.

- A) It will increase by 1 B) It will decrease by 2 C) It will not change
D) It will increase by 2 E) It will decrease by 1

950. As a result of the fusion reaction ${}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{260}_{z}\text{Ku} + 4{}_0^1\text{n}$ there was formed a new element – kurchatovium (Ku). Determine the number of *neutrons* N in its nucleus.

- A) $N=104$ B) $N=260$ C) $N=246$ D) $N=56$ E) $N=264$

951. Having trapped deuteron ${}_1^2\text{H}$, the nucleus of the beryllium isotope ${}_4^9\text{Be}$ turns into the boron atom ${}_5^{10}\text{B}$. Determine *the second product* of this nuclear reaction.

- A) ${}_0^1\text{n}$ B) ${}_1^3\text{H}$ C) ${}_2^4\text{He}$ D) ${}_3^7\text{Li}$ E) ${}_1^1\text{H}$

952. Having trapped deuteron ${}_1^2\text{H}$, the nucleus of the beryllium isotope ${}_4^9\text{Be}$ turns into the boron atom ${}_5^{10}\text{B}$. Determine *the mass number* A of second product of this nuclear reaction.

- A) $A=3$ B) $A=5$ C) $A=1$ D) $A=4$ E) $A=2$

953. A slow free neutron penetrating the boron ${}_5^{10}\text{B}$ nucleus, there appears an α -particle and an unknown element. Determine the second product of this nuclear reaction.

- A) ${}_1^1\text{H}$ B) ${}_3^7\text{Li}$ C) ${}_1^3\text{H}$ D) ${}_2^4\text{He}$ E) ${}_4^9\text{Be}$

954. A slow free neutron penetrating the boron ${}_5^{10}\text{B}$ nucleus, there appears an α -particle and an unknown element. Determine *the charge number* Z of the second product of this nuclear reaction.

- A) $Z=3$ B) $Z=4$ C) $Z=2$ D) $Z=5$ E) $Z=1$

955. The nucleus of the nitrogen isotope ${}_7^{14}\text{N}$ is hit with an α -particle, which stays in it, liberating a proton out of the nucleus. The nucleus of what element is formed as a result of this nuclear reaction?

- A) ${}_5^{10}\text{B}$ B) ${}_8^{17}\text{O}$ C) ${}_4^9\text{Be}$ D) ${}_6^{13}\text{C}$ E) ${}_9^{19}\text{F}$

956. The nucleus of the nitrogen isotope ${}_7^{14}\text{N}$ is hit with an α -particle, which stays in it, liberating a proton out of the nucleus. Determine *the number of neutrons* N in the nucleus of a new element.

- A) $N=8$ B) $N=10$ C) $N=17$ D) $N=11$ E) $N=9$

957. Визначте, ядро якого елементу утворюється в результаті такої ядерної реакції: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$?

А) ${}^4_2\text{He}$ Б) ${}^3_1\text{H}$ В) ${}^1_0\text{n}$ Г) ${}^9_4\text{Be}$ Д) ${}^2_1\text{H}$

958. Визначити зарядове число Z у продукті ядерної реакції: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$.

А) $Z=4$. Б) $Z=2$. В) $Z=1$. Г) $Z=3$. Д) $Z=0$.

959. Радіоактивне ядро ${}^{238}_{92}\text{U}$ перетворюється на ядро ${}^{234}_{90}\text{Th}$, випромінюючи α -частинку. Запишіть реакцію і визначте кількість нейтронів N у дочірньому ядрі.

А) $N=88$. Б) $N=234$. В) $N=90$. Г) $N=144$. Д) $N=230$.

960. У ядро ізотопу берилію ${}^9_4\text{Be}$ ударяє α -частинка і застряє у ньому, вибиваючи із ядра нейтрон. Визначити масове число A ядра іншого її продукту ?

А) $A=11$. Б) $A=13$. В) $A=12$. Г) $A=8$. Д) $A=10$.

961. Ядро якого ізотопу утворюється із радіоактивного ізотопу ${}^8_3\text{Li}$ після одного β -розпаду та одного α -розпаду ?

А) ${}^1_1\text{H}$. Б) ${}^3_2\text{He}$. В) ${}^3_1\text{H}$. Г) ${}^4_2\text{He}$. Д) ${}^2_1\text{H}$.

962. При захопленні нейтрону ізотопом ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ утворюється ядро ізотопу ${}^{24}_{11}\text{Na}$. Визначити інший її продукт.

А) ${}^2_1\text{H}$. Б) ${}^4_2\text{He}$. В) ${}^1_1\text{H}$. Г) ${}^3_2\text{He}$. Д) ${}^3_1\text{H}$.

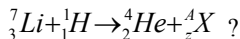
963. У ядро берилію ударяє α -частинка і застряє у ньому, вибиваючи нейтрон. Який вигляд має відповідна ядерна реакція ?

А) ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Б) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. В) ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$.
Г) ${}^9_4\text{Be} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Д) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_2\text{He} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$.

964. Ядро берилію ${}^9_4\text{Be}$, захопивши дейтрон ${}^2_1\text{H}$, перетворюється на ядро атома бору ${}^{10}_5\text{B}$. Який вигляд має відповідна ядерна реакція ?

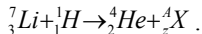
А) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Б) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_1\text{H}$. В) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He}$.
Г) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_1\text{n}$. Д) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{e}$.

957. Find out the nucleus of what element is formed as a result of this nuclear reaction



- A) ${}_2^4\text{He}$ B) ${}_1^3\text{H}$ C) ${}_0^1n$ D) ${}_4^9\text{Be}$ E) ${}_1^2\text{H}$

958. Determine the **charge number** Z in a product of next nuclear reaction:



- A) $Z=4$ B) $Z=2$ C) $Z=1$ D) $Z=3$ E) $Z=0$

959. The radioactive nucleus ${}_{92}^{238}\text{U}$ turns into the nucleus ${}_{90}^{234}\text{Th}$, emitting an α -particle. Write down the reaction and determine the number of **neutrons** N in a daughter nucleus.

- A) $N=88$ B) $N=234$ C) $N=90$ D) $N=144$ E) $N=230$

960. The nucleus of the beryllium isotope ${}_4^9\text{Be}$ is hit with an α -particle and gets stuck in it, liberating a neutron out of the nucleus. Determine the **mass number** A of the nucleus of the second product.

- A) $A=11$ B) $A=13$ C) $A=12$ D) $A=8$ E) $A=10$

961. The nucleus of what isotope is formed out of the radioactive isotope ${}_3^8\text{Li}$ after *one* β -decay and *one* α -decay ?

- A) ${}_1^1\text{H}$ B) ${}_2^3\text{He}$ C) ${}_1^3\text{H}$ D) ${}_2^4\text{He}$ E) ${}_1^2\text{H}$

962. A neutron of the isotope ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ being trapped, there is formed the nucleus of the isotope ${}_{11}^{24}\text{Na}$. Determine the second product.

- A) ${}_1^2\text{H}$ B) ${}_2^4\text{He}$ C) ${}_1^1\text{H}$ D) ${}_2^3\text{He}$ E) ${}_1^3\text{H}$

963. The nucleus of beryllium is hit with an α -particle and gets stuck in it, liberating a *neutron*. What form does a corresponding nuclear reaction have ?

- A) ${}_4^9\text{Be} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^1n$ B) ${}_4^9\text{Be} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_5^{11}\text{B} + {}_0^1n$ C) ${}_4^9\text{Be} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_6^{12}\text{C} + {}_0^1n$
D) ${}_4^9\text{Be} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_5^{11}\text{B} + {}_0^1n$ E) ${}_4^9\text{Be} + {}_2^2\text{He} \rightarrow {}_5^{11}\text{B} + {}_0^1n$

964. Having trapped a deuteron ${}_1^2\text{H}$, the nucleus of beryllium ${}_4^9\text{Be}$ turns into the nucleus of the boron atom ${}_{5}^{10}\text{B}$. What form does a corresponding nuclear reaction have ?

