
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ

УДК 544.77

Г.О. Сіренко, О.В. Кузишин, Л.В. Базюк

Фізична хемія: 1. Хемічна термодинаміка (курс лекцій):

1. Фізична хемія як наука і предмет

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна*

Зв'язок та обумовленість фізичних та хемічних процесів.

Фізична хемія як наука. Мета і завдання, які вирішує фізична хемія. Особливості фізичної хемії. Наукові і технічні проблеми, які розв'язує фізична хемія. Предмет фізичної хемії. Основні розділи предмету фізичної хемії. Теоретичні методи досліджень фізичної хемії. Хемічна термодинаміка. Науковий фундамент термодинаміки. Термодинаміка як наука і метод. Класична термодинаміка. Феноменологічний метод. Загальна (фізична), технічна і хемічна термодинаміка. Завдання хемічної термодинаміки. Статистична термодинаміка.

Методична розробка призначена для підготовки спеціалістів зі спеціальности «Хемія» в університетах класичного типу. Літ. джерел 208.

Ключові слова: фізична хемія, теплосміність, рівняння Майсра, ідеальний газ.

Методична розробка постуила до редакції 2.10.2009; прийнята до друку 2.11.2009.

1.1. Зв'язок та обумовленість фізичних та хемічних процесів.

Світ уявляє собою сукупність енергії, матерії та інформації, які існують у безконечній багатообразности форм, неперервно перетворюючих одна в одну. Ці постійні зміни і рух – невід'ємні властивості Всесвіту і, отже, матерії. Енергія є характеристикою цього руху як з кількісної, так із якісної сторони, тобто його мірою (енергія – міра руху матерії, а маса – міра її інертности). Енергія і маса системи при всіх її перетвореннях не змінюються, інформація неперервно накопичується.

1. **Хемічні процеси супроводжуються та ініціюються фізичними.** З іншого боку, фізичні властивості тіл суттєво залежать від їх хемічного складу.

Механізм хемічних процесів може бути зрозумілий лише на основі фізичних теорій. Фізичні та хемічні явища взаємообумовлені. Ці явища не випадкові: вони підлягають певним закономірностям, які зв'язані з різними формами руху матерії. Хемічні реакції можуть бути джерелом тепла, світла, електричної енергії, а також приводити до вибуху. Течія і кінцевий результат хемічної реакції суттєво залежать від підведення чи відведення теплової, електричної, механічної, електромагнітної форм енергії.

2. **Багато фізичних явищ не зумовлені хемічними процесами.** Наприклад, при охолодженні тіл хемічні реакції можуть і не відбуватися. Але є багато фізичних явищ, які зумовлені хемічними процесами, наприклад:

а) у гальванічному елементі електричний струм створюється за рахунок енергії хемічних реакцій;

б) під час горіння органічного палива виділяється енергія у формі тепла;

в) у двигунах внутрішнього згорання за рахунок енергії горіння палива виконується механічна робота.

3. **Вивчення фотохемічних реакцій** дозволяє глибоко зрозуміти суть складних процесів фотосинтезу.

4. **Теоретичні основи фізичної хемії** лежать в основі фізіології рослин, мікробіології, біохемії, агрохемії, захисту рослин, ґрунтознавства, тощо.

5. **Знання фізичної хемії** потрібні лікарю, який постійно стикається з фізико-хемічними процесами, що протікають в організмі як здорової, так і хворої людини.

1.2. **Фізична хемія** – наука, яка пояснює хемічні явища на основі фізичних принципів та законів і займається дослідженням хемічних

реакцій та хемічних процесів, що супроводжують їх.

1. *Таким чином, фізична хемія* вивчає невід'ємний зв'язок між фізичними і хемічними формами руху матерії, охоплює всі питання теорії хемічних перетворень і розглядає вплив фізичних параметрів на хемічні процеси та хемічного складу на фізичні властивості, розкриває яким чином хемічні реакції пов'язані з різними фізичними процесами – поглинанням і виділенням тепла, теплопередачею, поглинанням та випромінюванням електромагнітної енергії, електричними явищами, тощо.

Як вказує сама назва «фізична хемія», ця наука охоплює питання і проблеми, що знаходяться на межі між хемією та фізикою. Тому, явної межі між фізикою і хемією, між фізичною хемією та іншими хемічними науками встановити не можна. Взаємопроникливість наявна.

1.3. Завдання, що вирішує фізична хемія, є передбачення ходу хемічного процесу, його кінцевого результату та складу кінцевих продуктів; розкриття можливості керування хемічними процесами, тобто забезпечення найбільш швидкого та повного оптимального проведення хемічних процесів, а також кількісний опис хемічних явищ і процесів.

Нехай, наприклад, відбувається реакція



Цей процес можна вивчити так:

- 1) проаналізувати склад речовин, що вступили в реакцію та які утворилися в її наслідок (хемічний метод дослідження);
- 2) вивчити теплові ефекти реакції (фізичний метод дослідження).

Нехай, наприклад, два гази, які реагують між собою, перебувають у замкнутому об'ємі. В міру перебігу хемічної реакції змінюється тиск суміші газів. Вимірюючи цей тиск, можна зробити висновки про перебіг реакції (фізичний метод дослідження).

1.4. Метою вивчення фізичної хемії є пізнання та застосування законів фізики, що прикладені до хемічних явищ.

1.5. Фізична хемія розв'язує низку наукових проблем, а саме:

- *хемічної рівноваги*: основою теорії будь-якого хемічного виробництва є розрахунок максимально можливого виходу хемічної реакції як функції фізичних параметрів (t , p , ...);
- *швидкості хемічних реакцій*: виробність хемічних апаратів визначається швидкістю хемічних перетворень, а можливість

інтенсифікації процесу – шляхами її підвищення;

- *зв'язку властивостей тіла з його структурою і хемічним складом*: необхідно дати відповідь на те, чим визначається і як досягається пластичність, твердість і міцність тіла, тощо;
- *хемічного зв'язку*: необхідно дати відповідь на те, чим визначається реакційна здатність, структура, форма, електричні і енергетичні характеристики молекул і т. п.

1.6. Фізична хемія розв'язує низку технічних проблем, а саме:

- отримання матеріалів із заданими властивостями (жароміцних, термотривких, високопружних і високоміцних тощо);
- аналізи і розділення речовин (газів, рідин, ізотопів, продуктів піролізу і т. ін.);
- отримання особливо чистих матеріалів (напівпровідників, надпровідників і т. ін.);
- експресної фізико-хемічної аналізи і визначення властивостей (автоматизація виробництва);
- характеристики структури стопів і швидкостей процесів, які відбуваються в них;
- застосування надвисоких температур і тисків для синтезу штучних алмазів та інших матеріалів з унікальними властивостями тощо. З фізичною хемією пов'язані і досягнення в матеріалознавстві, біології, медицині, атомній промисловості, радіології, теорії горіння палива, в ракетній техніці тощо.

1.7. Основні розділи фізичної хемії як предмета.

Курс фізичної хемії ділиться на кілька основних розділів:

1. Розділ «Будова і властивості речовини», в якому вивчається взаємозв'язок між будовою атомів, молекул, йонів, радикалів та надмолекулярних утворень і фізичними та хемічними властивостями; зв'язок будови речовини, яка знаходиться в газовому, рідкому, твердому та плазменному агрегатних станах, з фізичними та хемічними властивостями. В цьому розділі розглядається геометрія молекул, внутрішньомолекулярний рух і природа міжмолекулярних сил та сил між атомами в молекулі; розглядається утворення хемічного зв'язку, природа йонного, ковалентного та полярного зв'язків, взаємний вплив атомів, поляризація, дипольний момент і полярна структура молекул, йон-гідрогену та водневий зв'язок.

У цьому розділі розглядається також агрегатний стан речовин, природа газового стану, ідеальні, неідеальні та реальні гази, рівняння стану цих газів, кінетична теорія газів, рідкий стан,

в'язкість, густина та мольний об'єм рідин, кристали та аморфні тверді тіла, йонні кристали, кристали з ковалентним зв'язком, молекулярні кристали. Цей розділ вивчається окремо від фізичної хемії як предмета і становить основу одного із розділів неорганічної хемії та фізики і хемії твердого тіла.

