

1. Le intercette di un piano cristallino con gli assi cristallografici x y z sono (1 3 2). Determinare gli indici di Miller del piano in questione.
2. Calcolare la temperatura della radiazione cosmica di fondo sapendo che il suo spettro presenta il picco ad una frequenza $f = 283$ GHz.
3. Una lampadina emette ad una lunghezza d'onda $\lambda = 600$ nm. Determinare l'energia del singolo fotone. Si calcoli inoltre la lunghezza d'onda di De Broglie di un elettrone libero di pari energia.
4. Si consideri un elettrone di energia $E = 5$ eV che vede un gradino di potenziale di altezza $V = 1.65$ eV (**Fig. 1**). Determinare la probabilità di riflessione dell'elettrone all'interfaccia del gradino. Si tracci inoltre l'andamento qualitativo del modulo quadro dell'autofunzione associata all'elettrone per $x < 0$ e $x > 0$.
5. Si consideri una particella con relazione di dispersione $\omega(k) = \omega_0 + (\omega_1 - \omega_0) \cdot \sin(ka)$ per $0 \leq k \leq \pi/a$, dove $a = 6 \text{ \AA}$, $\omega_0 = 4 \cdot 10^{13} \text{ rads}^{-1}$ e $\omega_1 = 4.2 \cdot 10^{13} \text{ rads}^{-1}$. Calcolare la massima velocità di gruppo della particella. Per quale o quali k la dispersione è nulla?
6. Si consideri un metallo bidimensionale a temperatura ambiente. Spiegare se il livello di Fermi del metallo varia o meno con la temperatura.
7. Si consideri un semiconduttore intrinseco a temperatura ambiente con $E_G = 1$ eV e $N_C = N_V = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Determinare la probabilità di occupazione in corrispondenza (i) del fondo della banda di conduzione e (ii) del massimo della banda di valenza.
8. Si consideri un semiconduttore drogato n all'equilibrio termodinamico con un gradiente di concentrazione pari a $10^{11} \text{ cm}^{-3}\text{nm}^{-1}$. Sapendo che la massa efficace dell'elettrone è $m^* = 0.2m_0$ e il tempo di rilassamento del momento è $\tau_m = 10$ fs, calcolare la densità di corrente di drift a temperatura $T = 400$ K.
9. La barretta di semiconduttore mostrata in **Fig. 2** è impiegata in un esperimento di effetto Hall. Sapendo che in corrispondenza di una corrente longitudinale $I = 400 \mu\text{A}$ la tensione di Hall è $V_H = 50$ mV, si determini il drogaggio (tipo e valore). Assumendo una mobilità dei portatori maggioritari $\mu = 500 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, determinare la tensione longitudinale V_L (modulo e verso) applicata alla barretta.
10. Stimare l'energia di legame dell'elettrone di un atomo donore nel silicio noti i seguenti parametri: $m_{e1}^* = 0.916m_0$, $m_{e2}^* = 0.19m_0$, $R_y = q^2/(8\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a_0) = 13.6$ eV.

