

1. Considerare la struttura in **Fig. 1**. È un reticolo di Bravais? In caso negativo, proporre una possibile combinazione base-reticolo. Noto $a = 1\text{ nm}$, determinare la densità atomica superficiale.
2. Si consideri un cristallo cubico semplice con passo reticolare $a = 0.5\text{ nm}$ sottoposto ad esperimento di diffrazione con sorgente a raggi X. Determinare la minima energia E_{min} del fascio per osservare interferenza dai piani $\{100\}$. Supponendo di usare una sorgente avente energia $5E_{min}$, determinare tutti gli angoli di diffrazione per i piani $\{110\}$.
3. Un corpo nero emette una potenza $P_1 = 16\text{ kW}$ e ha una temperatura pari al doppio di quella di un secondo corpo nero di pari area. Sapendo che per il secondo corpo nero il picco dello spettro di emissione (parametrizzato in lunghezza d'onda) si trova a $\lambda = 2\text{ }\mu\text{m}$, determinare la temperatura del primo corpo nero e la potenza emessa dal secondo corpo nero.
4. Si consideri un setup di esperimento fotoelettrico in cui un fascio luminoso ($\lambda = 230\text{ nm}$) viene fatto incidere su un target in metallo ignoto. Nota la tensione di stopping $V_{stop} = -1\text{ V}$, determinare la velocità v_e degli elettroni all'elettrodo di emissione e la funzione lavoro W del metallo.
5. Si consideri il profilo di potenziale riportato in **Fig. 2**, dove un elettrone viaggia da sinistra verso destra con $E = 5\text{ eV}$. Sapendo che il flusso riflesso è pari a $1/3$ del flusso trasmesso, determinare il valore del potenziale V_1 nella prima regione.
6. Si consideri la barriera di potenziale in **Fig. 3**, dove $a = 1\text{ nm}$ e $V_0 = 10\text{ eV}$. Determinare la lunghezza b della regione intermedia affinché la probabilità di trasmissione totale per un elettrone ad energia $E_1 = 5\text{ eV}$ sia pari a $P_t = 3 \cdot 10^{-8}$.
7. Stimare mediante principio di indeterminazione la posizione dei primi 3 autostati del profilo di potenziale in **Fig. 4**, dove $\alpha_1 = 3\text{ eV}/(\text{nm})^2$ e $\alpha_2 = 1\text{ eV}/(\text{nm})^2$. Commentare qualitativamente come cambierebbero i valori e la dipendenza dal numero quantico se si considerasse un profilo (a) $V_1(x) = \frac{1}{2}\alpha_1 x^2$ e (b) $V_2(x) = \frac{1}{2}\alpha_2 x^2$.
8. Si considerino due buche rettangolari di pari larghezza a accoppiate a mezzo di una barriera deltiforme di modulo u_0 . Sapendo che lo stato non stazionario associato al primo doppietto oscilla a una frequenza $\Delta\nu = 10\text{ THz}$ e che l'energia dell'autostato dispari è $E_d = 100\text{ meV}$, stimare la larghezza a delle due buche e l'ampiezza u_0 della barriera.
9. Si consideri un pacchetto d'onda gaussiano centrato in $k_0 = 10^9\text{ m}^{-1}$ con $\sigma_k = k_0/5$, propagantesi in un materiale con relazione di dispersione del tipo $E(k) = E_0 + \frac{E_0}{2} \cos(ka)$ con $a = 0.1\text{ nm}$. Sapendo che al tempo $t = 10\text{ ps}$ la dispersione spaziale del pacchetto è il doppio di quella iniziale ($t = 0$), determinare il valore (in modulo) del parametro E_0 .
10. Un elettrone in un cristallo di passo $a = 1\text{ nm}$ è descritto da un'autofunzione $\psi_k(x)$ con $k = 1.571 \cdot 10^9\text{ m}^{-1}$. Dopo aver stimato il numero N di passi reticolari affinché l'autofunzione $\psi_k(x)$ torni in fase, tracciare il profilo della parte reale della funzione involuppo e il profilo della parte reale dell'autofunzione su $2N$ passi reticolari, sapendo che la funzione di Bloch è di tipo pari con un solo massimo in corrispondenza dell'atomo.