2. Розділ «Хемічна термодинаміка», в якому на основі загальної (фізичної) термодинаміки вивчаються баланси фізичних і хемічних процесів в різних умовах, зв'язок між різними формами енергії, встановлюються можливості напрямку процесів та закономірності термодинамічної, хемічної та фазової рівноваги, їх зміщення при зміні параметрів.

3. Розділ «Вчення про розчини», в якому розглядається природа, внутрішня структура і властивості розчинів у залежності від природи і концентрації розчинника і розчиненої речовини, процеси утворення розчинів і особливості протікання в них реакцій, фазова рівновага в конденсованих системах, екстракція і кристалізація з розчинів, взаємна розчинність рідин, тверді розчини.

4. Розділ «Електрохемія», в якому розглядаються розчини електролітів, електродні процеси і електрорушійні сили, закономірності взаємного перетворення електричної і хемічної форм матерії і енергії, будова і властивості розчинів електролітів, електропровідність розчинів, процеси електролізу, робота електрохемічних елементів, електросинтез речовин, хемічна і електрохемічна корозія металів і методи захисту металів від корозії.

5. Розділ «Кінетика хемічних реакцій і каталіз», в якому вивчається швидкість і молекулярний механізм хемічних реакцій в гомогенних і гетерогенних системах, вплив зовнішніх умов на ці процеси, а саме: температури, тиску, середовища, переміщення, каталізаторів, тощо; ланцюгові реакції, горіння і вибух, люмінесценція і фотохемія, фотохемічні реакції, каталіз, властивості каталізаторів та механізми гомогенного та гетерогенного каталізу, електрохемічна кінетика реакції ізотопного обміну, кінетика радіоактивних процесів.

6. Розділ «Поверхневі явища», в якому розглядається термодинаміка поверхневих явищ та їх вплив на хемічну рівновагу, поверхневі властивості рідин, розчинів та твердих тіл, адсорбція на поверхні твердих тіл та із розчинів, поверхневий натяг, абсорбція; залежність цих явищ від природи тіл і зовнішніх факторів, поверхневі плівки на твердих тілах, природа адсорбційних явищ, адсорбційна рівновага та іонний обмін, адгезія рідин і порошоків, когезія твердих тіл, капілярні явища; механізм утворення і будова подвійного електричного шару.

7. Розділ «Колоїдний стан», в якому розглядаються фізико-хемічні властивості

дисперсних систем, енергетика диспергування і конденсація, кінетичні властивості і методи дослідження дисперсних систем, седиментація, осмос, електрокінетичний потенціал, явища електроосмосу і електрофорезу, оптичні властивості дисперсних систем, міцелоутворення, дифузія в колоїдних системах, ліофобні золі, явища набрякання, гелеутворення, в'язкості, течії; емульсії і суспензії, розчини високомолекулярних систем, істинні і колоїдні розчини полімерів, термодинаміка розчинів, механічні властивості розчинів і драглів полімерів; явище і механізм пластифікації, поверхнево-активні властивості полімерів, адгезія, адсорбція, набрякання полімерів, колоїдні суміші полімерів; молекулярні колоїди і високомолекулярні електроліти, міцелярні електроліти, аерозолі, піни, поверхнево-активні речовини і їх властивості, реологічні властивості дисперсних систем.

8. Розділ «Високомолекулярні сполуки і полімерні композиційні матеріали», в якому розглядаються внутрішня (хемічна і фізична) будова полімерів, гнучкість ланцюгів, фазовий стан і структура та фізико-хемічні, теплові і механічні властивості полімерів у твердому стані; високоеластичний стан, стан скла і в'язкотекучий стан та фазові переходи в полімерах; повзучість і релаксаційні процеси в полімерах; електричні і магнітні властивості полімерів, хемічна стійкість; старіння, термо-, окисна і механічна деструкція полімерів; тертя та зношування полімерів; реологічні властивості полімерів у в'язкотекучому стані; істинні і колоїдні розчини полімерів, термодинаміка розчинів, механічні властивості розчинів і драглів полімерів; явище і механізм пластифікації, поверхнево-активні властивості полімерів, адгезія, адсорбція, набрякання полімерів, колоїдні суміші полімерів; взаємодія полімерів з газами і рідинами, проникність полімерів; емульсії, дисперсії і піни полімерів, емульсійна, суспензійна і дисперсійна полімеризація; емульсійна і міжфазна поліконденсація; іонообмінні високомолекулярні сполуки; композиційні матеріали, наповнені системи, адгезія полімерів до наповнювачів; релаксаційні процеси в композиційних матеріалах.

Цей розділ вивчається окремо від фізичної хемії як предмета і становить основу дисциплін «Хемія високомолекулярних сполук» і «Фізична хемія полімерів».

9. Розділ «Фізико-хемічна аналіза», в якому розглядається рівновага і хемічні взаємодії в складних багатокомпонентних системах за допомогою геометричних досліджень залежності фізичних властивостей від складу і умов існування системи та за допомогою фізико-хемічних методів дослідження, а саме:

- а) термічна, термографічна і термогравіметрична аналізи;
- б) фотолюмінесцентна аналіза розчинів;

- в) хроматографічна аналіза;
- г) методи пулюй-рентгенографічної та фотоелектронної спектроскопії;
- г) електронномікроскопічна аналіза;
- д) мас-спектральна та енерго-мас-спектральна аналізи;
- е) методи інфрачервоної, ультрафіолетової та видимої спектроскопії;
- е) методи електро- та теплопровідності;
- ж) потенціометрії;
- з) фотометрії;
- и) емісійної аналізи;
- і) кріоскопії;
- ї) ядерного магнітного резонансу;
- й) електронного парамагнітного резонансу;
- к) ОЖЕ-спектроскопії;
- л) методи визначення електричних дипольних моментів молекул;
- м) методи спектроскопії комбінаційного розсіяння світла;
- н) методи газової електроннографії;
- о) методи квадрупольного і гамма-резонансу ядер (метод м'ясоубауерської спектроскопії);
- п) методи дослідження оптично-активних речовин: дисперсії оптичного обертання та кругового дихроїзму;
- р) методи вивчення поляризованості і магнітної оптичної активності за допомогою ефектів Керра та Фарадея.

Цей розділ вивчається окремо від фізичної хемії як предмета і складає основу дисциплін «Аналітична хемія» та «Фізико-хемічна аналіза органічних сполук».

У даному курсі доволі коротко розглядаються розділи 2-7.

1.8. Методи фізичної хемії.

При вивченні закономірностей фізичних і хемічних процесів прагнуть їх кількісного вираження, при цьому користуються такими методами:

1. Метод статистичної механіки, який спирається на вчення про молекулярну природу тіл і розглядає властивості речовини, яка складається з великої сукупності частинок, виходячи із законів руху і властивостей окремих частинок і їх розподіленням у відповідності до теорії ймовірності. Як відомо, за нормальних фізичних умов в 1мм^3 міститься близько $N_L = 2,685 \cdot 10^{15}$ молекул (число Лошмідта), а 1 моль речовини містить $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ молекул (число Авогадро).

Цей метод дозволяє порівняти макроскопічні властивості тіл з мікроскопічними властивостями молекул. Метод статистичної механіки дозволяє обґрунтувати поняття і закони термодинаміки. Всі ці поняття формулюються як результат опису дослідів без проникнення в молекулярний механізм процесів.

Метод застосовується для розв'язання завдань хемічної кінетики і каталізу, рівноваги та її зміщення, кінетики адсорбційних процесів, кінетики процесів колоїдних розчинів.

2. Метод термодинаміки, який полягає у знаходженні зв'язків між різними термодинамічними величинами, які визначають стан термодинамічної системи, речовини, і формами перетворення енергій системи без розгляду механізму процесів. Цей метод дає змогу розв'язати низку важливих питань: перетворення різних форм енергії в хемічних процесах; про напрям і характер хемічних процесів та фазових переходів; про хемічну рівновагу.