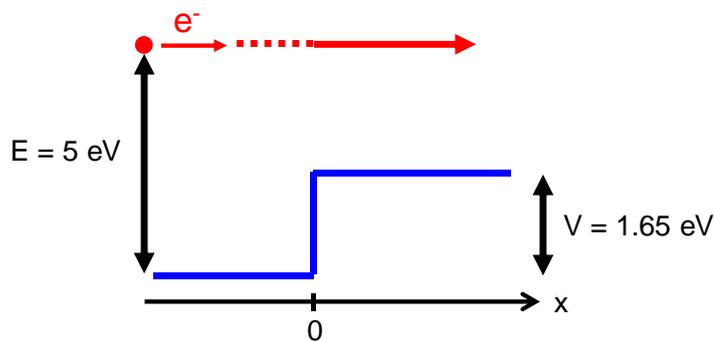


Fig. 1

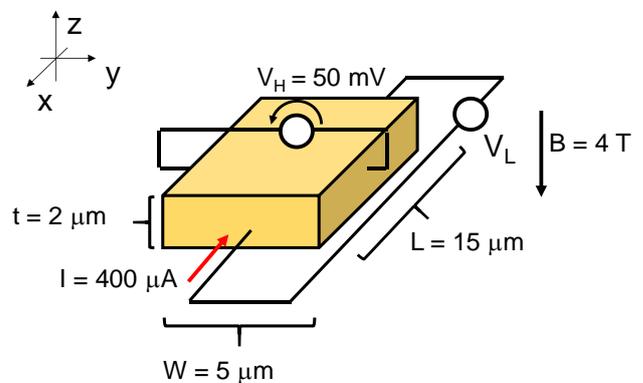


Fig. 2

- The intercepts of a plane and the crystal axes $x y z$ are $(1 \ 3 \ 2)$. Determine the Miller indices of this plane.
- Calculate the temperature of cosmic microwave background radiation knowing that its spectrum shows the peak at frequency $f = 283$ GHz.
- A light bulb emits at the wavelength $\lambda = 600$ nm. Calculate the energy of individual photon. In addition, calculate the De Broglie wavelength of a free electron at the same energy.
- Consider an electron of energy $E = 5$ eV interacting with a potential step of height $V = 1.65$ eV (**Fig. 1**). Calculate the reflection probability of the electron at step interface. Also, draw the qualitative behavior of square modulus of electron eigenfunction for $x < 0$ and $x > 0$.
- Consider a particle with dispersion law $\omega(k) = \omega_0 + (\omega_1 - \omega_0) \cdot \sin(ka)$ for $0 \leq k \leq \pi/a$, where $a = 6$ Å, $\omega_0 = 4 \cdot 10^{13}$ rads⁻¹ and $\omega_1 = 4.2 \cdot 10^{13}$ rads⁻¹. Calculate the maximum group velocity of the particle. Specify the k value/values where the dispersion is zero.
- Consider a 2D metal at room temperature. Explain if Fermi energy level of the metal changes as function of temperature.
- Consider an intrinsic semiconductor at room temperature with $E_G = 1$ eV and $N_C = N_V = 10^{19}$ cm⁻³. Determine the probability that (i) the bottom of conduction band is occupied and (ii) the top of valence band is occupied.
- Consider a n-doped semiconductor at thermal equilibrium with a concentration gradient equal to 10^{11} cm⁻³nm⁻¹. Knowing that the effective mass of the electron is $m^* = 0.2m_0$ and the momentum relaxation time is $\tau_m = 10$ fs, calculate the drift current at temperature $T = 400$ K.
- The semiconductor bar shown in **Fig. 2** is used in a Hall effect experiment. Knowing that the longitudinal current of $I = 400$ μA induces a Hall voltage of $V_H = 50$ mV, determine the type and value of doping concentration. Given the mobility of majority carriers $\mu = 500$ cm²V⁻¹s⁻¹, determine the longitudinal voltage V_L (absolute value and sign) applied to the bar.
- Estimate the binding energy of an electron of donor atom for a silicon semiconductor given the following material properties: $m^*_l = 0.916m_0$, $m^*_t = 0.19m_0$, $R_y = q^2/(8\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a_0) = 13.6$ eV.

Costanti fisiche:

massa dell'elettrone
 costante di Planck
 carica elettronica
 costante di Boltzmann
 velocità della luce
 costante dielettrica nel vuoto
 costante di Stefan-Boltzmann
 costante di Wien
 raggio di Bohr

$m_0 = 9.109 \cdot 10^{-31}$ kg
 $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J s
 $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C
 $k_B = 1.381 \cdot 10^{-23}$ J K⁻¹
 $c = 2.998 \cdot 10^8$ m s⁻¹
 $\epsilon_0 = 8.85419 \cdot 10^{-12}$ F m⁻¹
 $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ W m⁻² K⁻⁴
 $c_W = 2.8 \cdot 10^{-3}$ K m
 $a_0 = 0.53 \cdot 10^{-10}$ m

costante dielettrica relativa ϵ_r
 concentrazione intrinseca n_i [cm⁻³]
 gap di energia E_G [eV]
 densità di stati effettiva in banda di conduzione N_C [cm⁻³]
 densità di stati effettiva in banda di valenza N_V [cm⁻³]

	Si	Ge
	11.7	16
	1.45×10^{10}	2.4×10^{13}
	1.12	0.66
	2.8×10^{19}	1.04×10^{19}
	1.04×10^{19}	0.6×10^{19}