- A) ${}_4^9\text{Be} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^1n$ B) ${}_4^9\text{Be} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_1^1\text{H}$ C) ${}_4^9\text{Be} + {}_2^2\text{He} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_2^4\text{He}$
D) ${}_4^9\text{Be} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^0n$ E) ${}_4^9\text{Be} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_{-1}^0e$.

965. Ядро берилію ${}^9_4\text{Be}$, захопивши дейтрон ${}^2_1\text{H}$, перетворюється на ядро атома бору ${}^{10}_5\text{B}$. Яка частка при цьому випромінюється?

А) Позитрон. Б) Протон. В) α -частинка. Г) Нейтрон. Д) Електрон.

966. У ядро ізоотопу берилію ${}^9_4\text{Be}$ ударяє атом гелію ${}^4_2\text{He}$ і застряє у ньому, вибиваючи *нейтрон*. Який вигляд має відповідна ядерна реакція?

А) ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Б) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. В) ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$.

Г) ${}^9_4\text{Be} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Д) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_2\text{He} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$.

967. При проникненні у ядро бору ${}^{10}_5\text{B}$ повільного нейтрону відбувається ядерна реакція за схемою: ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^A_Z\text{X}$. Визначити інший продукт цієї реакції.

А) ${}^3_1\text{H}$. Б) ${}^4_2\text{He}$. В) ${}^1_1\text{H}$. Г) ${}^9_4\text{Be}$. Д) ${}^7_3\text{Li}$.

968. Як результат захоплення α -частини ядром ізоотопу азоту ${}^{14}_7\text{N}$, з'являється невідомий елемент і *протон*. Який вигляд має відповідна ядерна реакція?

А) ${}^{14}_7\text{N} + {}^2_2\text{He} \rightarrow {}^{16}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$. Б) ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$. В) ${}^{14}_7\text{N} + {}^2_2\text{He} \rightarrow {}^{15}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$.

Г) ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_9\text{F} + {}^1_0\text{n}$. Д) ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$.

969. При захопленні нейтрона ядром магнію ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ утворюється радіоактивний ізоотоп ${}^{24}_{11}\text{Na}$. Яка частинка випромінюється при цьому ядерному перетворенні?

А) Дейтрон. Б) α -частинка. В) Нейтрон. Г) Електрон. Д) Протон.

970. Якого позначення не дістає у рівнянні наступної ядерної реакції: ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_2\text{He}$?

А) ${}^{20}_{10}\text{Ne}$. Б) ${}^{24}_{12}\text{Mg}$. В) ${}^{24}_{11}\text{Na}$. Г) ${}^{19}_9\text{F}$. Д) ${}^{23}_{11}\text{Na}$.

971. Визначите другий продукт ядерної реакції: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_2\text{He}$.

А) ${}^4_2\text{He}$. Б) ${}^3_2\text{He}$. В) ${}^3_1\text{H}$. Г) ${}^2_2\text{He}$. Д) ${}^2_1\text{H}$.

972. При захопленні нейтрону ядром магнію ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ утворюється радіоактивний ізоотоп натрію: ${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{Na} + {}^1_1\text{H}$. Визначити *масове число A* ядра ізоотопу натрію.

965. Having trapped a deuteron ${}^2_1\text{H}$, the nucleus of beryllium ${}^9_4\text{Be}$ turns into the nucleus of the boron atom ${}^{10}_5\text{B}$. What particle is emitted thereat?

A) positron B) proton C) α -particle D) neutron E) electron

966. The nucleus of the beryllium isotope ${}^9_4\text{Be}$ is hit with the helium atom ${}^4_2\text{He}$ and gets stuck in it liberating a neutron. What form does a corresponding nuclear reaction have?

A) ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ B) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ C) ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$
D) ${}^9_4\text{Be} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ E) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_2\text{He} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^0_1\text{n}$

967. A slow neutron penetrating the boron nucleus ${}^{10}_5\text{B}$, there takes place a nuclear reaction by the scheme: ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^A_Z\text{X}$. Determine the second product of this reaction.

A) ${}^3_1\text{H}$ B) ${}^4_2\text{He}$ C) ${}^1_1\text{H}$ D) ${}^9_4\text{Be}$ E) ${}^7_3\text{Li}$

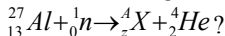
968. As a result of trapping an α -particle by the nucleus of the nitrogen isotope ${}^{14}_7\text{N}$, there appears an unknown element and a proton. What form does a corresponding nuclear reaction have?

A) ${}^{14}_7\text{N} + {}^2_2\text{He} \rightarrow {}^{16}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ B) ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ C) ${}^{14}_7\text{N} + {}^2_2\text{He} \rightarrow {}^{15}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$
D) ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_9\text{F} + {}^1_0\text{n}$ E) ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$

969. As a result of trapping a neutron by the magnesium ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ nucleus there is formed a radioactive isotope ${}^{24}_{11}\text{Na}$. What particle is emitted at this nuclear transformation?

A) deuteron B) α -particle C) neutron D) electron E) proton

970. What designation is lacking in the equation of the following nuclear reaction:



A) ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ B) ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ C) ${}^{24}_{11}\text{Na}$ D) ${}^{19}_9\text{F}$ E) ${}^{23}_{11}\text{Na}$

971. Find out the second product of the nuclear reaction: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_2\text{He}$.

A) ${}^4_2\text{He}$ B) ${}^3_2\text{He}$ C) ${}^3_1\text{H}$ D) ${}^2_2\text{He}$ E) ${}^2_1\text{H}$

972. A neutron being trapped with the nucleus of magnesium ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ there is formed a radioactive isotope of sodium ${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{Na} + {}^1_1\text{H}$. Determine the **mass number A** of the nucleus of the sodium isotope.

А) $A=11$. Б) $A=24$. В) $A=12$. Г) $A=25$. Д) $A=13$.

973. В результаті реакції синтезу: ${}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{260}_z\text{Ku} + 4{}_0^1n$, був утворений новий елемент - курчатовій. Визначити *зарядове число* Z ядра курчатовію.

А) $Z=260$. Б) $Z=104$. В) $Z=156$. Г) $Z=94$. Д) $Z=148$.

974. Для реакції розщеплення ядра урану визначити кількість *нейтронів* N , які випромінюються в результаті ядерної реакції: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_{36}\text{Kr} + N \cdot ({}_0^1n)$.

А) $N=6$. Б) $N=18$. В) $N=3$. Г) $N=24$. Д) $N=9$.

975. Для цієї реакції розщеплення ядра урану визначити кількість *протонів* Z у ядрі ізотопу криптону: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_z\text{Kr} + 3 \cdot ({}_0^1n)$.

А) $Z=56$. Б) $Z=94$. В) $Z=148$. Г) $Z=36$. Д) $Z=92$.

976. Для цієї реакції розщеплення ядра урану визначити кількість *нейтронів* N у ядрі ізотопу стронцію: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{95}_z\text{Sr} + 2 \cdot ({}_0^1n)$.

А) $N=95$. Б) $N=38$. В) $N=54$. Г) $N=57$. Д) $N=146$.

977. Ядро атома радію ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ викинуло α -частинку. Визначити *масове число* A нового ізотопу.

А) $A=222$. Б) $A=88$. В) $A=138$. Г) $A=86$. Д) $A=132$.

978. Визначити інший продукт X ядерної реакції: ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^A_zX$.