Метод використовується в хемічній термодинаміці, теорії розчинів, електрохемії, хемії колоїдного стану речовини та високомолекулярних сполук.

Сумісне використання статистичних і термодинамічних методів привело до створення статистичної термодинаміки.

3. Метод квантової механіки, який базується на корпускулярно-хвильовому уявленні про будову матерії, в першу чергу про будову атомів і молекул, дискретності енергії станів. Метод дозволяє пояснити властивості молекул і твердих тіл на основі законів руху і властивостей складових їх частинок, в першу чергу електронів.

Квантово-механічний метод застосовується при вивченні будови речовини.

У фундаментальних дослідженнях фізичної хемії можна зустрітися з використанням всіх трьох методів теоретичних досліджень.

Теоретичні методи фізичної хемії пов'язані з використанням експериментальних фізичних і хемічних методів.

Курс фізичної хемії читається з розрахунку, що студенти ознайомлені з основами математичної аналізи, фізики та неорганічної хемії.

Частина I. Хемічна термодинаміка.

1. Науковий фундамент термодинаміки.

1.1. Термодинаміка (від гр. *therme* – жар, тепло) – наука про взаємні енергетичні перетворення та стани рівноваги в системах, в яких мають місце теплові ефекти.

Термодинаміка вивчає закономірності перетворення різних форм енергії (тепла, роботи, хемічної, електричної, магнітної, випромінювання...) та властивості тіл, завдяки яким проходять ці перетворення. Термодинаміка має справу із властивостями термодинамічних систем, що знаходяться в рівновазі. Вона не описує протікання процесів у часі. Термодинаміка дає точне співвідношення між вимірюваними властивостями термодинамічних систем і відповідає на питання, наскільки глибоко пройде дана реакція до досягнення рівноваги, дозволяє

впевнено передбачити вплив температури, тиску та концентрації на хемічну рівновагу.

Існує і термодинаміка нерівноважних процесів.

Історично склалася назва предмету «термодинаміка» (що не відповідає його змісту) за аналогією з «гідродинамікою», а в дійсності рух тепла (як форми енергії) в ній не розглядається.

1.2. Термодинаміка ґрунтується на двох основних началах (законах, принципах, положеннях, постулатах), які є узагальненням закономірностей, що спостерігаються в природі і в практиці людської діяльності, які застосовані до хемічної рівноваги, електрорушійних сил, фазових рівноваг і поверхневих і міжфазних явищ.

Перше начало термодинаміки є законом еквівалентності енергії, і витікає із загального закону збереження і перетворення енергії речовини, прикладеного до термодинамічних систем і процесів. На його основі складається баланс енергій у будь-яких перетвореннях, при цьому використовуються властивості функцій термодинамічного стану тіл, що енергетично взаємодіють. Але перше начало не визначає можливості і спрямованість термодинамічних процесів.

Друге начало термодинаміки встановлює умови можливостей змін у заданому напрямі, умови рівноваги і ступінь завершеності процесів, які можуть проходити у прямому і зворотньому напрямках.

Обмеження, що накладає друге начало на термодинамічний процес, виражається за допомогою деяких параметрів і функцій стану – ентропії (S), потенціалів Гіббса (G) і Гельмгольца (F) тощо.

Ці два начала доповнені нульовим принципом і третім началом термодинаміки.

Нульовий принцип стверджує про самочинне досягнення теплової рівноваги в ізольованих системах.

Третє начало термодинаміки є доповненням другого у тій частині, що відноситься до розрахунків хемічної рівноваги на основі термічних властивостей речовин та стану і властивостей речовин, стану рівноваги при абсолютному нулі температур.

Ці основні положення термодинаміки мають досить узагальнений характер, а їх формулювання та окремі застосування визначаються залежно від конкретного змісту явищ. Термодинаміка побудована таким чином, що дослідним шляхом встановлені основні начала і положення та застосовано до них звичайний, доволі простий апарат математичної аналізи.

Феноменологічна термодинаміка. Сукупність закономірностей, що виведені математичним шляхом на основі логічного

розвитку начал термодинаміки, становить зміст феноменологічної (класичної) термодинаміки. Вона побудована на чисто дедуктивному принципі: закони термодинаміки розглядають як дослідні (або внаслідок спостережень) узагальнення, з яких виводять наслідки (висновки) для різних окремих випадків (дедукція – від лат. виведення, перехід від загального до частинного; процес логічного висновку, тобто переходу за тими чи іншими правилами логіки від певних пропозицій-посилок до їх наслідків (висновків, заключень), при цьому наслідки завжди можна охарактеризувати як «окремий випадок (приклад)» загальних посилок).

Феноменологічна термодинаміка побудована на таких принципах:

- застосовується лише до макросистем. Окремі частинки (молекули, атоми, електрони) або невелика їх сукупність і, відповідно, структура речовини та механізм процесів на мікроскопічному рівні не розглядаються. Границею макросистем можна вважати сукупність молекул, що визначається числами Лошмідта та Авогадро.
- не вдаючись до мікроскопічного змісту таких макроскопічних величин як тиск, об'єм, густина і т. п., встановлюють між ними зв'язок на основі даних дослідів;
- має справу з властивостями систем, які знаходяться у рівноваговому стані;
- вона не описує протікання процесів у часі;
- дає точне співвідношення між вимірними властивостями системи;
- відповідає на питання: наскільки глибоко пройде даний процес до того, як буде досягнута рівновага;
- дає можливість передбачити вплив температури, тиску, концентрації на рівновагу;
- їй не прийнятні модельні уявлення про структуру речовини і характер руху частинок;
- сила її полягає у незалежності висновків від конкретної моделі системи та наближень, до яких неминуче вдається статистичний підхід.

1.3. У залежності від того, в якій галузі науки і техніки розглядається перетворення енергії, розрізняють загальну (фізичну), технічну і хемічну термодинаміку.

1.4. Фізична (загальна) термодинаміка – наука, в якій викладені теоретичні основи термодинаміки, її начала та їх застосування до фізичних явищ; вона встановлює математичні співвідношення між різними термодинамічними величинами; яка вивчає процеси перетворення різних форм енергій твердих, рідких, газових (в т.ч. і плазменних) тілах і властивості цих тіл; яка розглядає електричні і магнітні явища, випромінювання і поглинання в цих тілах тощо.

Фізична термодинаміка є теоретичною базою технічної і хемічної термодинаміки.

1.5. Технічна термодинаміка вивчає: основні закони фізичної термодинаміки у прикладанні до двох форм енергії— тепла і роботи; процеси, які відбуваються в робочих тілах (газах і парах); властивості робочих тіл (газів і парів); встановлення взаємозв'язку між тепловими і механічними процесами в теплових машинах і холодильних установках; займається розробкою теорії теплових двигунів для раціонального їх конструювання та експлуатації.

1.6. Хемічна термодинаміка вивчає: застосування начал, принципів і загальних положень фізичної термодинаміки до хемічних і фізико-хемічних явищ і термодинамічних систем; процеси і теплові баланси фізичних процесів розчинення, випаровування, кристалізації, адсорбції тощо та хемічні реакції, в яких мають місце теплові ефекти; термодинамічну рівновагу і вплив на термодинамічну рівновагу зовнішніх умов; фазові рівноваги для індивідуальних речовин і сумішей; хемічну рівновагу; вплив на

фазову і хемічну рівноваги зовнішніх умов; процеси і умови самочинного протікання хемічних реакцій.

2. Головними завданнями для хемічної термодинаміки є наступне:

- визначення умов, при яких даний хемічний чи фізико-хемічний процес можливий (без звершення роботи ззовні);
- знаходження границь стійкості даної речовини або сукупності речовин в певних умовах;
- з'ясування, яким чином можна зменшити кількість (або взагалі виключити) утворення небажаних речовин, тобто подавити або виключити бічні реакції; вибрати оптимальний режим процесу (температуру, тиск, концентрацію реагентів тощо); якщо термодинамічні розрахунки вказують на принципову здійсненність процесу, то експериментальним шляхом знаходять умови, які сприяють протіканню процесів з достатньою швидкістю.

