

1. Si consideri il cristallo triatomico mostrato in **Fig. 1**. Stabilire se il cristallo è un reticolo di Bravais, motivando la risposta. Nel caso in cui non fosse un reticolo di Bravais, proporre una possibile combinazione reticolo/base. Noto $a = 2\text{ nm}$, calcolare la densità atomica superficiale.
2. Si consideri un elettrone la cui posizione è misurabile a meno di un'incertezza $\Delta x = 5\text{ nm}$. Stimare la corrispondente incertezza sulla sua velocità v_x lungo l'asse x .
3. Si consideri un corpo nero a temperatura T avente uno spettro di emissione con picco in $\lambda = 650\text{ nm}$. Calcolare lo spostamento del picco dovuto a un aumento di un fattore 2 della potenza emessa da un orifizio della cavità.
4. Un fascio di raggi X emesso da una sorgente con energia $E = 5\text{ keV}$ viene fatto incidere su un cristallo cubico semplice. Stimare la minima distanza interplanare che dà luogo ad almeno un picco di diffrazione. Noto che per un angolo $\theta = 18^\circ$ viene osservato il primo ordine di diffrazione per i piani (110), determinare il passo reticolare del cristallo.
5. Considerare un fascio di luce incidente su un target in Platino ($W = 6.35\text{ eV}$). Sapendo che, in assenza di polarizzazione, la velocità degli elettroni all'anodo è pari a $v = 10^5\text{ m/s}$, determinare la lunghezza d'onda della radiazione luminosa. Calcolare quindi la corrispondente tensione di stopping V_{stop} .
6. Si consideri il gradino di potenziale in **Fig. 2** dove $V = \frac{2}{3}E$. Si calcoli il rapporto tra flusso riflesso e flusso trasmesso.
7. Si consideri il sistema buca-barriera in **Fig. 3**, dove $a = 5\text{ nm}$ e $b = 2.5\text{ nm}$. Sapendo che il tempo di tunneling per un elettrone sul livello E_1 della buca è pari a $T_{tun} = 500\text{ ms}$, stimare l'altezza V_0 della barriera.
8. In una buca rettangolare di potenziale, il rilassamento di un elettrone dal terzo autostato E_3 al primo autostato E_1 causa l'emissione di un fotone con lunghezza d'onda $\lambda_{ph} = 1\text{ }\mu\text{m}$. Usando l'approssimazione di buca a pareti infinite, determinare la larghezza a della buca. Rimuovere quindi l'ipotesi di pareti infinite. La larghezza a determinata precedentemente è una sovrastima o una sottostima della larghezza effettiva della buca?
9. Si consideri una buca di potenziale del tipo $V(x) = \alpha x^\beta$. Sapendo che l'energia degli autostati ha una dipendenza del tipo $E_n \propto n^{0.5}$, stimare il parametro di dipendenza spaziale β del potenziale.
10. Si consideri un pacchetto d'onda gaussiano centrato in $k_0 = 10^9\text{ m}^{-1}$ con deviazione standard $\sigma_k = \frac{k_0}{10}$. Determinare la velocità di gruppo con cui il pacchetto si propaga attraverso un materiale con relazione di dispersione $\omega(k) = \omega_0 \left(1 + \sin\left(\frac{2}{3}ka\right)\right)$, dove $a = 0.6\text{ nm}$ e $\omega_0 = 10^{15}\text{ rad/s}$. Determinare l'istante $\tilde{t}$ in cui il rapporto fra la dispersione del pacchetto e la dispersione iniziale vale $\frac{\sigma_x(\tilde{t})}{\sigma_x(0)} = \sqrt{2}$.

