

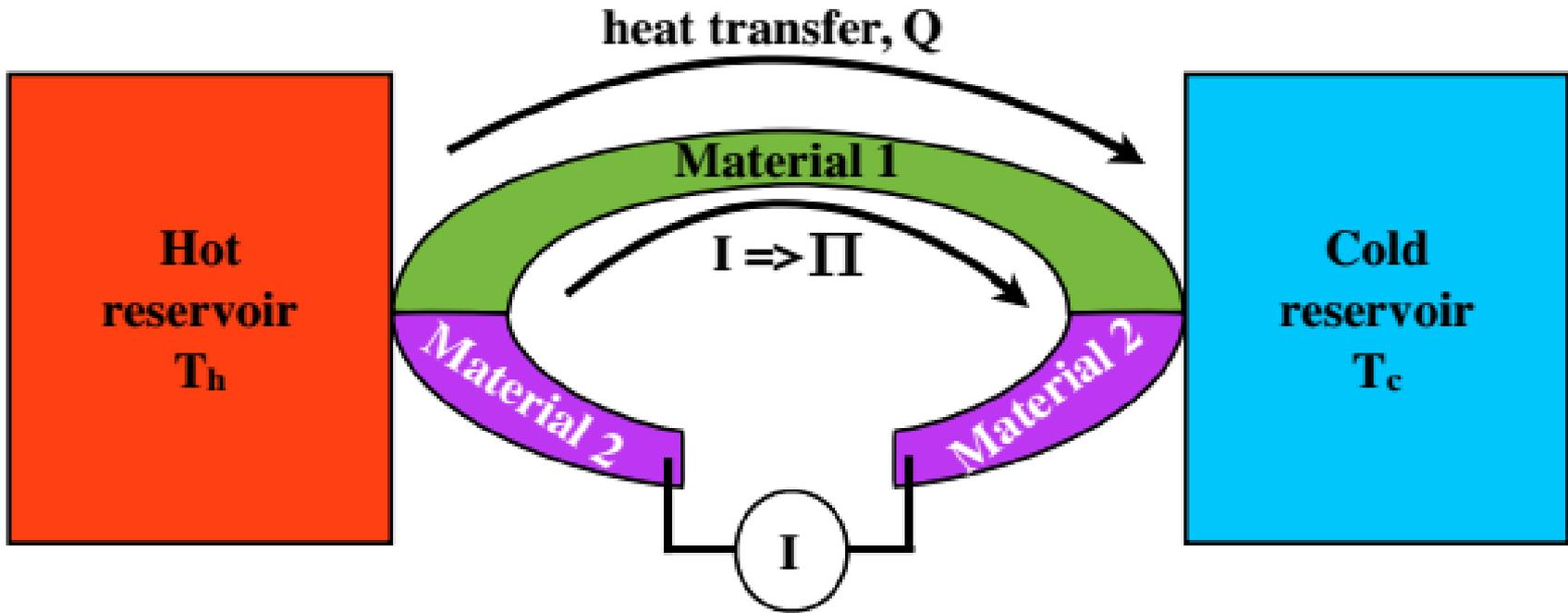
# **TE-MATERIALS**

**ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ  
ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

---

**ПФН(М)-21,  
2017**

# ЕФЕКТ ПЕЛЬТЬЄ



Коефіцієнт Пельтьє:

$$\Pi = \frac{Q}{I}$$

[Вт/А] = [В]

\*це енергія, яка передається кожному електрону на одиницю заряду  
В одиницю часу