Використані джерела інформації

1. Агафонова Е.И., Карпенко П.Г., Рябина Л.В. Практикум по физической и коллоидной химии. – М.: Высш. шк., 1985. – 167с.
2. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / Пер. с англ. И.Г. Абидора; под ред. З.М. Зорина и В.М. Муллера.– М.: Мир, 1979. – 568с.: ил. (307 рис.). – Табл. 39. – Библиогр.: в конце гл. (всего 1741 назв.). – Упражнения: в конце гл. – Предмет. указ.: с. 553-564.
3. Акоюн А.А. Химическая термодинамика: Учебное пособие. – М.: Высш. шк., 1963. – 527 с.: ил. (164 рис.). – Предмет. указ.: с. 523-527.
4. Андреев А.Ф. Температура // БСЭ. – Т.25. – 1976. – С.416.
5. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 520 с.: ил. (113 рис.). – Табл. 46. – Библиогр.: с. 511-512 (66 назв.). – Предмет. указ.: с. 513-518.
6. Афонский С.И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Совет. наука, 1954. – 268с.
7. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М.: Физматгиз, 1963. – 472 с.: ил. (рис. 347). – Табл. 13. – Библиогр.: с. 448-458 (481 назв.). – Прилож.: с. 459-463 (табл. IV). – Имен. указ.: с. 464-468. – Предмет указ.: с. 468-472.
8. Ахметов Б.В., Новиченко Ю.П., Чапурин В.И. Физическая и коллоидная химия. – Л.: Химия, 1986. – 320с.: ил. (101 рис.). – Табл. 5. – Библиогр.: с. 305 (18 назв.). – Упраж. после гл. – Предмет. указ.: с. 307-315.
9. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. – М.: Высш. шк., 1988.
10. Базаров И.П. Термодинамика. – М.: Высш. шк., 1976. – 447с.
11. Базаров И.П. Термодинамика. – М.: Физматгиз, 1991.
12. Балезин С.А., Парфенов Г.С. Основы физической и коллоидной химии. – М.: Просвещение, 1964. – 456с.
13. Баталин Г.И. Сборник примеров и задач по физической химии: Учеб. пособие. – К.: Изд-во КДУ, 1960. – 548 с.: ил. (133 рис.). – Табл. 51. – Прилож.: с. 471-539 (15 табл.). – Ответы: с. 540-546.
14. Білий О.В., Біла Л.М. Фізична і колоїдна хімія. – К.: Вища шк., 1981. – 128с.
15. Біофізична та колоїдна хімія / А.С. Мороз, Л.П. Яворська, Д.Д. Луцевич та ін. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 600с.: ил. (162 рис.). – Табл. 35. – Контр. Запит. і задачі в кінці гл. – Бібліогр.: с. 598-599 (29 назв.). – Предм. Показчик: с. 590-597. – Авт. Показчик законів. – с. 576-589. – ISBN 978-966-382-024-8.
16. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія: Підручник. – Київ-Ірпінь: Перун, 2005. – 544 с. – ISBN 966-569-132-5.

17. **Болдырев А.И.** Демонстрационные опыты по физической и коллоидной химии: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1976. – 256 с.: ил. (72 рис.).
18. **Болдырев А.И.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1974. – 504с.: ил. (210 рис.). – Табл. 94. – Библиогр.: с. 495-496 (54 назв.). – Предмет. указ.: с. 497-500.
19. **Болдырев А.И.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983. – 408с.
20. **Боресков Г.К.** Гетерогенный катализ. – М.: 1986.
21. **Браун М., Доллимор Д., Галвей А.** Реакции твердых тел / Пер. с англ. В.Б. Охотникова, А.П. Чупахина; под ред. В.В. Болдырева. – М.: Мир, 1983. – 360 с.: ил. (22 рис.). – Табл. 17. – Выводы: с. 313-318. – Библиогр.: с. 319-349 (1294 назв.). – Предмет. указ.: с. 350-354.
22. **Булатов Н.К., Лундин Л.Б.** Термодинамика необратимых физико-химических процессов. – М.: Химия, 1984. – 336с.
23. **Булгакова Т.И.** Реакции в твердых фазах. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1972. – 55 с.: ил. (30 рис.). – Табл. 6. – Библиогр.: с. 51 (7 назв.).
24. **Бурдун Г.Д.** Джоуль, единица энергии и работы // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1972. – Т. 8. – с. 212.
25. **Васильев В.П.** Термодинамические свойства растворов электролитов. – М.: 1982.
26. **Галингер И.С., Медведев П.И.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 1972. – 304 с.
27. **Галингер В.С., Хоцяновский О.И.** Лекционные опыты и демонстрационные материалы по физической и коллоидной химии. – К.: Киев. Ун-т, 1965. – 116 с.: ил. (37 рис.). – Табл. 12. – Библиогр.: с. 112 (29 назв.).
28. **Галяс В.Л., Колотницький А.Г.** Фізична і колоїдна хімія. – Львів: Стрийська міська друкарня, 2004. – 272 с.
29. **Гамеева О.С.** Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии. – М.: Высш. шк., 1966. – 276 с.: ил.
30. **Гамеева О.С.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1977. – 328с.
31. **Гегман Ф., Даниельс Ф.** Основы физической химии: Учеб. пособие / Пер с англ. «Outlines of theoretical chemistry» Б. Веселовского, Л. Ченцовой, Л. Шварцмана, Л. Шамовского; под ред. А. Капустинского. – М.-Л.: Госнаучтеххимиздат, 1941. – 628 с.: ил. (170 рис.). – Табл. 82. – Х. Коллоиды: с. 188-224. – Библиогр.: после гл. (132 назв.). – Задачи: после гл. – Прилож.: с. 593-617 (Физ. и мат. формулы). – Имен. Указ.: с. 616-620. – Предмет указ.: с. 620-627. – Символы, сокращ.: с. 627.
32. **Гиббс Д.В.** Термодинамика. Статистическая механика. – М.: Наука, 1982. – 584с.
33. **Гинодман Л.М.** Криометрия // Большая медицинская энциклопедия. – В 30-ти том. [АМН СССР] / Гл. ред. Б.В. Петровский. – 3-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1979. – Т. 11. – 544 с.: ил. (10 л.). – с. 543-544.
34. **Глазгов В.М.** Основы физической химии. – М.: Высш. шк., 1981. – 456с.
35. **Глазгов В.М., Павлова Л.М.** Химическая термодинамика и фазовые равновесия. – М.: Металлургия, 1988. – 560с.
36. **Глінка М.Л.** Загальна хімія / Пер. з рос. М.М. Матійка. – 5-те вид. – К.: Вища шк., 1982. – 608 с.: іл. (173 рис.). – Табл. 40. – Бібліогр.: с. 592 (30 назв.). – Імен. покажчик: с. 593-594. – Предмет покажчик: с. 594-608.
37. **Голиков Г.А.** Руководство по физической химии: Учебное пособие. – М.: Высш. шк., 1988. – 384 с.: ил. 89 рис., 6 табл. – Вопросы для повтор.: в конце гл. – Заключ.: с. 364-365. – Библиогр.: с. 366 (14 назв.). – Прилож.: с. 367- (2 табл.). – Предмет. указ. 368-378. – ISBN 5-06-001332-4.
38. **Гомонай В.І.** Фізична та колоїдна хімія. – Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 496с.: іл. (93 рис.). – Табл. 26. – Бібліогр.: с. 486 (18 назв.). – Предмет. покажчик: с. 477-485. – Додаток: с. 473-476 (5 табл.). – ISBN 978-966-382-056-9.
39. **Горшков В.И., Кузнецов И.А.** Основы физической химии. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 335 с.
40. **Горшков В.И., Кузнецов И.А.** Физическая химия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 264с.
41. **Гречанюк В.І.** Фізична хімія і хімія силікатів: Підручник. – К.: Кондор, 2006. – 434 с.: іл. (123 рис.). – Табл. 17. – Бібліогр.: с. 423-424 (37 назв.). – Предмет. покажчик: с. 425-431. - ISBN 966-8251-90-3.
42. **Гурский И.П.** Элементарная физика с примерами решения задач: Учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 464 с.: ил. (443 рис.).
43. **Гуцуляк Б.М., Мельник О.Д.** Фізична та колоїдна хімія. Міжнародні фізико-хімічні одиниці та величини: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2000. – 212с.
44. **Дамаскин Б.Б., Петрий О.А.** Введение в электрохимическую кинетику. – М., 1983.
45. **Даниэльс Ф., Олберти Р.** Физическая химия / Пер с англ. «Physical chemistry» под ред. К.В. Топчиевой. – М.: Мир, 1978. – 647 с.: ил. (168 рис.). Табл. 68. –Библиогр.: в конце гл. – Прилож.: с. 626-630. – Предмет. указ.: с. 631-638.