А) ${}_1^1\text{H}$. Б) ${}_{-1}^0e$. В) ${}_2^4\text{He}$. Г) ${}_0^1n$. Д) ${}_1^2\text{H}$.

979. При проникненні у ядро бору ${}^{10}_5\text{B}$ повільного нейтрону відбувається ядерна реакція за схемою: ${}^{10}_5\text{B} + {}_0^1n \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^A_zX$. Визначити інший продукт цієї реакції.

А) ${}_1^3\text{H}$. Б) ${}_4^9\text{Be}$. В) ${}_1^1\text{H}$. Г) ${}_2^4\text{He}$. Д) ${}_3^7\text{Li}$.

980. При проникненні в ядро бору повільного нейтрону відбувається ядерна реакція за схемою: ${}^{10}_5\text{B} + {}_0^1n \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^A_zX$. Визначити *зарядове число* Z іншого продукту цієї реакції.

A) $A=11$ B) $A=24$ C) $A=12$ D) $A=25$ E) $A=13$

973. As a result of the fusion reaction ${}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{260}_{z}\text{Ku} + 4{}_0^1\text{n}$ there was formed a new element – kurchatovium (*Ku*). Determine *the charge number* Z of the *Ku*-nucleus.

A) $Z=260$ B) $Z=104$ C) $Z=156$ D) $Z=94$ E) $Z=148$

974. For the reaction of the uranium nuclear fission, determine the number of *neutrons* N , emitted as a result of the nuclear reaction ${}^{235}_{92}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_{36}\text{Kr} + N \cdot ({}_0^1\text{n})$.

A) $N=6$ B) $N=18$ C) $N=3$ D) $N=24$ E) $N=9$

975. For this reaction of the uranium nuclear fission, determine the number of *protons* Z in the nucleus of the krypton isotope: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{94}_z\text{Kr} + 3 \cdot ({}_0^1\text{n})$.

A) $Z=56$ B) $Z=94$ C) $Z=148$ D) $Z=36$ E) $Z=92$

976. For the reaction of the uranium nuclear fission, determine the number of *neutrons* N in the nucleus of the strontium isotope: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{95}_z\text{Sr} + 2 \cdot ({}_0^1\text{n})$.

A) $N=95$ B) $N=38$ C) $N=54$ D) $N=57$ E) $N=146$

977. The nucleus of the radium atom ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ emitted an α -particle. Determine the *mass number* A of a new isotope.

A) $A=222$ B) $A=88$ C) $A=138$ D) $A=86$ E) $A=132$

978. Determine another product X of the nuclear reaction: ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^A_z\text{X}$.

A) ${}_1^1\text{H}$ B) ${}_{-1}^0\text{e}$ C) ${}_2^4\text{He}$ D) ${}_0^1\text{n}$ E) ${}_1^2\text{H}$

979. A slow neutron penetrating the boron ${}^{10}_5\text{B}$ nucleus, there takes place the nuclear reaction by the scheme: ${}^{10}_5\text{B} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^A_z\text{X}$. Determine another product of this reaction.

A) ${}_3^3\text{H}$ B) ${}_4^9\text{Be}$ C) ${}_1^1\text{H}$ D) ${}_2^4\text{He}$ E) ${}_3^7\text{Li}$

980. A slow neutron penetrating the boron ${}^{10}_5\text{B}$ nucleus, there takes place the nuclear reaction by the scheme ${}^{10}_5\text{B} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^A_z\text{X}$. Determine *the charge number* Z of the second product of this reaction.

А) $Z=5$. Б) $Z=2$. В) $Z=4$. Г) $Z=1$. Д) $Z=3$.

981. Визначити інший продукт ядерної реакції: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$.

А) ${}^2_2\text{He}$. Б) ${}^3_2\text{He}$. В) ${}^3_1\text{H}$. Г) ${}^4_2\text{He}$. Д) ${}^2_1\text{H}$.

Енергетичний вихід ядерних реакцій

982. Визначте енергію Q , яка звільняється при ядерній реакції: ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$.
Маси ізотопів берилію, дейтерію, бору і нейтрона відповідно становлять 9,01219; 2,01410; 10,01294 та 1,00867 а.о.м.

А) $Q=6,12$ МеВ. Б) $Q=4,36$ МеВ. В) $Q=2,84$ МеВ. Г) $Q=5,73$ МеВ. Д) $Q=3,48$ МеВ.

983. Яка енергія Q звільняється при ядерній реакції: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$. Маси ізотопів літію, водню і гелію відповідно дорівнюють 6,01703; 1,00814; 4,00388 та 3,01699 а.о.м.

А) $Q=5,0$ МеВ. Б) $Q=2,5$ МеВ. В) $Q=4,0$ МеВ. Г) $Q=4,5$ МеВ. Д) $Q=3,0$ МеВ.

984. Яка енергія Q , поглинається при ядерній реакції: ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$. Маси ізотопів азоту, гелію, кисню і водню відповідно дорівнюють 14,00752; 4,00388; 17,00453 та 1,00814 а.о.м.

А) $Q=2,54$ МеВ. Б) $Q=3,42$ МеВ. В) $Q=4,26$ МеВ. Г) $Q=1,18$ МеВ. Д) $Q=5,07$ МеВ.

985. Яка енергія Q поглинається при ядерній реакції: ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Маси ізотопів літію, гелію, бору та нейтрону відповідно дорівнюють 7,01823; 4,00388; 10,01612 та 1,00867 а.о.м.

А) $Q=3,5$ МеВ. Б) $Q=5,0$ МеВ. В) $Q=4,5$ МеВ. Г) $Q=3,0$ МеВ. Д) $Q=2,5$ МеВ.

986. Визначте енергію Q , яка звільняється при ядерній реакції: ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$.
Маси ізотопів літію, дейтерію, берилію і нейтрону відповідно становлять 7,01823; 2,01474; 8,00785 та 1,00867 а.о.м.

А) $Q=15$ МеВ. Б) $Q=9$ МеВ. В) $Q=12$ МеВ. Г) $Q=18$ МеВ. Д) $Q=6$ МеВ.

987. Яка енергія Q звільняється при термоядерній реакції: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Маси ізотопів дейтерію, тритію, гелію та нейтрону відповідно дорівнюють 2,01474; 3,01700; 4,00388 та 1,00867 а.о.м.

А) $Q=15$ МеВ. Б) $Q=6$ МеВ. В) $Q=18$ МеВ. Г) $Q=9$ МеВ. Д) $Q=12$ МеВ.

- A) $Z=5$ B) $Z=2$ C) $Z=4$ D) $Z=1$ E) $Z=3$

981. Determine another product of this nuclear reaction: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$.

- A) ${}^2_2\text{He}$ B) ${}^3_2\text{He}$ C) ${}^3_1\text{H}$ D) ${}^4_2\text{He}$ E) ${}^2_1\text{H}$

Energy yield of nuclear reactions

982. Find energy Q , which is released in the next nuclear reaction: ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Masses of the isotopes of beryllium, deuterium, boron and a neutron are 9.01219, 2.01410, 10.01294 and 1.00867 a.m.u. (atomic mass unit), respectively.

- A) $Q=6.12$ MeV B) $Q=4.36$ MeV C) $Q=2.84$ MeV D) $Q=5.73$ MeV E) $Q=3.48$ MeV

983. What energy Q is released in the nuclear reaction: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$. Masses of the isotopes of lithium, hydrogen and helium are 6.01703, 1.00814, 4.00388 and 3.01699 a.m.u., respectively.