# ЕФЕКТ ПЕЛЬТЬЄ

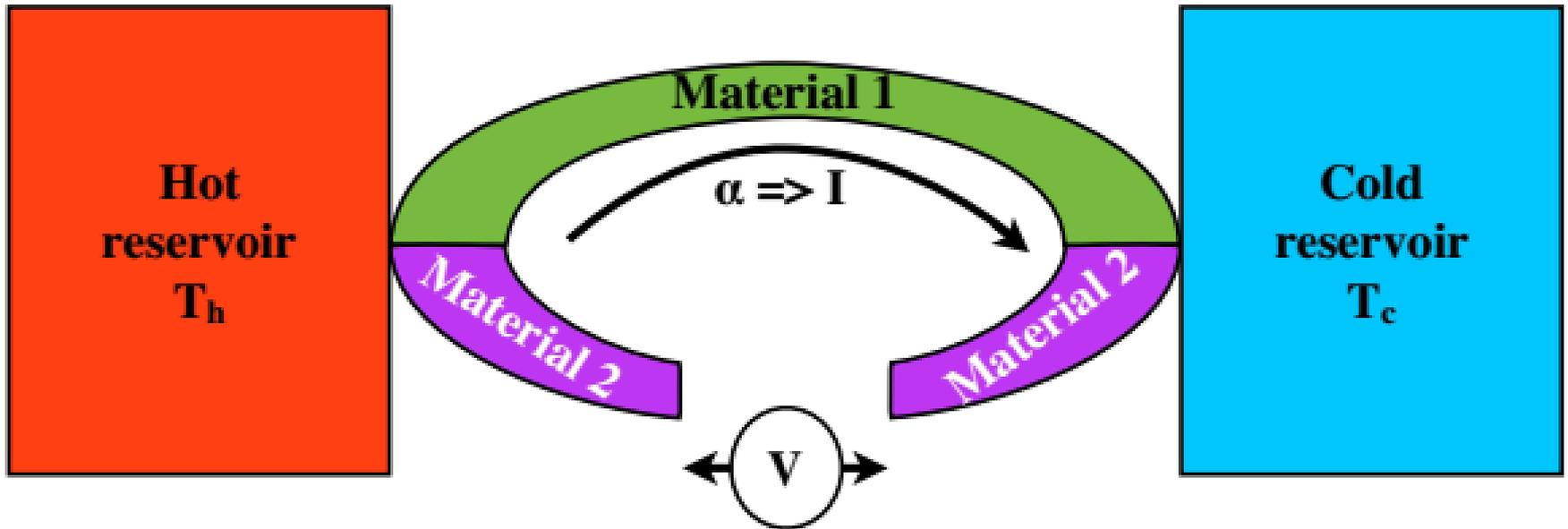
$$\Pi = -\frac{1}{q} \int (E - E_F) \frac{\sigma(E)}{\sigma} dE$$

$$\sigma = \int \sigma(E) dE = q \int g(E) \mu(E) f(E) [1 - f(E)] dE$$

(отримання цього виразу базується на використанні наближення часу релаксації та рівняння Больцмана)

Наведене наближення застосовне для високих температур (>100K). Для розгляду нижчих температур потрібно врахувати ефект захоплення фононів.

# ЕФЕКТ ЗЕЄБЕКА



$$V = \alpha(T_H - T_C) = \alpha\Delta T \quad \alpha = \frac{dV}{dT} \quad [\text{V/K}]$$

Коефіцієнт Зеєбека =  $\frac{1}{q} \times$  ентропію  $\left(\frac{Q}{T}\right)$

# ЕФЕКТ ЗЕЄБЕКА

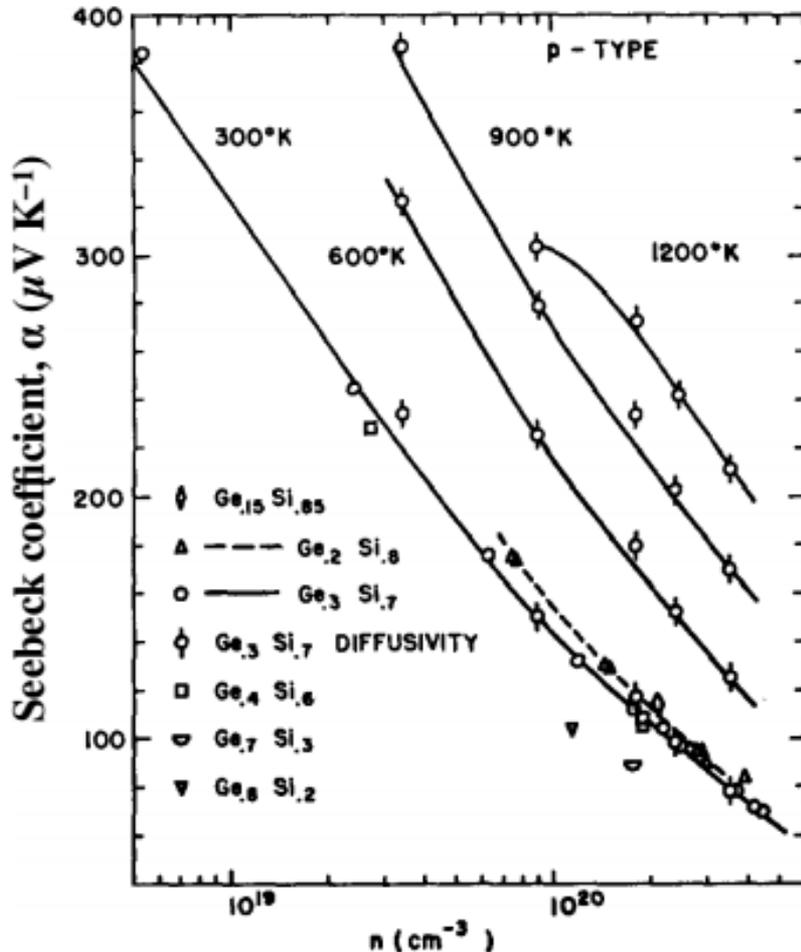
$$\alpha = -\frac{k_B}{q} \int (E - E_F) \frac{\sigma(E)}{\sigma} dE$$