46. Дельман Б. Кинетика гетерогенных реакций / Пер. с фр. Н.М.Бажина, Э.Г.Малыгина, В.М.Бердникова; под ред. В.В.Болдырева. – М.: Мир, 1972. – 556 с.: ил. (229 рис.). – Табл. 39. – Выводы: после гл. – Библиогр.: после гл. (363 назв.). – Прилож.: с. 459-521. – Список обозн.: с. 534-545.
47. Денисов Э.Т. Кинетика гомогенных химических реакций: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1978. – 368 с.: ил. (31 рис.). – Табл. 88. – Приложение: с. 323-345. – Библиогр.: с. 346-357 (310 назв.). – Предмет. указ.: с. 358-362.
48. Денисов Э.Т. Кинетика гомогенных химических реакций. – М., 1988.
49. Денисов Э.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И. Химическая кинетика. – М.: 2000.
50. Джоуль Джеймс Прескотт // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1972. – Т. 8. – с. 212.
51. Джоуля-Ленца закон // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1972. – Т. 8. – с. 212.
52. Дулицкая Р.А., Фельдман Р.И. Практикум по физической и коллоидной химии. – М.: Высш. шк., 1978. – 296с.: ил.
53. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1990. – 487с.
54. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики в газах и растворах. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 384с.
55. Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. – М.: Высш. шк., 1974. – 324с.
56. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики: Учеб. пособие. – Изд. 2-е, доп. – М.: Высш. шк., 1976. – 376 с.: ил. (105 рис.). – Табл. 45. – Библиогр.: с. 371 (30 назв.).
57. Ерлыкина М.Е. Равновесие химическое // БСЭ. – Т.21. – 1975. – С.326.
58. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Краткий курс физической химии. – М.: Metallургия, 1979. – 368с.
59. Жуховецкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. – М.: Metallургия, 1976. – 544 с.: ил. (127 рис.). – Табл. 18. – Библиогр.: с. 540-541 (39 назв.). – Указ. Определений: с. 542-543.
60. Задачи по физической химии: Учеб. пособие / В.В.Яремин, С.И.Каргов, И.А.Успенская, Н.Е.Кузьменко, В.В.Лунин. – М.: Экзамен, 2003. – 319 с.: ил. (29 рис.). – Табл. 78. – Приложения: с. 260-272 (20 табл.); с. 273-280 (мат. минимум); с. 281-290 (Основные физ.-мат. форм.). – Ответы к задач.: с. 291-315. – Библиогр.: с. 316-318 (49 назв.). – ISBN 5-94692-155-X.
61. Зайцев О.С. Общая химия. Состояние веществ и химические реакции: Учеб. пособие. – М.: Химия, 1990. – 352 с.: ил. (108 рис.). – Табл. 79. – Библиогр.: с. 8 (4 назв.). – ISBN 5-72-45-0193-7.
62. Захарченко В.Н. Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии: Учеб. пособ. – М.: Просвещение, 1978. – 175 с.: ил. (128 рис.). – Табл. 29. – Библиогр.: с. 173 (17 назв.). – Приложения: с. 168-169 (3 табл.). – Ответы к задач.: с. 170-172. – Кол. Химия: с. 146-167.
63. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Физическая химия: Учебник. – М.: Химия, 2000. – 320с.: ил. (78 рис.). – Табл. 7. – Словарь-указатель основных терминов: с. 307-316. – Библиогр.: с. 317 (11 назв.). – ISBN 5-7245-1090-1.
64. Зубарев Д.Н. Равновесие термодинамическое // БСЭ. – Т.21. – 1975. – С.325 – 326.
65. Зубарев Д.Н. Термодинамика неравновесных процессов // БСЭ. – Т.25. – 1976. – С.482 – 483.
66. Зубарев Д.Н. Энтальпия // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1978. – Т. 30. – с. 199.
67. Зубарев Д.Н., Карапетьянц М.Х. Энтропия БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1978. – Т. 30. – с. 203-205.
68. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. – М.: Химия, 1976.
69. Каданер Л.І. Фізична і колоїдна хемія. – 2е вид., перероб і доп. – К.: Вища шк., 1983. – 288 с.: іл. (110 рис.). – Табл. 4. – Додатки: с. 282-283 (2 табл.).
70. Казанская А.С., Скобло В.А. Расчеты химических равновесий: Сборник примеров и задач. – М.: Высш. шк., 1974. – 288 с.
71. Камерлинг-Оннес Хейке // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1973. – Т. 11. – с. 270.
72. Карапетьянц М.Х. Примеры и задачи по химической термодинамике. – Изд. 4-е, исп. – Учеб. пособие. – М.: Химия, 1974. – 302 с.: ил. (62 рис.). – Табл. 26. – Ответы на задачи: с. 271-284. – Приложения: с. 285-301 (18 табл.).
73. Карапетьянц М.Х. Термодинамика химическая // БСЭ. – Т.25. – С.484.
74. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 584с.: ил. (192 рис.). – Табл. 40. – 159 примеров. – Библиогр.: с. 522-536 (262 назв.). – Прилож.: с. 537-569 (6 табл.). – Предмет. указ.: с. 570-582.
75. Карапетьянц М.Х. Энтропия // БСЭ. – Т.30. – 1978. – С.203 -205.
76. Касаточкин В.И., Пасынский А.Г. Физическая и коллоидная химия. – М.: Медгиз, 1960. – 292с.
77. Киперман С.Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе. – М.: 1979.
78. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. – М. – Л.: Химия, 1975. – 630с.
79. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. – М.: Госхимиздат, 1959. – 596 с.: ил. (195 рис.). – Табл. 70. – Библиогр.: с. 570-574 (150 назв.). – Предмет. указ.: с. 580-595. – Прилож.: с. 575-579.