- A) $Q=5.0$ MeV B) $Q=2.5$ MeV C) $Q=4.0$ MeV D) $Q=4.5$ MeV E) $Q=3.0$ MeV

984. What energy Q is absorbed in the nuclear reaction: ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$. Masses of the isotopes of nitrogen, oxygen and hydrogen are 14.00752, 4.00388, 17.00453 and 1.00814 a.m.u., respectively.

- A) $Q=2.54$ MeV B) $Q=3.42$ MeV C) $Q=4.26$ MeV D) $Q=1.18$ MeV E) $Q=5.07$ MeV

985. What energy Q is absorbed in the nuclear reaction: ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Masses of the isotopes of lithium, helium, boron and a neutron are 7.01823, 4.00388, 10.01612 and 1.00867 a.m.u., respectively.

- A) $Q=3.5$ MeV B) $Q=5.0$ MeV C) $Q=4.5$ MeV D) $Q=3.0$ MeV E) $Q=2.5$ MeV

986. Find out energy Q which is released in the nuclear reaction: ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$. Masses of the isotopes of lithium, deuterium, beryllium and a neutron are 7.01823, 2.01474, 8.00785 and 1.00867 a.m.u., respectively.

- A) $Q=15$ MeV B) $Q=9$ MeV C) $Q=12$ MeV D) $Q=18$ MeV E) $Q=6$ MeV

987. What energy Q is released in the thermonuclear reaction: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Masses of the isotopes of deuterium, tritium, helium and a neutron are 2.01474, 3.01700, 4.00388 and 1.00867 a.m.u., respectively.

- A) $Q=15$ MeV B) $Q=6$ MeV C) $Q=18$ MeV D) $Q=9$ MeV E) $Q=12$ MeV

988. Яка енергія Q звільняється при ядерній реакції: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$. Маси ізотопів літію, водню та гелію відповідно дорівнюють 7,01703; 1,00814 та 4,00388 а.о.м.

А) $Q=12$ МеВ. Б) $Q=20$ МеВ. В) $Q=8$ МеВ. Г) $Q=16$ МеВ. Д) $Q=4$ МеВ.

989. Яка енергія Q звільняється при термоядерній реакції: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$. Маси ізотопів дейтерію, тритію та водню відповідно дорівнюють 2,01474; 3,01700 та 1,00814 а.о.м.

А) $Q=20$ МеВ. Б) $Q=8$ МеВ. В) $Q=12$ МеВ. Г) $Q=16$ МеВ. Д) $Q=4$ МеВ.

990. Яка енергія Q звільняється при термоядерній реакції: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Маси ізотопів дейтерію, гелію та нейтрону відповідно дорівнюють 2,01474; 3,01699 і 1,00867 а.о.м.

А) $Q=2,4$ МеВ. Б) $Q=3,6$ МеВ. В) $Q=1,8$ МеВ. Г) $Q=4,2$ МеВ. Д) $Q=3,0$ МеВ.

991. Яку мінімальну енергію E повинна мати α -частинка, щоб могла відбутись ядерна реакція: ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Маси ізотопів літію, гелію, бору та нейтрону відповідно дорівнюють 7,01823; 4,00388; 10,01612 і 1,00867 а.о.м.

А) $E=3,5$ МеВ. Б) $E=4,0$ МеВ. В) $E=2,5$ МеВ. Г) $E=3,0$ МеВ. Д) $E=1,5$ МеВ.

992. Ядро ізотопу ${}^7_3\text{Li}$, захопивши протон, розпадається на дві α -частинки. Нехтуючи енергією протона, визначите суму кінетичних енергій цих частинок. Маси ізотопів літію, водню та гелію, відповідно дорівнюють 7,01823; 1,00814 і 4,00388 а.о.м.

А) $E=17$ МеВ. Б) $E=26$ МеВ. В) $E=12$ МеВ. Г) $E=34$ МеВ. Д) $E=21$ МеВ.

993. Визначте частоту ν γ -випромінювання, яке виходить при термоядерній реакції: ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma$, якщо α -частинка набуває енергії $E=19,7$ МеВ. Маси ізотопів водню, тритію і гелію відповідно дорівнюють 1,00814; 3,0170 і 4,00388 а.о.м., відповідно.

А) $\nu=8,7 \cdot 10^{19}$ Гц. Б) $\nu=1,6 \cdot 10^{18}$ Гц. В) $\nu=4,8 \cdot 10^{17}$ Гц.
Г) $\nu=9,4 \cdot 10^{18}$ Гц. Д) $\nu=2,2 \cdot 10^{19}$ Гц.

994. Визначте найменшу енергію γ -кванту E , потрібну для здійснення ядерної реакції: ${}^2_1\text{H} + \gamma \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$. Маси ізотопів дейтерію, водню та нейтрону відповідно дорівнюють 2,01474; 1,00814 та 1,00867 а.о.м.

А) $E=2,4$ МеВ. Б) $E=1,4$ МеВ. В) $E=3,6$ МеВ. Г) $E=1,9$ МеВ. Д) $E=2,8$ МеВ.

988. What energy Q is released in the nuclear reaction: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$. Masses of the isotopes of lithium, hydrogen and helium are 7.01703, 1.00814 and 4.00388 a.m. u., respectively.

A) $Q=12$ MeV B) $Q=20$ MeV C) $Q=8$ MeV D) $Q=16$ MeV E) $Q=4$ MeV

989. What energy Q is released in the thermonuclear reaction: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$. Masses of the isotopes of deuterium, tritium and hydrogen are 2.01474, 3.01700 and 1.00814 a.m.u., respectively.

A) $Q=20$ MeV B) $Q=8$ MeV C) $Q=12$ MeV D) $Q=16$ MeV E) $Q=4$ MeV

990. What energy Q is released in the thermonuclear reaction: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Masses of the isotopes of deuterium, helium and a neutron are 2.01474, 3.01699 and 1.00867 a.m.u., respectively.

A) $Q=2.4$ MeV B) $Q=3.6$ MeV C) $Q=1.8$ MeV D) $Q=4.2$ MeV E) $Q=3.0$ MeV

991. What minimum energy E must an α -particle have for the following nuclear reaction ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ to be possible. Masses of the isotopes of lithium, helium, boron and a neutron are 7.01823, 4.00388, 10.01612 and 1.00867 a.m.u., respectively.

A) $E=3.5$ MeV B) $E=4.0$ MeV C) $E=2.5$ MeV D) $E=3.0$ MeV E) $E=1.5$ MeV

992. Having trapped a proton, the nucleus of the isotope ${}^7_3\text{Li}$ decays into two α -particles. Neglecting the proton energy, determine the sum of kinetic energies of these particles. Masses of the isotopes of lithium, hydrogen and helium are 7.01823, 1.00814 and 4.00388 a.m.u., respectively.

A) $E=17$ MeV B) $E=26$ MeV C) $E=12$ MeV D) $E=34$ MeV E) $E=21$ MeV

993. Determine the frequency ν of γ -radiation which is emitted in the thermonuclear reaction: ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma$, if an α -particle gets energy $E=19.7$ MeV. Masses of the isotopes of hydrogen, tritium and helium are 1.00814, 3.01700 and 4.00388 a.m.u., respectively.

A) $\nu=8.7 \cdot 10^{19}$ Hz B) $\nu=1.6 \cdot 10^{18}$ Hz C) $\nu=4.8 \cdot 10^{17}$ Hz
D) $\nu=9.4 \cdot 10^{18}$ Hz E) $\nu=2.2 \cdot 10^{19}$ Hz

994. Determine the minimum energy of γ -quantum E , which is required to perform this nuclear reaction: ${}^2_1\text{H} + \gamma \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$. Masses of the isotopes of deuterium, hydrogen and a neutron are 2.01474, 1.00814 and 1.00867 a.m.u., respectively.

