

1. Si consideri un esperimento di diffrazione elettronica su un reticolo cubico semplice con passo reticolare $a = 0.55$ nm. Determinare la minima differenza di potenziale V_A per cui si osservano almeno 4 picchi di diffrazione corrispondenti ai piani (100).
2. Si consideri la buca di potenziale a pareti infinite mostrata in **Fig. 1**. Sapendo che il rapporto tra il numero di elettroni che popolano il terzo livello e il numero di elettroni che popolano lo stato fondamentale a $T = 450$ K è pari a 10^{-5} , calcolare la larghezza della buca assumendo la statistica di Maxwell-Boltzmann come statistica di occupazione dei livelli energetici.
3. Si consideri una buca di potenziale di larghezza $a = 2.5$ nm e altezza $V = 1$ eV. Calcolare il numero massimo di stati consentiti secondo l'approssimazione di buca a pareti infinite e successivamente l'energia dell'ultimo livello confinato tenendo conto dell'altezza finita della buca. Giustificare in modo qualitativo il risultato ottenuto.
4. Si consideri il gradino di potenziale di altezza $V = 0.5$ eV riportato in **Fig. 2**. Sapendo che il rapporto tra flusso trasmesso e flusso incidente è pari a $1/3$, calcolare l'energia cinetica del fascio elettronico incidente e il rapporto tra flusso riflesso e flusso trasmesso.
5. Si consideri la struttura a bande di un semiconduttore dove sia il minimo della banda di conduzione che il massimo della banda di valenza sono collocati in $k = 0$. In seguito all'assorbimento di un fonone di momento $k_f = 1.05 \cdot 10^9$ m⁻¹, un elettrone di energia $E = E_C + 0.15$ eV decade in banda di valenza ricombinandosi con una lacuna avente energia cinetica nulla. Si calcoli la massa efficace dell'elettrone in banda di conduzione esprimendola in funzione di m_0 .
6. Si consideri un metallo monovalente la cui struttura consiste in un reticolo quadrato bidimensionale. Nota la massa efficace dell'elettrone in banda di conduzione $m^* = 1.2 \cdot m_0$ e l'energia media degli elettroni in banda di conduzione a temperatura ambiente $\langle E \rangle = 1.6$ eV, determinare il passo reticolare a del metallo.
7. Si consideri un semiconduttore di tipo n ($N_D = 5 \cdot 10^{16}$ cm⁻³) avente una struttura a bande simile a quella del germanio. Calcolare la posizione del livello di Fermi a temperatura ambiente sapendo che la massa efficace longitudinale $m^*_l = 0.9 \cdot m_0$ e la massa efficace trasversale $m^*_t = 0.12 \cdot m_0$.
8. Si consideri un semiconduttore drogato n ($E_G = 1.15$ eV) la cui conducibilità a temperatura ambiente $\sigma = 1.6 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$. Sapendo che alla medesima temperatura la mobilità elettronica $\mu_n = 1000$ cm²V⁻¹s⁻¹ e la distanza $E_F - E_i = 0.38$ eV, stimare la temperatura per cui il semiconduttore entra in regime intrinseco.
9. Si consideri un semiconduttore in silicio drogato n in cui la massa di conduzione degli elettroni $m^*_c = 0.26 \cdot m_0$ e il tempo di rilassamento del momento $\tau_m = 1.3 \cdot 10^{-13}$ s. Sapendo che l'energia del fonone ottico $\hbar\omega_{LO} = 63$ meV e la densità di corrente in regime di saturazione $J_{SAT} = 70$ kAcm⁻², calcolare la resistività ρ del semiconduttore.
10. Un semiconduttore di tipo p è irraggiato da una sorgente luminosa che induce una fotogenerazione uniforme nel volume del materiale. Sapendo che la concentrazione di elettroni aumenta di un fattore 10^6 , determinare di quanto si sposta a temperatura ambiente il livello di quasi Fermi degli elettroni F_n rispetto al livello di Fermi all'equilibrio E_F .