80. **Киреев В.А.** Краткий курс физической химии. – изд. 5-е. – М.: Химия, 1978. – 624с.
81. **Киреев В.А.** Курс физической химии. – М. – Л.: Госхимиздат, 1951. – 704с.
82. **Киреев В.А.** Курс физической химии. – М.: Госхимиздат, 1955. – 832с.
83. **Киреев В.А.** Курс физической химии. – М.: Химия, 1975. – 776с.
84. **Киреев В.А.** Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. – Изд. 2-е, испр., доп. – М.: Химия, 1975. – 536 с.: ил.: 43 рис., 164 табл. – Библиогр.: после гл. и прилож. (1324 назв.). – Прилож.: с. 509-528 (24 табл.). – Предмет указ.: с. 529-535.
85. **Кириченко В.І.** Загальна хімія: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2005. – 640 с.: іл. (83 рис.). – Табл. 80. – Задачі та вправи: після гл. – Бібліогр.: с. 635 (22 назви). – ISBN 966-642-182-8.
86. **Клюковский Г.И., Мануйлов Л.А.** Физическая химия и химия кремния. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Промстройиздат, 1957. – 264 с.: ил. (102 рис.). – Табл. 26. – Дисперсные системы: с. 160-193.
87. **Клюковский Г.И., Мануйлов Л.А., Чичагова Ю.Л.** Физическая и коллоидная химия, химия кремния. – М.: Высш. шк., 1979. – 336с.
88. **Кнорре Д.Г., Крылова Л.Ф., Музыкантов В.С.** Физическая химия. – М.: Высш. шк., 1981. – 328с.
89. **Коган В.Б.** Гетерогенные равновесия. – Л.: Химия, 1968. – 431 с.
90. **Кононський О.І.** Фізична і колоїдна хімія: Підручник. – 2-е вид., доп. і випр. – К.: Центр учбової л-ри, 2009. – 312 с.: іл. (117 рис.). – Табл. 35. – Бібліогр.: с. 299 (7 назв). – Додатки: с. 300-301 (3 табл.). – Предмет. покажчик: с. 302-307. – ISBN 978-966-364-921-4; ISBN 978-966-7417-98-5.
91. **Костенко Г.М.** Технічна термодинаміка /Під ред. А.І. Рудницького. – К.: Держтехвидав, 1958. – 420с.
92. **Костерев Ф.М., Кушнырев В.И.** Теоретические основы теплотехники. – М.: Энергия, 1978. – 360с.
93. **Краснов К.С.** Физическая химия. – В 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред К.С. Краснова. – М.: Высш. шк., 1995. – 512 с. (Ч 1); 332 с. (Ч 2).
94. **Красовский И.В., Вайль Е.И., Безуглый В.Д.** Физическая и коллоидная химия. – К.: Вища шк., 1983. – 296с.
95. **Краткий курс физической химии / С.М. Кочергин, Г.А. Добренъков, В.Н. Никулин и др. / Под ред. С.М. Кочергина, С.Н. Кондратьева. – М.: Высш. шк., 1968. – 280с.**
96. **Краткий курс физической химии / С.М. Кочергин, Г.А. Добренъков, В.Н. Никулин и др. / Под ред. С.Н. Кондратьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1978. – 312с.: ил (96 рис.). – Табл. 9. – Библиогр.: с. 309 (17 назв.).**
97. **Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя, А.М. Пономаревой.- Л.: Химия, 1983.-231с.**
98. **Крестов Г.А.** Термодинамика ионных процессов в растворах. – Л.: , 1973.
99. **Крестовников А.Н., Вигдорович В.Н.** Химическая термодинамика. – М.: Metallurgia, 1973. – 256с.
100. **Кубо Р.** Термодинамика. – М.: Мир, 1970.
101. **Кудрявцев А.А.** Составление химических уравнений. – М.: Высш. шк., 1968. – 360с.
102. **Кудряшев И.В., Каретников Г.С.** Сборник примеров и задач по физической химии. – М.: Высш. шк., 1991. – 527 с.
103. **Кузнецов В.В.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1964. – 387с.
104. **Кузнецова О.В.** Клаузиус Рудольф Юлиус Эммануэль // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1973. – Т. 12. – с. 285-286.
105. **Кульман А.Г.** Общая химия: Учеб. пособие. – М.: Сельхозгиздат, 1961. – 568 с.: ил. (144 рис.). – Табл. 74. – Прилож.: с. 551-556 (9 табл.). – Предмет. указ.: с. 557-567.
106. **Куриленко О.Д.** Фізична хімія: Учбовий посібник. – К.: Держтехвидав, 1962. – 400 с.: іл.: (142 рис.). – Табл. 22. – Додатки: с. 378-385 (5 табл.). – Бібліогр.: с. 386-387 (44 назв). – Предмет. покаж.: с. 388-394.
107. **Курс физической химии. – В 2-х т /Под ред. Я.И. Герасимова. – М.: Химия, 1963. – Т. 1; 1966. – Т.2.**
108. **Курс физической химии: в 2-х т. /Под ред. Я.И. Герасимова. – М.: Химия. – Т.1. – 1970. – 502с.; Т.2. – 1973. – 623с.**
109. **Курс физической химии: в 2-х т. /Под ред. Я.И. Герасимова. – М.: Химия, 1973. – Т.1,2.**
110. **Курський М.Д., Кучеренко С.М.** Біомембранологія. – К.: Вища шк., 1993. – 260с.
111. **Курта С.А.** Будова речовини: Навч.-метод. посібник. – Івано-Франківськ-Калуш: Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2007. - ? с. – ISBN 978-640-203-8.
112. **Лабовиц Л., Арнс Дж.** Задачи по физической химии с решениями / Пер. с англ. В.Л. Вендило; под ред. Ю.В. Филлипова. – М.: Мир, 1972. – 444 с.: ил. (101 рис.). – Табл. 11. – Библиогр.: с. 440-442 (114 назв.). – Прилож.: с. 438-439.
113. **Лариков Л.Н., Юрченко Ю.Ф.** Структура и свойства металлов и сплавов. Тепловые свойства металлов и сплавов: Справочник. – К.: Наукова думка, 1985. – 438 с.: ил.: 76 рис., 982 табл. –

- Прилож.: с. 399-413 (10 табл. + мат. фор.). – Предмет. указ.: с. 431-437. – Библиогр.: с. 414-430 (317 назв.).
114. **Ластухін Ю.О., Воронов С.А.** Органічна хімія: Підручник. – 2-ге вид., перероб., допов. – Львів: Центр Європи, 2001. – 864 с. – ISBN 966-7022-19-6.
 115. **Лебідь В.І.** Фізична хімія: Підручник. – Харків: Фолио, 2005. – 480с.: іл. (125 рис.). – Табл. 18. – Контрол. запит.: після гл. – Предмет. покаж.: с. 470-477. – Бібліогр.: с. 478- (21 назва). – ISBN 966-03-2751-X.
 116. **Леонтович М.А.** Введение в термодинамику. – М.: Физматгиз, 1961.
 117. **Липатников В.Е., Козаков К.М.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1975. – 200с.
 118. **Ліпатніков В.Є., Козаков К.М.** Фізична і колоїдна хімія. – К.: Вища шк., 1983.-198с.
 119. **Лопаткин А.А.** Внутренняя энергия // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1971. – Т. 5. – с. 167.
 120. **Лукиянов А.Б.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Химия, 1980. – 224с.
 121. **Лукиянов А.Б.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Химия, 1988. – 288с.
 122. **Луцевич Д.Д.** Довідник з хімії: Навч. видання. – 2-е вид. / За ред. Б.С. Зіменковського. – Львів: НВФ «Українські технології», 2005. – 420 с.: іл. (221 рис.). – Табл. 199. – Бібліогр.: с. 410-411 (28 назв.). – ISBN 966-666-077-6.
 123. **Люпис К.** Химическая термодинамика материалов / Пер. с англ. под ред. Н.А. Ватолина и А.Я. Стомахина. – М.: Металлургия, 1989. – 503 с.
 124. **Малахова А.Я.** Физическая и коллоидная химия. – Минск: Высшая шк., 1981. – 304 с.
 125. **Малюшицький І.П.** Фізична і колоїдна хімія: колоїдна хімія. – К.: Радянська школа, 1964. – 184с.
 126. **Медицинская химия: Учебник / В.А. Калибачук, Л.И. Грищенко, В.И. Галинская и др. / Под ред. В.А. Калибачук. – К.: Медицина, 2008. – 400 с.: ил. (67 рис.). – Табл. 29. – 6. Физикохимия поверхностных явлений...: с. 217-251; 7. Физикохимия дисперсных систем: с. 252-317; 8. Физикохимия биополимеров и их растворов: с. 318-341. – Библиогр.: с. 393 (15 назв.). – Предмет. указ.: с. 394-399. – Вопросы и задания для самоконтроля: в конце гл. – ISBN 978-966-8144-90-5.**
 127. **Мелвин – Хьюз Э.А.** Физическая химия. В 2-х кн. /Пер. с англ. Е.Н. Еремина, О.М. Полторака, Ю.В. Филиппова. – М.: Инлитиздат, 1962. – Кн. 1. – 520с. – Кн. 2. – 624 с.
 128. **Мельничук Д.О., Вовкотруб М.П., Шатурський Я.П., Бухтіяров Б.К., Якубович Т.М., Мельникова Н.М.** Органічна хімія в питаннях. – К.: Арістей, 2006. – 248 с. – ISBN 966-381-009-2.
 129. **Менковский М.А., Шварцман Л.А.** Физическая и коллоидная химия. – М.: Химия, 1981. – 296с.
 130. **Миронович Л.М., Мардашко О.О.** Медична хімія: Навч. посбник. – К.: Каравела, 2008. – 165 с.: іл. (36 рис.). – Табл. 16. – 4. Фізико-хімія поверхневих явищ: с. 104-154. – Бібліогр.: с. 155 (6 назв.). – Додатки: с. 156-162. – ISBN 966-8019-69-5.
 131. **Михалічко Б.М.** Курс загальної хімії. Теоретичні основи: Навч. посіб. – К.: Знання, 2009. – 548 с.: іл. (255 рис.). – 24 табл. – Бібліогр.: с. 511 (21 назва). – Додатки: с. 512-542 (12 табл.). – Предмет. покажчик: с. 543-548. – ISBN 978-966-346-712-2.
 132. **Мишин В.П.** Растворы // Большая медицинская энциклопедия. – В 30-ти том. [АМН СССР] / Гл. ред. Б.В. Петровский. – 3-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1984. – Т. 22. – 544 с.: ил. (9 л.). – с. 8-10.
 133. **Мищенко К.П., Полтарацький Г.М.** Вопросы термодинамики и строения водных и неводных растворов электролитов. – Л.: 1976.
 134. **Мороз А.С., Ковальова А.Г.** Фізична та колоїдна хімія. – Львів: Світ, 1994. – 278с.
 135. **Мякишев Г.Я.** Потенциалы термодинамические // БСЭ. – Т.20. – 1975. – С.430.
 136. **Накамура А., Цуцун М.** Принципы и применение гомогенного катализа. – М.: 1983.
 137. **Нижник В.В., Нижник Т.Ю.** Фізична хімія полімерів: Підручник. – К.: Фітосоціоцентр, 2009. – 424 с.: іл. (рис. 344). – Табл. 15. – Бібліогр.: після гл. (94 назви). – Додаток: 18 світлин. – ISBN 978-966-306-149-2.
 138. **Николаев Л.А.** Теоретическая химия: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1984. – 400 с.: ил. (55 рис.). – Табл. 30. – Библиогр.: после гл. (98 назв.). – Предмет. указ.: с. 397-399.
 139. **Николаев Л.А., Тулупов В.А.** Физическая химия. – М.: Высш. шк., 1967. – 523с.
 140. **Основные сведения по физической и коллоидной химии //Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. Справочник в 4-х кн. /Под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – Кн. 1. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 239 – 276.**
 141. **Остафійчук Б.К., Яцура М.М., Гамарник А.М.** Механіка. Молекулярна фізика. Термодинаміка. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2006. – 308 с.: іл. (192 рис.). – Табл. 31. – Задачі: с. 108. – Бібліогр.: с. 303 (13 назв.). – Додаток: с. 300-302. – ISBN 966-8207-50-5 (Ч 1. Механіка).
 142. **Панченков Г.М., Лебедев В.** Химическая кинетика и катализ. – М.: 1985.
 143. **Пасынский А.Г.** Гидратация // Большая медицинская энциклопедия. – В 30-ти том. [АМН СССР] / Гл. ред. Б.В. Петровский. – 3-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1977. – Т. 5. – XVI. – 568 с.: ил. (9 л.). – с. 365-366.