A) $E=2.4$ MeV B) $E=1.4$ MeV C) $E=3.6$ MeV D) $E=1.9$ MeV E) $E=2.8$ MeV

995. Теплова потужність ядерного реактора $P=10$ МВт. Визначте, скільки ядер N ізотопу ${}^{235}_{92}\text{U}$ ділиться за добу, якщо при поділі *одного ядра* виділяється енергія $\Delta E=200$ МеВ. (1 МеВ= $1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж, $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$, $A=235 \cdot 10^{-3}$ кг/моль).

А) $N=4,3 \cdot 10^6$. Б) $N=8,1 \cdot 10^7$. В) $N=5,4 \cdot 10^5$. Г) $N=7,2 \cdot 10^6$. Д) $N=6,4 \cdot 10^8$.

996. Яка кількість m ізотопу ${}^{235}_{92}\text{U}$ витрачається за добу на атомній електростанції, потужністю $P=5$ МВт при коефіцієнті корисної дії станції $\eta=17\%$. Вважати, що при поділі *одного ядра* атома урану звільняється енергія $\Delta E=200$ МеВ. (1 МеВ= $1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж, стала Авогадро $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$).

А) $m=84$ г. Б) $m=31$ г. В) $m=22$ г. Г) $m=118$ г. Д) $m=67$ г.

997. Визначте коефіцієнт корисної дії двигуна атомного криголама η , якщо його потужність $P=3,2 \cdot 10^4$ кВт, а реактор витрачає кількість $m=200$ г ізотопу ${}^{235}\text{U}$ за добу. Вважати, що при поділі *одного ядра* атома урану звільняється $\Delta E=200$ МеВ енергії. (1 МеВ= $1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж).

А) $\eta=45\%$. Б) $\eta=29\%$. В) $\eta=17\%$. Г) $\eta=38\%$. Д) $\eta=11\%$.

998. Визначити енергію E , яка виділяється при анігіляції електрону та позитрону. ($m_e=m_{+e}=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, 1 МеВ= $1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж).

А) $E=0,21$ МеВ. Б) $E=1,02$ МеВ. В) $E=0,84$ МеВ. Г) $E=0,42$ МеВ. Д) $E=1,68$ МеВ.

999. У реакторі атомної електростанції за $t=1,5$ години ділиться $m=1,5$ г ізотопу ${}^{235}_{92}\text{U}$. Визначте електричну потужність станції P , якщо її коефіцієнт корисної дії $\eta=10\%$, а при поділі *одного ядра* виділяється енергія $\Delta E=200$ МеВ. (1 МеВ= $1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж, $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$).

А) $P=5,4$ МВт. Б) $P=1,6$ МВт. В) $P=3,2$ МВт. Г) $P=4,5$ МВт. Д) $P=2,3$ МВт.

1000. Яку потужність P має атомна електростанція, якщо на ній витрачається за добу $m=100$ г урану-235 і має коефіцієнт корисної дії $\eta=25\%$, а при поділі *одного ядра* виділяється енергія $\Delta E=200$ МеВ. (1 МеВ= $1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж, $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$).

А) $P=18$ МВт. Б) $P=32$ МВт. В) $P=48$ МВт. Г) $P=24$ МВт. Д) $P=36$ МВт.

995. The thermal power of a nuclear reactor is $P=10$ MWt. Find out the number of fissionable nuclei N of the isotope ${}^{235}_{92}\text{U}$ for one day, if in the fission of one nucleus there emit $\Delta E=200$ MeV of energy. $1 \text{ MeV}=1.6\cdot 10^{-13} \text{ J}$, $N_A=6.02\cdot 10^{23} \text{ mole}^{-1}$, $A=235\cdot 10^{-3} \text{ kg/mole}$.

A) $N=4.3\cdot 10^6$ B) $N=8.1\cdot 10^7$ C) $N=5.4\cdot 10^5$ D) $N=7.2\cdot 10^6$ E) $N=6.4\cdot 10^8$

996. What quantity m of the isotope ${}^{235}_{92}\text{U}$ is consumed for one day at the atomic power station, as powerful is $P=5$ MWt, the station efficiency being $\eta=17\%$. It is thought that in the fission of one nucleus of the uranium atom there is released $\Delta E=200$ MeV of energy. ($1 \text{ MeV}=1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$, $N_A=6.02\cdot 10^{23} \text{ mole}^{-1}$).

A) $m=84 \text{ g}$ B) $m=31 \text{ g}$ C) $m=22 \text{ g}$ D) $m=118 \text{ g}$ E) $m=67 \text{ g}$

997. Determine the efficiency of an atomic icebreaker engine η if its capacity is $P=3.2\times 10^4$ kWt, and the reactor consumes $m=200 \text{ g}$ of the isotope ${}^{235}\text{U}$ per one day. It is thought that in the fission of one nucleus of the uranium atom there is released $\Delta E=200$ MeV of energy. ($1 \text{ MeV}=1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$).

A) $\eta=45 \%$ B) $\eta=29 \%$ C) $\eta=17 \%$ D) $\eta=38 \%$ E) $\eta=11 \%$

998. Determine the energy E , which is released in the annihilation of electron and positron. ($m_e=m_{+e}=9.1\cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ MeV}=1.6\cdot 10^{-13} \text{ J}$).

A) $E=0.21 \text{ MeV}$ B) $E=1.02 \text{ MeV}$ C) $E=0.84 \text{ MeV}$ D) $E=0.42 \text{ MeV}$ E) $E=1.68 \text{ MeV}$

999. In the reactor of an atomic power station, there split $m=1.5 \text{ g}$ of the isotope ${}^{235}_{92}\text{U}$ for $t=1.5$ hour. Determine the station electric power P , if its efficiency is $\eta=10\%$, and in the fission of one nucleus there release $\Delta E=200$ MeV of energy. ($1 \text{ MeV}=1.6\cdot 10^{-13} \text{ J}$, $N_A=6.02\cdot 10^{23} \text{ mole}^{-1}$).

A) $P=5.4 \text{ MWt}$ B) $P=1.6 \text{ MWt}$ C) $P=3.2 \text{ MWt}$ D) $P=4.5 \text{ MWt}$ E) $P=2.3 \text{ MWt}$

1000. What power P does the atomic power station possess if $m=100 \text{ g}$ of uranium-235 is consumed at the station per one day, its efficiency is $\eta=25\%$, and in the fission of one nucleus $\Delta E=200$ MeV of energy release. ($1 \text{ MeV}=1.6\cdot 10^{-13} \text{ J}$, $N_A=6.02\cdot 10^{23} \text{ mole}^{-1}$).