$$\sigma = \int \sigma(E) dE = q \int g(E) \mu(E) f(E) [1 - f(E)] dE$$

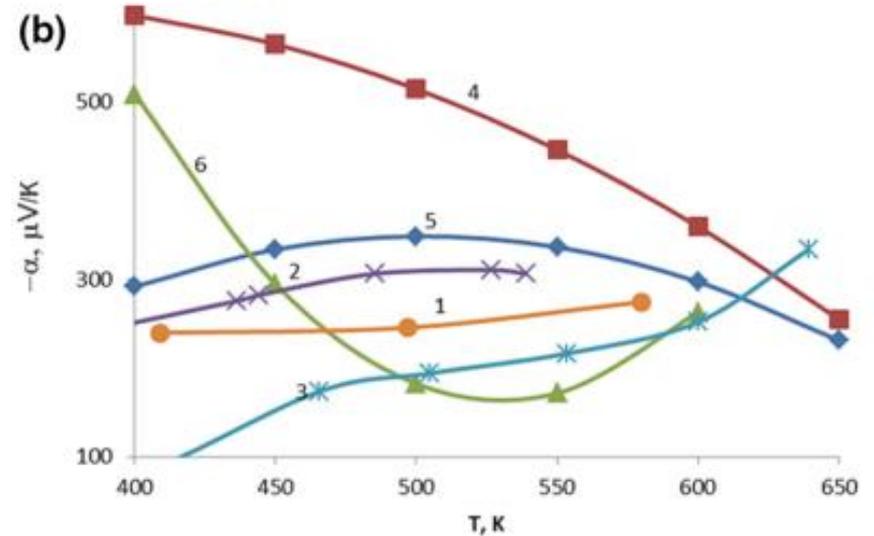
Для електронів у зоні провідності:

$$\alpha = -\frac{k_B}{q} \left[ \frac{E_C - E_F}{k_B T} + \frac{\int_0^{\infty} \frac{E - E_C}{k_B T} \sigma(E) dE}{\int_0^{\infty} \sigma(E) dE} \right]$$