144. Патон А. Энергетика и кинетика биохимических процессов / Пер. с англ. З.Ф. Богаутдинова. – М.: Мир, 1968. – 160 с.: ил. (29 рис.). – Упраз.: после гл. – Библиогр.: с. 138 (15 назв.). – Прилож.: с. 139-157.
145. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия: Учебник. – 4-е изд., доп., перераб. – М.: Высш. шк., 1981 – 592 с.
146. Полторацк О.М. Термодинамика в физической химии. – М.: Высш. шк., 1991. – 320с.
147. Похмурский В.И. Коррозионная усталость металлов. – М.: Металлургия, 1985. – 207 с.: ил. (105 рис.). – Табл. 23. – Библиогр.: с. 198-204 (237 назв.).
148. Практикум по физической и коллоидной химии / Е.В. Бугреева, К.И. Евстратова, Н.А. Купина и др.; под ред. К.И. Евстратовой. - М.: Высш. шк., 1990. – 255с.
149. Равич – Щербо М.И., Новиков В.В. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1975. – 256с.: ил. (115 рис.). – Табл. 44. – Библиогр.: с. 245 (17 назв.). – Предмет. указ.: с. 246-251.
150. Реньо (Regnault) Анри Виктор // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1975. – Т. 22. – с. 31.
151. Рожанский И.Д. Томсон, лорд Кельвин // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1977. – Т. 26. – с. 68.
152. Русанов А.И. Фазовые равновесия и поверхностные явления. – Л.: Химия, 1967. – 388с.
153. Свідзинський А.В. Лекції з термодинаміки: Навч. посібник. – Луцьк: Вежа, 1999. – 83с.: іл. (20 рис.). – ISBN 966-7294-76-5.
154. Семиохин И.А. Физическая химия. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 272 с.
155. Смородинський Я.А. Температура. – М.: Наука, 1987. – 190 с.
156. Сіренко Г.О., Свідерський В.П. Фазові переходи та фазові діаграми реальних газів. – К.: Укр. видав. спілка, 2001. – 62с.
157. Складанюк Р.В., Тарас Т.М., Малахова І.В. Приклади та задачі з фізичної хімії: Хімічна кінетика. Електрохімія: Навч. посібник. – Івано-Франківськ: ВДВ ЦІТ Прикарп. нац. ун-ту ім. В. Стефаніка, 2006. – 123 с.: іл. (9 рис.), 37 табл. – Бібліогр.: с. 115 (16 назв.). – Додаток: с. 116-123 (8 табл.). – ISBN 966-640-166-5.
158. Слободяник М. С., Гордієнко О.В., Корнілов М.Ю. та ін. Хімія: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2003. – 352 с. – ISBN 966-06-285-5.
159. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. – М.: Высш. шк., 1982. – 456 с.
160. Соловьев Ю.И. Очерки по истории физической химии. – М.: Наука, 1964. – 343с.
161. Справочник по элементарной химии / А.Т. Пилипенко, В.Я. Починок, И.П. Серета, Ф.Д. Шевченко / Под ред. А.Т. Пилипенко. – К.: Наук. думка, 1985. – 560 с.: ил. (68 рис.). – Табл. 12. – Примеры решения типов. задач: с. 509-513. – Задачи для самостоят. решения: с. 513-515. – Конкурс. задачи: с. 515-520.–Прилож.: с. 521-546 (10 табл.). Библиогр.: с. 547 (25 назв.).–Предмет. указ.: с. 549-555.
162. Сталл Д., Вестрам Э., Зинке Г. Химическая термодинамика органических соединений /Пер. с англ. В.А. Левицкого, В.М. Сахарова. – М.: Мир, 1971. – 807с.: ил. (53 рис.). – Табл. 995. – Прилож.: с. 719-749 (12 табл.). – Библиогр.: с. 750-793 (1656 назв.). – Указ. соед.: с. 794-801.– Предмет указ.: 802-807.
163. Степаненко О.М., Рейтер Л.Г., Ледовських В.М., Іванов С.В. Загальна та неорганічна хімія. – У 2-х ч. – К.: Педагогічна преса, 2000. – 784 с. – ISBN 955-7320-13-8.
164. Стромберг А.Г., Лельчук Х.А., Картушинская А.И. Сборник задач по химической термодинамике. – М.: Высш. шк., 1985. – 192 с.
165. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия: Учеб. пособие / Под ред. А.Г. Стромберга. – М.: Высш. шк., 1973. – 480 с.: ил. (114 рис.). – Табл. 2. – Библиогр.: с. 467 (12 назв.). – Предмет. указ.: с. 468-477.
166. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия: Учебник / Под ред. А.Г. Стромберга. – 3-е изд., исправ. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 528 с.: ил. (151 рис.). – Библиогр.: с. 511-515 (176 назв.). – Предмет. указ.: с. 516-522. – Приложение: с. 489-510. – ISBN 5-06-003627-8.
167. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. – Изд. 2-е, перераб. / Под ред. А.Г. Стромберга. – М.: Высш. шк., 1988. – 496с.
168. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.; Под общей редакцией В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512с.
169. Теплофизические измерения и приборы / Е.С. Платунов, С.Е. Буравой, В.В. Куренин и др.; под общ. ред. Е.С. Платунова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256с.
170. Термодинамическая система // БСЭ. – Т.25. – 1976. – С.484.
171. Термодинамическое состояние // БСЭ. – Т.25. – 1976. – С.485.
172. Товбин М.В. Физическая химия.- К.: Вища шк., 1975.-488с.
173. Томсона эффект в ферромагнетиках // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1977. – Т. 26. – с. 68.