A) $P=18 \text{ MWt}$ B) $P=32 \text{ MWt}$ C) $P=48 \text{ MWt}$ D) $P=24 \text{ MWt}$ E) $P=36 \text{ MWt}$

ВІДПОВІДІ НА ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Механіка									Молекулярна фізика				
№№		№№		№№		№№		№№		№№		№№	
1	Г	43	Г	85	Д	127	Б	169	В	211	Г	253	Г
2	В	44	А	86	Б	128	Г	170	А	212	В	254	А
3	А	45	В	87	А	129	В	171	Г	213	А	255	Б
4	Б	46	А	88	В	130	Г	172	Б	214	Д	256	Д
5	Г	47	В	89	Г	131	В	173	А	215	Г	257	В
6	А	48	Г	90	Г	132	А	174	Б	216	Д	258	Б
7	В	49	Б	91	В	133	Д	175	Г	217	В	259	Г
8	Б	50	А	92	А	134	Б	176	В	218	Г	260	В
9	Д	51	Д	93	Б	135	Г	177	А	219	Д	261	А
10	Г	52	Б	94	Д	136	А	178	Б	220	А	262	Б
11	В	53	Г	95	Г	137	Б	179	Д	221	Д	263	В
12	А	54	Д	96	В	138	В	180	Г	222	Б	264	Г
13	Б	55	В	97	Б	139	Г	181	Д	223	А	265	А
14	Г	56	Д	98	А	140	Д	182	В	224	Г	266	Б
15	Б	57	В	99	Г	141	Б	183	А	225	Б	267	А
16	Д	58	Б	100	Б	142	А	184	Б	226	А	268	Г
17	А	59	А	101	Д	143	Г	185	Д	227	Д	269	В
18	Г	60	Г	102	В	144	Д	186	Г	228	Б	270	Д
19	А	61	Б	103	А	145	В	187	А	229	В	271	Б
20	Г	62	В	104	В	146	Б	188	Б	230	В	272	А
21	Д	63	Д	105	Г	147	Г	189	Г	231	В	273	В
22	В	64	В	106	А	148	В	190	В	232	Д	274	Д
23	Б	65	Г	107	Д	149	Д	191	Г	233	Г	275	Б
24	Г	66	Д	108	В	150	Д	192	Б	234	А	276	Д
25	А	67	В	109	Б	151	Г	193	В	235	Б	277	А
26	Г	68	Г	110	Г	152	Д	194	Д	236	Д	278	Д
27	Б	69	Б	111	Д	153	А	195	А	237	А	279	Г
28	А	70	Г	112	А	154	В	196	А	238	Д	280	Д
29	Д	71	В	113	Б	155	Б	197	Д	239	В	281	Б
30	Б	72	Г	114	В	156	Г	198	В	240	Г	282	Д
31	В	73	Д	115	А	157	В	199	А	241	А	283	В
32	Г	74	В	116	Г	158	А	200	Г	242	В	284	А
33	Д	75	Б	117	В	159	В	201	Д	243	Б	285	Д
34	В	76	Д	118	Б	160	А	202	В	244	Г	286	Г
35	А	77	Б	119	Д	161	Д	203	Б	245	В	287	Б
36	Б	78	В	120	В	162	Г	204	В	246	А	288	Г
37	Д	79	А	121	Д	163	В	205	Д	247	Б	289	Д
38	Г	80	Д	122	А	164	А	206	В	248	В	290	Д
39	А	81	Г	123	Б	165	Б	207	Г	249	Г	291	В
40	Д	82	В	124	Г	166	Г	208	Д	250	Д	292	Б
41	В	83	Г	125	В	167	Д	209	Б	251	Г	293	А
42	Б	84	Б	126	Д	168	Б	210	В	252	А	294	В

№№		№№		№№		№№		№№		№№		№№		№№	
337	В	381	Г	424	Б	467	В	510	В	553	В	596	Б	639	Д
338	Г	382	Д	425	Г	468	А	511	А	554	Д	597	Д	640	Б
339	А	383	Д	426	А	469	Д	512	В	555	Д	598	Г	641	Г
340	Д	384	Г	427	В	470	Б	513	Г	556	А	599	В	642	Д
341	Б	385	Б	428	Г	471	Г	514	А	557	Г	600	Д	643	Д
342	Г	386	А	429	Д	472	В	515	Д	558	Б	601	Г	644	Г
343	А	387	Г	430	Г	473	А	516	В	559	В	602	А	645	А
344	Г	388	Б	431	Б	474	В	517	Б	560	Д	603	Б	646	Д
345	В	389	Д	432	В	475	В	518	Г	561	В	604	В	647	В
346	Б	390	Г	433	Д	476	В	519	В	562	А	605	Д	648	Г
347	Г	Електродинаміка та магнетизм						520	А	563	Д	606	Г	649	Б
348	Д	391	А	434	А	477	Д	521	В	564	В	607	А	650	А
349	Б	392	В	435	В	478	А	522	Б	565	Г	608	Г	651	А
350	Г	393	В	436	В	479	Г	523	Д	566	Б	609	Д	652	Д
351	А	394	Г	437	Б	480	Г	524	А	567	Г	610	В	653	А
352	Б	395	В	438	В	481	А	525	В	568	В	611	В	654	В
353	В	396	А	439	Б	482	А	526	Д	569	Б	612	А	655	А
354	А	397	А	440	А	483	В	527	В	570	Г	613	Д	656	В
355	Г	398	В	441	В	484	Б	528	А	571	Д	614	Б	657	В
356	А	399	В	442	Б	485	В	529	Б	572	Б	615	Д	658	В
357	Г	400	Б	443	В	486	Д	530	Г	573	В	616	А	659	В
358	А	401	А	444	В	487	А	531	В	574	А	617	В	660	А
359	Б	402	Г	445	В	488	Д	532	Б	575	В	618	Г	661	Д
360	В	403	Д	446	В	489	А	533	Г	576	Б	619	Б	662	Б
361	А	404	Б	447	Д	490	Б	534	Б	577	А	620	Д	663	В
362	А	405	Д	448	Б	491	В	535	Г	578	Д	621	А	664	Г
363	Б	406	Г	449	Г	492	А	Коливання та хвилі							
364	А	407	Г	450	А	493	Б	536	Г	579	В	622	Б	665	А
365	Б	408	Б	451	В	494	Г	537	А	580	Б	623	Г	666	В
366	Г	409	Б	452	Д	495	Б	538	Б	581	Б	624	Д	667	Б
367	А	410	Г	453	Г	496	А	539	А	582	В	625	В	668	Г
368	Д	411	Б	454	В	497	Б	540	Д	583	Б	626	Г	669	В
369	В	412	А	455	Г	498	Г	541	В	584	А	627	В	670	Г
370	Г	413	Г	456	Б	499	В	542	Г	585	В	628	Д	671	В
371	В	414	В	457	Г	500	Д	543	А	586	А	629	Б	672	Г
372	Д	415	Д	458	В	501	А	544	Б	587	Д	630	В	673	А
373	А	416	А	459	Д	502	Б	545	А	588	А	631	Г	674	А
374	Б	417	Д	460	Г	503	Г	546	Г	589	А	632	Б	675	Г
375	Д	418	Б	461	А	504	Б	547	Б	590	В	633	А	676	Д
376	Г	419	Б	462	Г	505	Г	548	А	591	Г	634	Г	677	В
377	Б	420	В	463	Б	506	Б	549	В	592	Д	635	Б	678	Б
378	Д	421	Д	464	Д	507	В	550	Д	593	В	636	Д	679	Г
379	В	422	В	465	Г	508	Д	551	Г	594	А	637	В	680	В
380	А	423	А	466	В	509	А	552	В	595	В	638	А	681	А