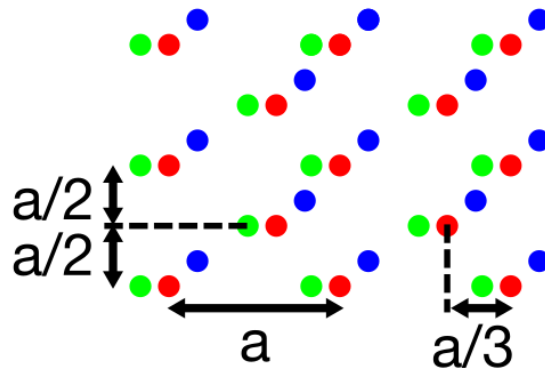


Fig. 1

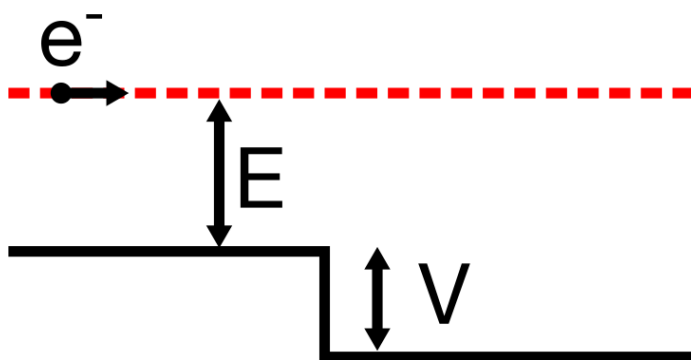


Fig. 2

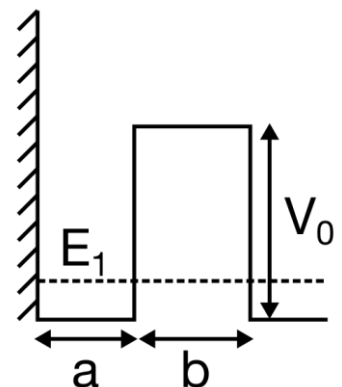


Fig. 3

1. Consider the triatomic crystal shown in **Fig. 1**. Is it a Bravais lattice? Support the answer with suitable arguments. If it is not a Bravais lattice, identify a lattice/basis pair. Given $a = 2\text{ nm}$, calculate the surface atomic density.
2. Consider an electron whose position is known with an uncertainty $\Delta x = 5\text{ nm}$. Estimate the corresponding uncertainty on its velocity v_x along the x-axis.
3. Consider a black body at temperature T whose emission spectrum shows a peak at $\lambda = 650\text{ nm}$. Assume now that the power emitted by a hole in the cavity is doubled. At which wavelength will the new emission peak be located?
4. An X-ray beam emitted by a source with $E = 5\text{ keV}$ energy is directed onto a simple cubic lattice. Estimate the minimum interplanar distance that can be resolved. Knowing that when $\theta = 18^\circ$ the first-order diffraction peak for planes (110) can be observed, determine the atomic spacing of the lattice.
5. Consider a light beam incident on a Platinum target ($W = 6.35\text{ eV}$). Knowing that when no voltage is applied, the electronic velocity at the anode is $v = 10^5\text{ m/s}$, calculate the wavelength of the incoming and the corresponding stopping voltage V_{stop} .
6. Consider the potential step shown in **Fig. 2** where $V = \frac{2}{3}E$. Calculate the ratio between reflected and transmitted flux.
7. Consider the well-barrier system in **Fig. 3**, where $a = 5\text{ nm}$ e $b = 2.5\text{ nm}$. Knowing that the tunneling time for an electron located on the E_1 level of the well is $T_{tun} = 500\text{ fs}$, estimate the barrier height V_0 .
8. In a rectangular potential well, the relaxation of an electron from the third eigenstate E_3 to the first eigenstate E_1 causes the emission of a photon with wavelength $\lambda_{ph} = 1\text{ }\mu\text{m}$. Using the infinite-wall approximation, determine the well's width a . Consider now the same well without the infinite-wall approximation, i.e. with finite domain walls. The width a that was previously determined is an underestimation or an overestimation of the effective well width?
9. Consider a potential well described by $V(x) = \alpha x^\beta$. Knowing that the energy of eigenstates has a dependence on the quantum number n as $E_n \propto n^{0.5}$, estimate the spatial dependence parameter β of $V(x)$.
10. Consider a gaussian wavepacket centered in $k_0 = 10^9\text{ m}^{-1}$ with standard deviation $\sigma_k = \frac{k_0}{10}$. Determine the group velocity with which the packet propagates in a material whose dispersion relation is $\omega(k) = \omega_0 \left(1 + \sin\left(\frac{2}{3}ka\right)\right)$, where $a = 0.6\text{ nm}$ and $\omega_0 = 10^{15}\text{ rad/s}$. Calculate the time $\tilde{t}$ in which the ratio between the current wavepacket dispersion and the initial dispersion $\frac{\sigma_x(\tilde{t})}{\sigma_x(0)} = \sqrt{2}$.

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 $n_i\text{ [cm}^{-3}\text{]}$
 gap di energia $E_G\text{ [eV]}$
 densità di stati effettiva in banda di conduzione $N_C\text{ [cm}^{-3}\text{]}$
 densità di stati effettiva in banda di valenza $N_V\text{ [cm}^{-3}\text{]}$

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}