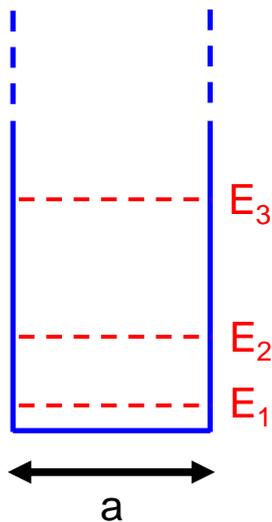


Fig. 1

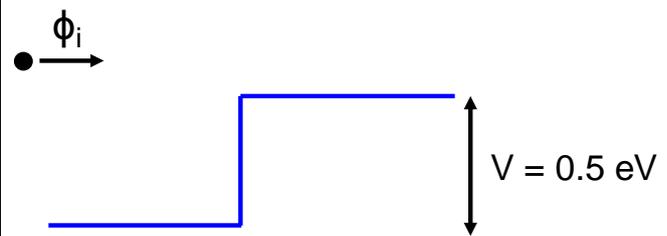


Fig. 2

1. Consider an electronic diffraction experiment performed on a simple cubic lattice with lattice constant $a = 0.55$ nm. Calculate the minimum applied voltage V_A to reveal at least 4 diffraction peaks associated to (100) planes.
2. Consider the infinite well shown in **Fig. 1**. Knowing that the ratio between the number of electrons in the third level and the number of electrons in the ground state at $T = 450$ K is equal to 10^{-5} , calculate the well width assuming the Maxwell-Boltzmann statistics.
3. Consider a potential well of width $a = 2.5$ nm and height $V = 1$ eV. Calculate the maximum number of allowed eigenstates according to infinite well approximation and then the eigenvalue of the highest energy level considering the finite height of well. Give a qualitative explanation.
4. Consider the potential step of height $V = 0.5$ eV shown in **Fig. 2**. Knowing that the ratio between transmitted flux and incident flux is $1/3$, calculate the kinetic energy of incident electron beam and the ratio between reflected flux and transmitted flux.
5. Consider the band structure of a semiconductor in which the minima of conduction band and valence band are located in $k = 0$. Because of the absorption of a phonon of momentum $k_f = 1.05 \cdot 10^9$ m $^{-1}$, an electron of energy $E = E_C + 0.15$ eV recombines with a hole of kinetic energy equal to zero. Calculate the electron effective mass in the conduction band as a function of m_0 .
6. Consider a monovalent metal with a 2D square lattice. Given the electron effective mass in conduction band $m^* = 1.2 \cdot m_0$ and the average energy of electrons in the conduction band at room temperature $\langle E \rangle = 1.6$ eV, determine the lattice parameter a of the metal.
7. Consider a n-doped semiconductor ($N_D = 5 \cdot 10^{16}$ cm $^{-3}$) with a band structure similar to germanium structure. Calculate the position of Fermi energy level E_F at room temperature knowing that the longitudinal effective mass $m^*_l = 0.9 \cdot m_0$ and the transverse effective mass $m^*_t = 0.12 \cdot m_0$.
8. Consider a n-doped semiconductor ($E_G = 1.15$ eV) with electrical conductivity at room temperature $\sigma = 1.6$ Ω^{-1} cm $^{-1}$. Knowing that at the same temperature the electron mobility $\mu_n = 1000$ cm 2 V $^{-1}$ s $^{-1}$ and $E_F - E_i = 0.38$ eV, estimate the temperature to reach the intrinsic regime.
9. Consider a n-doped Si-semiconductor in which the electron conduction mass $m^*_c = 0.26 \cdot m_0$ and the momentum relaxation time $\tau_m = 1.3 \cdot 10^{-13}$ s. Knowing that the optical phonon energy $\hbar\omega_{LO} = 63$ meV and the saturation current density $J_{SAT} = 70$ kAcm $^{-2}$, calculate the semiconductor resistivity ρ .
10. A p-doped semiconductor is irradiated by a light source inducing a uniform photogeneration in the volume of material. Knowing that the electron concentration increases by a factor 10^6 , determine the shift of the electron quasi-Fermi energy level F_n from the Fermi energy level E_F at equilibrium at room temperature.

Costanti fisiche:

massa dell'elettrone	$m_0 = 9.109 \cdot 10^{-31}$ kg	
costante di Planck	$h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J·s	
carica elettronica	$e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C	
costante di Boltzmann	$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23}$ J·K $^{-1}$	
velocità della luce	$c = 2.998 \cdot 10^8$ m·s $^{-1}$	
costante dielettrica nel vuoto	$\epsilon_0 = 8.85419 \cdot 10^{-12}$ F·m $^{-1}$	
costante di Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ W·m $^{-2}$ ·K $^{-4}$	
costante di Wien	$c_W = 2.8 \cdot 10^{-3}$ K·m	
	Si	Ge
costante dielettrica relativa ϵ_r	11.7	16
concentrazione intrinseca n_i [cm $^{-3}$]	1.45×10^{10}	2.4×10^{13}
gap di energia E_G [eV]	1.12	0.66
densità di stati effettiva in banda di conduzione N_c [cm $^{-3}$]	2.8×10^{19}	1.04×10^{19}
densità di stati effettiva in banda di valenza N_v [cm $^{-3}$]	1.04×10^{19}	0.6×10^{19}