№№		№№		№№		№№		№№		№№		№№	
682	Б	724	А	766	Д	808	Г	850	Д	892	Б	934	Б
683	В	725	Д	767	Г	809	Б	851	В	893	В	935	А
684	В	726	В	768	А	810	Д	852	Б	894	Д	936	Г
685	А	727	Д	769	В	811	В	853	Г	895	Г	937	Б
686	Д	728	Б	770	Д	812	Г	854	В	896	А	938	В
687	Б	729	А	771	Б	813	Г	855	А	897	Д	939	Г
688	Д	730	Д	772	Д	814	Д	856	Д	898	Г	940	В
689	Г	731	Б	773	Б	815	Б	857	Б	899	Б	941	Д
690	В	732	А	774	Д	816	А	858	А	900	Г	942	А
691	Г	733	Д	775	Б	817	Г	859	В	901	Д	943	А
692	А	734	Г	776	В	818	А	860	Г	902	А	944	Б
693	В	735	Б	777	Б	819	А	Атомна та ядерна фізика					
694	Г	736	В	778	Г	820	Д	861	Г	903	В	945	Д
695	Б	737	Д	779	Д	821	Б	862	В	904	В	946	А
696	Д	738	В	780	Г	822	А	863	Б	905	А	947	В
697	А	739	А	781	Г	823	В	864	Г	906	А	948	Д
698	Д	740	Г	782	Б	824	Д	865	Д	907	Б	949	Б
699	В	741	Б	783	А	825	В	866	В	908	В	950	Г
700	Б	742	В	784	Д	826	Б	867	Д	909	В	951	А
701	Г	743	В	785	Г	827	В	868	В	910	В	952	В
702	Д	744	А	786	А	828	Б	869	Д	911	Б	953	Б
703	Б	745	Б	787	Д	829	Д	870	А	912	Г	954	А
704	Д	746	Г	788	Б	830	Г	871	В	913	В	955	Б
705	Г	747	В	789	А	831	Д	872	Б	914	А	956	Д
706	Г	748	Г	790	Д	832	Б	873	Г	915	Д	957	А
707	Б	749	В	791	В	833	А	874	Д	916	Б	958	Б
708	А	750	А	792	Г	834	Д	875	А	917	А	959	Г
709	В	751	Г	793	Г	835	В	876	Г	918	Б	960	В
Оптика								877	Б	919	Д	961	Г
710	Б	752	Г	794	Б	836	Д	878	В	920	Г	962	В
711	Г	753	Г	795	А	837	В	879	Г	921	В	963	В
712	В	754	В	796	Б	838	Г	880	А	922	А	964	А
713	А	755	Б	797	Д	839	А	881	Д	923	В	965	Г
714	Г	756	Д	798	Д	840	Г	882	Б	924	Г	966	В
715	Б	757	А	799	Д	841	В	883	А	925	В	967	Б
716	Г	758	Г	800	Г	842	Б	884	Д	926	Б	968	Б
717	В	759	В	801	Б	843	Г	885	Г	927	Д	969	Д
718	Г	760	Б	802	А	844	Г	886	В	928	Б	970	В
719	В	761	А	803	В	845	Д	887	Б	929	Д	971	А
720	Г	762	В	804	Д	846	В	888	Д	930	В	972	Б
721	В	763	Г	805	Б	847	В	889	В	931	В	973	Б
722	В	764	Б	806	А	848	Д	890	А	932	В	974	В
723	Б	765	Б	807	В	849	Г	891	Г	933	Г	975	Г

ANSWERS ON THE TEST TASKS

Mechanics									Molecular Physics						
No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
1	D	43	D	85	E	127	B	169	C	211	D	253	D	295	D
2	C	44	A	86	B	128	D	170	A	212	C	254	A	296	A
3	A	45	C	87	A	129	C	171	D	213	A	255	B	297	C
4	B	46	A	88	C	130	D	172	B	214	E	256	E	298	E
5	D	47	C	89	D	131	C	173	A	215	D	257	C	299	D
6	A	48	D	90	D	132	A	174	B	216	E	258	B	300	E
7	C	49	B	91	C	133	E	175	D	217	C	259	D	301	C
8	B	50	A	92	A	134	B	176	C	218	D	260	C	302	A
9	E	51	E	93	B	135	D	177	A	219	E	261	A	303	B
10	D	52	B	94	E	136	A	178	B	220	A	262	B	304	A
11	C	53	D	95	D	137	B	179	E	221	E	263	C	305	B
12	A	54	E	96	C	138	C	180	D	222	B	264	D	306	E
13	B	55	C	97	B	139	D	181	E	223	A	265	A	307	C
14	D	56	E	98	A	140	E	182	C	224	D	266	B	308	B
15	B	57	C	99	D	141	B	183	A	225	B	267	A	309	B
16	E	58	B	100	B	142	A	184	B	226	A	268	D	310	C
17	A	59	A	101	E	143	D	185	E	227	E	269	C	311	D
18	D	60	D	102	C	144	E	186	D	228	B	270	E	312	B
19	A	61	B	103	A	145	C	187	A	229	C	271	B	313	B
20	D	62	C	104	C	146	B	188	B	230	C	272	A	314	D
21	E	63	E	105	D	147	D	189	D	231	C	273	C	315	C
22	C	64	C	106	A	148	C	190	C	232	E	274	E	316	B
23	B	65	D	107	E	149	E	191	D	233	D	275	B	317	E
24	D	66	E	108	C	150	B	192	B	234	A	276	E	318	A
25	A	67	C	109	B	151	D	193	C	235	B	277	A	319	D
26	D	68	D	110	D	152	E	194	E	236	E	278	E	320	E
27	B	69	B	111	E	153	A	195	A	237	A	279	D	321	D
28	A	70	D	112	A	154	C	196	A	238	E	280	E	322	C
29	E	71	C	113	B	155	B	197	E	239	C	281	B	323	B
30	B	72	D	114	C	156	D	198	C	240	D	282	E	324	E
31	C	73	E	115	A	157	C	199	A	241	A	283	C	325	C
32	D	74	C	116	D	158	A	200	D	242	C	284	A	326	D
33	E	75	B	117	C	159	C	201	E	243	B	285	E	327	B
34	C	76	E	118	B	160	A	202	C	244	D	286	D	328	C
35	A	77	B	119	E	161	E	203	B	245	C	287	B	329	C
36	B	78	C	120	C	162	D	204	C	246	A	288	D	330	E
37	E	79	A	121	E	163	C	205	E	247	B	289	E	331	E
38	D	80	E	122	A	164	A	206	C	248	C	290	E	332	D
39	A	81	D	123	B	165	B	207	D	249	D	291	C	333	B
40	E	82	C	124	D	166	D	208	E	250	E	292	B	334	C
41	C	83	D	125	C	167	E	209	B	251	D	293	A	335	E
42	B	84	B	126	E	168	B	210	C	252	A	294	C	336	A