# ЕФЕКТ ЗЕЄБЕКА

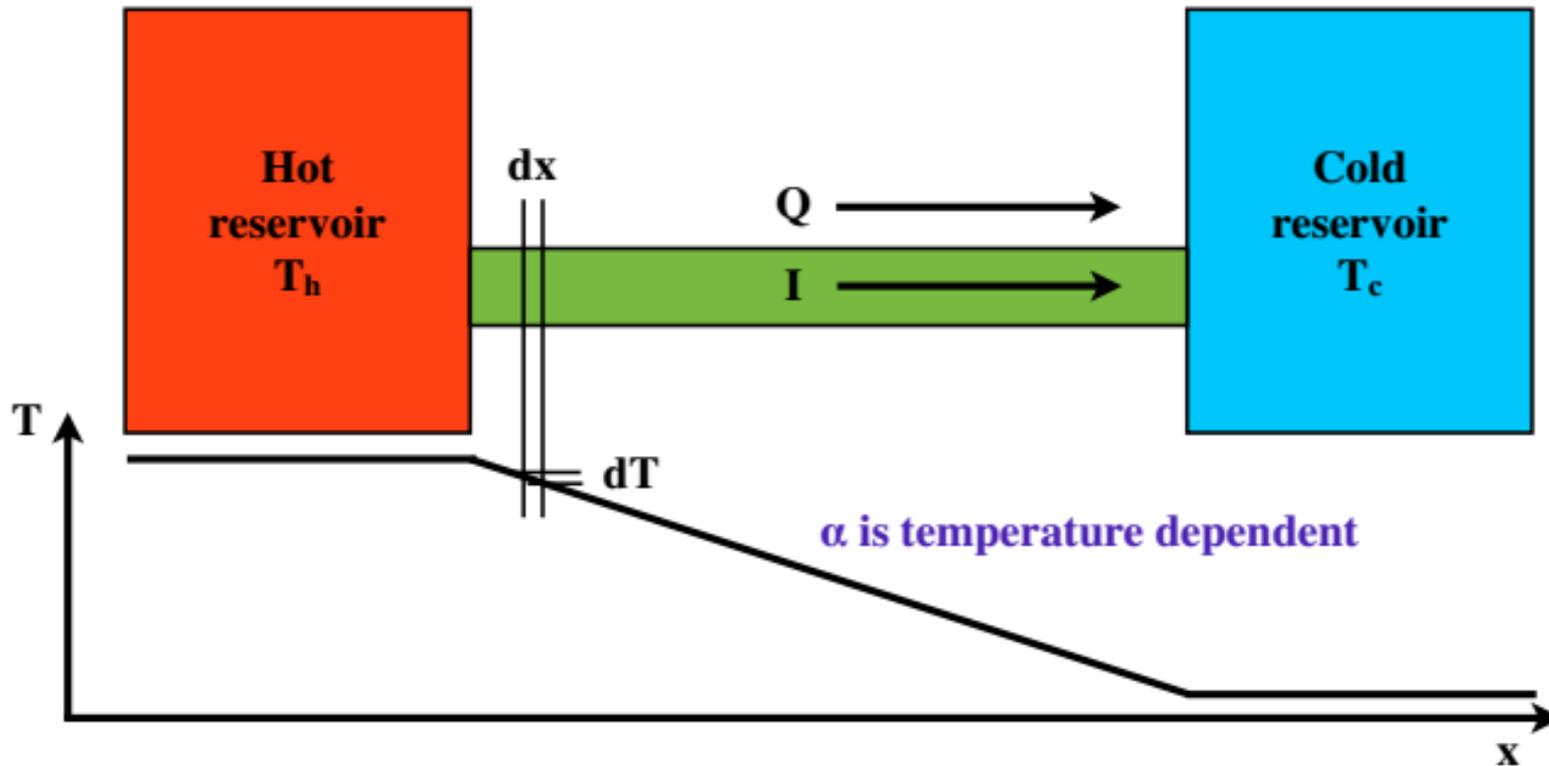


J.P. Dismukes et al., J. Appl. Phys. 35, 2899 (1964)



- PbTe ( $\bullet$ ) – 1,
- PbTe:Sb (0.3 atm.%) ( $\times$ ) – 2,
- PbTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> (1 mol.%) ( $*$ ) – 3,
- Pb<sub>18</sub>Ag<sub>1</sub>Sb<sub>1</sub>Te<sub>20</sub> ( $\blacksquare$ ) – 4,
- Pb<sub>18</sub>Ag<sub>2</sub>Te<sub>20</sub> ( $\diamond$ ) – 5,
- PbTe-Ag<sub>2</sub>Te (10 mol.%) ( $\blacktriangle$ ) – 6

# ЕФЕКТ ТОМСОНА



$$\frac{dQ}{dx} = \beta I \frac{dT}{dx} \quad [\text{B/K}]$$

Коефіцієнт Томсона  $\beta$        $dQ = \beta I dT$

# СПІВВІДНОШЕННЯ КЕЛЬВІНА

$$\Pi = \alpha T \qquad \beta = T \frac{d\alpha}{dT}$$

- ці співвідношення справедливі для всіх матеріалів;
- легко можна експериментально виміряти коефіцієнт Зеєбека, далі за розрахунковими виразами знаходять інші величини.