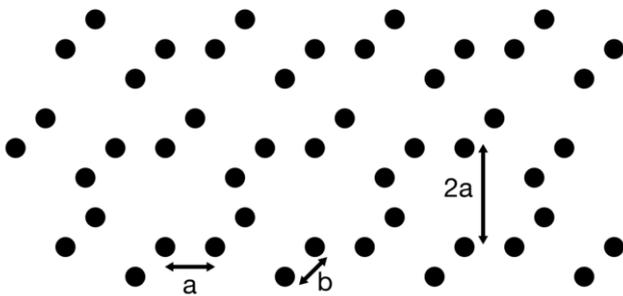


Fig. 1

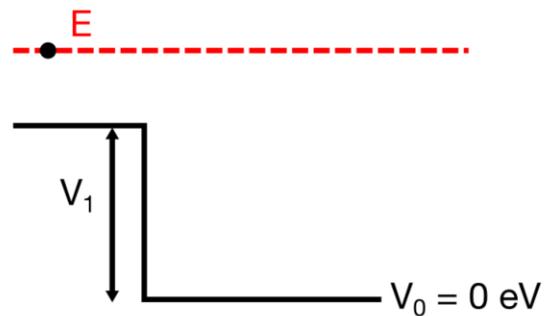


Fig. 2

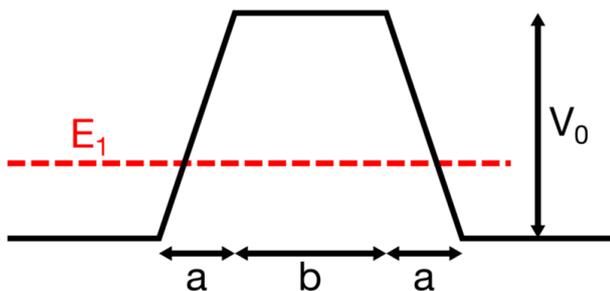


Fig. 3

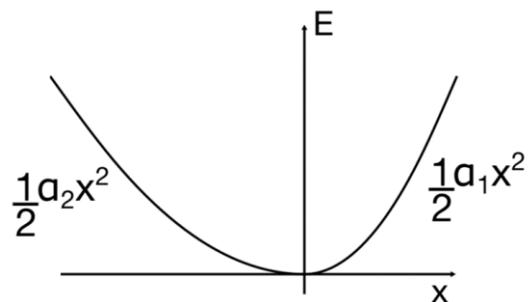


Fig. 4

1. Consider the crystalline structure shown in **Fig. 1**. Is it a Bravais lattice? If not, identify a suitable base-lattice combination. Given $a = 1 \text{ nm}$, calculate the surface atomic density.
2. Consider a cubic crystal with lattice step $a = 0.5 \text{ nm}$, undergoing a diffraction experiment with an X-ray source. Calculate the minimum energy E_{min} of the beam to observe interference from planes $\{100\}$. Considering a source with energy $5E_{min}$, calculate all Bragg diffraction angles for planes $\{110\}$.
3. A black body radiates with power $P_1 = 16 \text{ kW}$ and has a temperature twice that of a second black body with same area. Knowing that for the second black body the peak in the emission spectrum (wavelength-parametrized) is located at $\lambda = 2 \mu\text{m}$, calculate the temperature of the first black body and the power radiated by the second black body.
4. Consider a photoelectric experiment setup where a light beam ($\lambda = 230 \text{ nm}$) is shone on an unknown metal target. Given the stopping voltage $V_{stop} = -1 \text{ V}$, calculate the velocity v_e of electrons at the emission electrode, and the workfunction W of the metal.
5. Consider the potential in **Fig. 2**, where an electron travels from right to left with $E = 5 \text{ eV}$. Knowing that the reflected flux is $1/3$ of the transmitted flux, estimate the value of the potential V_1 in the first region.
6. Consider the potential barrier in **Fig. 3**, where $a = 1 \text{ nm}$ and $V_0 = 10 \text{ eV}$. Estimate the length b of the intermediate region such that the total transmission probability for an electron with energy $E_1 = 5 \text{ eV}$ is $P_t = 3 \cdot 10^{-8}$.
7. Estimate the position of the first 3 eigenstates of the potential well in **Fig. 4** by means of the uncertainty principle, where $\alpha_1 = 3 \text{ eV}/(\text{nm})^2$ and $\alpha_2 = 1 \text{ eV}/(\text{nm})^2$. How would the eigenvalues and the dependence on the quantic number change if a profile (a) $V_1(x) = \frac{1}{2}\alpha_1 x^2$ or (b) $V_2(x) = \frac{1}{2}\alpha_2 x^2$ were considered?
8. Consider two rectangular wells with the same width a coupled by means of a delta-like barrier with modulus u_0 . Knowing that the non-stationary state associated with the first doublet oscillates at a frequency $\Delta\nu = 10 \text{ THz}$, and that the energy of the odd eigenstate is $E_d = 100 \text{ meV}$, estimate the width a of the wells and the barrier amplitude u_0 .
9. Consider a Gaussian wavepacket centered around $k_0 = 10^9 \text{ m}^{-1}$ with standard deviation $\sigma_k = k_0/5$, propagating in a material characterized by a dispersion relation $E(k) = E_0 + \frac{E_0}{2}\cos(ka)$ with $a = 0.1 \text{ nm}$. Knowing that at $t = 10 \text{ ps}$ the spatial dispersion of the wavepacket is twice the initial spatial dispersion ($t = 0$), determine the value of parameter E_0 (in modulus).
10. An electron in a crystal with lattice step $a = 1 \text{ nm}$ is described by an eigenfunction $\psi_k(x)$ with $k = 1.571 \cdot 10^9 \text{ m}^{-1}$. Estimate the number of lattice steps N after which the eigenfunction $\psi_k(x)$ is back in-phase. Draw the profile of the real parts of the envelope function and eigenfunction on $2N$ lattice steps, knowing that the Bloch function is even with a single maximum per atom.

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

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

costante dielettrica relativa ϵ_r
 concentrazione intrinseca $n_i [\text{cm}^{-3}]$
 gap di energia $E_G [\text{eV}]$
 densità di stati effettiva in banda di conduzione $N_c [\text{cm}^{-3}]$
 densità di stati effettiva in banda di valenza $N_v [\text{cm}^{-3}]$

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}