

Приклад вирішення задач

Завдання №3

Завдання 1: Визначити яка частина акустичних коливань буде "виморожена" при температурі $T = 0.5T_D$? T_D – температура Дебая.

Щільність станів у моделі Дебая $D(\omega) = \alpha\omega^2$. При температурі T_D будуть зайняті всі стани

із частотами до ω_D . Кількість акустичних коливань дорівнюватиме $N_1 = \int_0^{\omega_D} \alpha\omega^2 d\omega = \alpha\omega_D^3 / 3$.

При температурі $0.5T_D$ будуть зайняті стани до енергії $0.5\hbar\omega_D$.

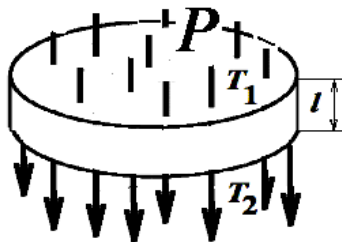
Кількість акустичних коливань з енергією меншою $0.5T_D$ дорівнюватиме

$N_2 = \int_0^{\omega_D/2} \alpha\omega^2 d\omega = \alpha(\omega_D/2)^3 / 3 = \alpha\omega_D^3 / 24$. Частина "виморожених" станів дорівнює:

$$(N_1 - N_2)/N_1 = 7/8$$

Задача 2 : В експериментальній установці вимірювання теплопровідності підводиться постійна теплова потужність $P = 30$ Вт до торця циліндричного образу діаметром 2 см. Зразок має довжину $l = 7$ см. Після встановлення стаціонарного процесу відведення тепла були вимірювані температури двох кінців зразка. $T_1 = 100$ C, $T_2 = 55$ C.

Визначити якийсь матеріал (кремній або германій) досліджувався в експерименті.



Теплопровідність кремнію 150 Вт/(м*К), Німеччина – 70 Вт/(м*К).

Так як процес стаціонарний: $\frac{dQ}{dt} = P = \text{const}$

$$P = -\eta \frac{dT}{dx} S, \eta = -\frac{\frac{P}{S}}{\frac{\Delta T}{l}} = -\frac{Pl}{S\Delta T}$$

Теплопровідність дорівнює 148.62 Вт/(мК). Досліджуваний матеріал – кремній.

Завдання 3: Напишіть розподіл Фермі-Дірака. У моделі вільних електронів, вважаючи ширину перехідної зони рівної kT оцінити частку вільних електронів при $T = 100$ К. $E_F = 3$ eV ; $k = 8,617 \cdot 10^{-5}$ eV / K.

Ширина зони дорівнює $W = kT = 100 * 8.617 * 10^{-5} \text{ eV}$. Частка вільних електронів $W/E_F = 8.617 * 10^{-3} / 3 = 2.87 * 10^{-3}$.

Завдання 4: Для електропостачання будинку необхідно $150 \text{ кВт} * \text{год}$ на місяць. Вважаючи середній потік сонячних променів на кв. м, 500 Вт на кв. м., визначити площу сонячних батарей із кремнію необхідну для електропостачання будинку. Коефіцієнт використовуваного фотоелектричного перетворювача з урахуванням аморфного кремнію напівпровідників - 15% . Середня потужність споживана будинком дорівнює $W = 144 / (30 * 24) = 0.2 \text{ кВт}$. Середня потужність, яка виробляється 1 кв. м сонячної батареї, що дорівнює $W_b = 500 * 0.15 = 75 \text{ Вт}$. Для енергопостачання будинку необхідно встановити $S = W / W_b = 200 / 75 = 2.67 \text{ м}^2$ сонячні батареї.

Завдання 5: За якої довжини хвилі електромагнітного випромінювання виникне фотопровідність у Німеччині?

Ширина енергетичної щілини у Німеччині $W_g = 0.75 \text{ eV}$; $h = 6.62 * 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$; $1 \text{ MeV} = 1.6 * 10^{-6} \text{ ерг}$.

Для виникнення фотопровідності необхідно щоб енергія кванта світла була більшою за величину енергетичної щілини. Критична енергія дорівнює $\hbar\omega = W_g$. Для світла у вакуумі закон дисперсії $\omega = ck$, де c - швидкість світла, k - хвильовий вектор. Так як $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, то довгі хвилі λ енергія квантів дорівнює $E = \frac{hc}{\lambda}$. Для виникнення фотопровідності необхідно

$W_g = \frac{hc}{\lambda}$. Таким чином, довжина хвилі повинна бути меншою ніж $\lambda = \frac{hc}{W_g}$

$$\lambda = \frac{6.62 * 10^{-27} \text{ ерг} * c * 3 * 10^{10} \text{ см} / \text{с}}{0.75 * 1.6 * 10^{-12} \text{ ерг}} = 1.655 * 10^{-4} \text{ см}.$$