№№		№№		№№		№№		№№		№№		№№		№№	
337	C	381	D	424	B	467	C	510	C	553	C	596	B	639	E
338	D	382	E	425	D	468	A	511	A	554	E	597	E	640	B
339	A	383	E	426	A	469	E	512	C	555	E	598	D	641	D
340	E	384	D	427	C	470	B	513	D	556	A	599	C	642	E
341	B	385	B	428	D	471	D	514	A	557	D	600	E	643	E
342	D	386	A	429	E	472	C	515	E	558	B	601	D	644	D
343	A	387	D	430	D	473	A	516	C	559	C	602	A	645	A
344	D	388	B	431	B	474	C	517	B	560	E	603	B	646	E
345	C	389	E	432	C	475	C	518	D	561	C	604	C	647	C
346	B	390	D	433	E	476	C	519	C	562	A	605	E	648	D
347	D	Electrodynamics and Magnetism						520	A	563	E	606	D	649	B
348	E	391	A	434	A	477	E	521	C	564	C	607	A	650	A
349	B	392	C	435	C	478	A	522	B	565	D	608	D	651	A
350	D	393	C	436	C	479	D	523	E	566	B	609	E	652	E
351	A	394	D	437	B	480	D	524	A	567	D	610	C	653	A
352	B	395	C	438	C	481	A	525	C	568	C	611	C	654	C
353	C	396	A	439	B	482	A	526	E	569	B	612	A	655	A
354	A	397	A	440	A	483	C	527	C	570	D	613	E	656	C
355	D	398	C	441	C	484	B	528	A	571	E	614	B	657	C
356	A	399	C	442	B	485	C	529	B	572	B	615	E	658	C
357	D	400	B	443	C	486	E	530	D	573	C	616	A	659	C
358	A	401	A	444	C	487	A	531	C	574	A	617	C	660	A
359	B	402	D	445	C	488	E	532	B	575	C	618	D	661	E
360	C	403	E	446	C	489	A	533	D	576	B	619	B	662	B
361	A	404	B	447	E	490	B	534	B	577	A	620	E	663	C
362	A	405	E	448	B	491	C	535	D	578	E	621	A	664	D
363	B	406	D	449	D	492	A	Oscillation and Waves							
364	A	407	D	450	A	493	B	536	D	579	C	622	B	665	A
365	B	408	B	451	C	494	D	537	A	580	B	623	D	666	C
366	D	409	B	452	E	495	B	538	B	581	B	624	E	667	B
367	A	410	D	453	D	496	A	539	A	582	C	625	C	668	D
368	E	411	B	454	C	497	B	540	E	583	B	626	D	669	C
369	C	412	A	455	D	498	D	541	C	584	A	627	C	670	D
370	D	413	D	456	B	499	C	542	D	585	C	628	E	671	C
371	C	414	C	457	D	500	E	543	A	586	A	629	B	672	D
372	E	415	E	458	C	501	A	544	B	587	E	630	C	673	A
373	A	416	A	459	E	502	B	545	A	588	A	631	D	674	A
374	B	417	E	460	D	503	D	546	D	589	A	632	B	675	D
375	E	418	B	461	A	504	B	547	B	590	C	633	A	676	E
376	D	419	B	462	D	505	D	548	A	591	D	634	D	677	C
377	B	420	C	463	B	506	B	549	C	592	E	635	B	678	B
378	E	421	E	464	E	507	C	550	E	593	C	636	E	679	D
379	C	422	C	465	D	508	E	551	D	594	A	637	C	680	C
380	A	423	A	466	C	509	A	552	C	595	C	638	A	681	A

No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
682	B	724	A	766	E	808	D	850	E	892	B	934	B
683	C	725	E	767	D	809	B	851	C	893	C	935	A
684	C	726	C	768	A	810	E	852	B	894	E	936	D
685	A	727	E	769	C	811	C	853	D	895	D	937	B
686	E	728	B	770	E	812	D	854	C	896	A	938	C
687	B	729	A	771	B	813	D	855	A	897	E	939	D
688	E	730	E	772	E	814	E	856	E	898	D	940	C
689	D	731	B	773	B	815	B	857	B	899	B	941	E
690	C	732	A	774	E	816	A	858	A	900	D	942	A
691	D	733	E	775	B	817	D	859	C	901	E	943	A
692	A	734	D	776	C	818	A	860	D	902	A	944	B
693	C	735	B	777	B	819	A	Atomic and Nuclear physics					
694	D	736	C	778	D	820	E	861	D	903	C	945	E
695	B	737	E	779	E	821	B	862	C	904	C	946	A
696	E	738	C	780	D	822	A	863	B	905	A	947	C
697	A	739	A	781	D	823	C	864	D	906	A	948	E
698	E	740	D	782	B	824	E	865	E	907	B	949	B
699	C	741	B	783	A	825	C	866	C	908	C	950	D
700	B	742	C	784	E	826	B	867	E	909	C	951	A
701	D	743	C	785	D	827	C	868	C	910	C	952	C
702	E	744	A	786	A	828	B	869	E	911	B	953	B
703	B	745	B	787	E	829	E	870	A	912	D	954	A
704	E	746	D	788	B	830	D	871	C	913	C	955	B
705	D	747	C	789	A	831	E	872	B	914	A	956	E
706	D	748	D	790	E	832	B	873	D	915	E	957	A
707	B	749	C	791	C	833	A	874	E	916	B	958	B
708	A	750	A	792	D	834	E	875	A	917	A	959	D
709	C	751	D	793	D	835	C	876	D	918	B	960	C
Optics								877	B	919	E	961	D
710	B	752	D	794	B	836	E	878	C	920	D	962	C
711	D	753	D	795	A	837	C	879	D	921	C	963	C
712	C	754	C	796	B	838	D	880	A	922	A	964	A
713	A	755	B	797	E	839	A	881	E	923	C	965	D
714	D	756	E	798	E	840	D	882	B	924	D	966	C
715	B	757	A	799	E	841	C	883	A	925	C	967	B
716	D	758	D	800	D	842	B	884	E	926	B	968	B
717	C	759	C	801	B	843	D	885	D	927	E	969	E
718	D	760	B	802	A	844	D	886	C	928	B	970	C
719	C	761	A	803	C	845	E	887	B	929	E	971	A
720	D	762	C	804	E	846	C	888	E	930	C	972	B
721	C	763	D	805	B	847	C	889	C	931	C	973	B
722	C	764	B	806	A	848	E	890	A	932	C	974	C
723	B	765	B	807	C	849	D	891	D	933	D	975	D

ЗМІСТ

Розділ 1 ОСНОВИ МЕХАНІКИ	5
1.1 Кінематика матеріальної точки.....	5
1.2 Вільне падіння тіл.....	8
1.3 Рівномірний рух по колу.....	9
1.4 Динаміка матеріальної точки.....	10
1.5 Сили у механіці.....	11
1.6 Механічна робота.....	14
1.7 Закон збереження імпульсу.....	15
1.8 Механічна енергія.....	15
1.9 Статика.....	18
1.10 Елементи гідроаеростатики.....	19
Розділ 2 ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ	21
2.1 Молекулярно-кінетична теорія.....	21
2.2 Основи термодинаміки.....	24
2.3 Взаємні перетворення твердих тіл, рідин і газів.....	29
Розділ 3 ОСНОВИ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ	31
3.1 Електростатика.....	31
3.2 Електроємність. Конденсатори.....	36
3.3 Постійний електричний струм.....	38
Розділ 4 ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ	46
4.1 Властивості магнітного поля.....	46
4.2 Явище електромагнітної індукції.....	51
Розділ 5 КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ	53
5.1 Коливальні рухи.....	53
5.2 Хвильові рухи.....	55
Розділ 6 ОПТИКА	57
6.1 Геометрична оптика.....	57
6.2 Лінзи.....	59
6.3 Хвильова оптика.....	62
6.4 Квантова оптика.....	65
Розділ 7 АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА	70
7.1 Будова атома і ядра.....	70
7.2 Природна радіоактивність.....	73
7.3 Ядерні реакції.....	75
МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ (СІ)	79
Тестові завдання до Розділу 1 «ОСНОВИ МЕХАНІКИ».....	80
Тестові завдання до Розділу 2 «ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ».....	130
Тестові завдання до Розділу 3 «ОСНОВИ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ».....	174
Тестові завдання до Розділу 4 «ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ».....	194
Тестові завдання до Розділу 5 «КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ».....	212
Тестові завдання до Розділу 6 «ОПТИКА».....	256
Тестові завдання до Розділу 7 «АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА».....	296
ВІДПОВІДІ НА ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	332

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Погребняк Володимир Григорович, д-р техн. наук, проф.

Горбань Сергій Васильович, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Гаркушева Валентина Олексіївна, доцент

Пашенко Олексій Валентинович, канд. фіз.-мат. наук, доцент

ОСНОВИ ФІЗИКИ

підручник українською та англійською мовами

Технічний редактор *О.І.Шелудько*

Зведений план 2013 р., поз. № 476

Підписано до друку 05.11.2013 р. Формат 60×84/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman. Друк – ризографія. Ум. друк. арк. 21,1

Обл.-вид. арк. 20,0. Тираж 500 прим. Зам. № 520.

Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 31.
Редакційно-видавничий відділ ННПТ
83023, м. Донецьк, вул. Харитонова, 10.
Тел.: (062) 297-60-50

Свідectво про внесення до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 3470 від 28.04.2009 р.