174. Томсона эффект термоэлектричный // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1977. – Т. 262. – с. 68.
175. Уильямс В., Уильямс Х. Физическая химия для биологов. – М.: Мир, 1976. – 600с.
176. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии: в 2-х томах /Пер. с англ. А.В. Беспалова, А.П. Жукова, В.В. Паукова. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 304с. – Т. 2. – 664с.
177. Фиалков Ю.Я., Житомирский А.Н., Тарасенко Ю.А. Физическая химия неводных растворов. – Л.: Химия, 1973. – 376с.
178. Физика твердого тела / И.К. Верещагин, С.М. Кокин, В.А. Никитенко и др. / Под ред, И.К. Верещагина. – М.: Высш. шк., 2001. – 237 с.
179. Ферми Э. Термодинамика. – Х.: Изд-во Харьк. ун-та, 1969.
180. Физическая химия / А.А. Пашенко, А.А. Мясников, Е.А. Мясникова и др.; под ред. А.А. Пашенко. – М.: Высш. шк., 1986. – 368с.
181. Физическая химия / Под ред. Никольского Б.П. – Л.: Химия, 1987. – 880с.
182. Физическая химия / И.Н. Годнев, К.С. Краснов, Н.К. Воробьев и др. / Под ред. К.С. Краснова. – М.: Высш. шк., 1982. – 687с.
183. Физическая химия. В 2-х кн. – Изд. 3-е, испр. / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др. / Под ред. К.С. Краснова. – М.: Высш. шк., 2001. –Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика. – 512с.: ил. (160 рис.). – Табл. 22. – Прилож.: с. 495-496 (1 табл.). – Предмет. указ.: с. 497-505. – Библиогр.: с. 303-304 (кн. 2): 24 назв. (кн. 1). – ISBN 5-06-004025-9 (кн. 1); ISBN 5-06-004027-5.
184. Физическая химия. В 2-х кн. – Изд. 3-е, испр. / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др. / Под ред. К.С. Краснова. – М.: Высш. шк., 2001. –Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. – 319с.: ил. (62 рис.). – Табл. 9. – Библиогр.: с. 303-304 (12 назв.). – Прилож.: с. 305-311 (3 табл.). – Предмет. указ.: с. 312-315. – ISBN 5-06-004027-5.
185. Физическая химия. В 2-х томах /Я.И. Герасимов и др. – М. – Л.: Химия, 1970 – 1973.
186. Физическая химия в вопросах и ответах / Под общ. ред. Топиновой, Н.Ф. Федорович. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 264с.
187. Физическая химия. Современные проблемы. Ежегодник /Под ред. Я.М. Колотыркина. – М.: Химия, 1982. – 248с., 1983. – 224с., 1985. – 264с., 1986. – 264с., 1987. – 264с., 1988. – 248с.
188. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство / Под ред. Б.А. Никольского. – Л.: Химия, 1984. – 368с.
189. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство / Под ред. Б.А. Никольского. – Л.: Химия, 1987. – 880с.
190. Фізична і колоїдна хімія / В.І. Кабачний, Л.К. Осіпенко, Л.Д. Грицан та ін. – Х.: Прапор, вид-во Укр.ФА, 1999. – 368 с.: іл. (137 рис.). – Табл. 8. – Бібліогр.: с. 358 (25 назв). – Предмет. покажчик: с. 359-363. – Контрол. питання і задачі: після гл. – ISBN 5-7766-0765-5; ISBN 966-615-021-2.
191. Фізична та колоїдна хімія. Збірник задач: Навч. посібник / В.І. Кабачний, Л.К. Осіпенко, Л.Д. Грицан та ін. / За ред. В.І. Калачного. – Х.: НФАУ; Золоті сторінки, 2001. – 208 с.: іл. (22 рис.). – Додатки: с. 195-203 (11 табл.). – Відповіді до задач: с.181-194.– ISBN 966-615-074-3, ISBN 966-95981-1-7.
192. Фізична та колоїдна хімія. – Вип. III. – Метод. вказівки до проведення лаб.-практ. занять студ. агробіол. / Уклад. Я.П. Меженний. – К.: Урожай, 1964. – 146с. – Додатки: с. 138-144 (10 табл.).
193. Фролов Ю.Г., Белик В.В. Физическая химия. – М.: Химия, 1993. – 464 с.
194. Хейвуд Р. Термодинамика равновесных процессов / Пер. с англ. В.Ф. Пастушенко; под ред. Ю.А. Чизмадзева. – М.: Мир, 1983. – 492 с.
195. Цветкова Л.Б. Фізична хімія: Теорія і задачі: Навч. посіб. – Львів: Магнолія-2006, 2008. – 415 с.: іл.: (34 рис.). – Табл. 45. – Розв'язання типових задач: після гл. – Задачі для самоконтролю: після гл. – Додатки: с. 396-412 (17 табл.). – Бібліогр.: 413 (20 назв). – ISBN 978-966-2025-40-8.
196. Цветкова Л.Б., Романюк О.П. Неорганічна та органічна хімія: Навч. посіб. Ч. II. – Львів: Магнолія-2006, 2007. – 358 с. – ISBN 976-966-2025-00-6.
197. Чанг Р. Физическая химия с приложениями к биологическим системам. – М.: Мир, 1980. – 662с.
198. Шаревская Д.И. Температурные шкалы // БСЭ. – Т.25. – 1976. – С.418.
199. Яковлев И.А. Джоуля-Томсона эффект // БСЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1972. – Т. 8.– с. 212-213.
200. Яковлев А.Г. Практикум по физической и коллоидной химии. – М.: Высш. шк., 1967. – 127с.
201. Яцимирський В.К. Фізична хімія процесів. – К.: ВЦ «Київ. ун-т», 1999. – 143с.
202. Яцимирський В.К. Фізична хімія рівноважних систем. – К.: НОК ВО, 1992. – 112 с.
203. Эдсолл Дж., Гатфренд Х. Биотермодинамика. – М.: Мир, 1986. – 296с.
204. Эйринг Г., Лин С.Г., Лин С.М. Основы химической кинетики / Пер. с англ. Е.Л. Розенберга; под ред. А.М. Бродского. – М.: Мир, 1983. – 528 с.: ил. (111 рис.). – Табл. 50. – Библиогр.: после гл. (543 назв.). – Прилож.: с. 490-521. – Предмет. указ.: 522-524.
205. Элиашберг Г.М. Термодинамика // БСЭ. – Т.25. – 1976. – С.481-482.
206. Эммануэль Н.И., Кнорре Г.Д. Курс химической кинетики. – М.: Высш. шк., 1984. – 463 с.

207. **Эткинс П.** Физическая химия. В 2-х томах /Пер. с англ. под ред. К.П. Бутина. – М.: Мир, 1980. – Т. 1. – 582с. – Т. 2. – 584с.
208. **Zhorov Yu.M.** Thermodynamics of Chemical Processes: Petrochemical Synthesis, Processing of Petroleum, Coal and Natural Gas. – М.: Mir Publishers, 1987. – 520 p.: il. (40 fig.). – Tabl. 118. – Appendix: p. 386-499 (23 tabl.). – References 72: p. 500-502. – Name Index: p. 503-505. – Subject Index: p. 506-517.

Сіренко Г.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Кузишин О.В. – викладач кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Базюк Л.В. – викладач кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Рецензент

Мідак Л.Я. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.