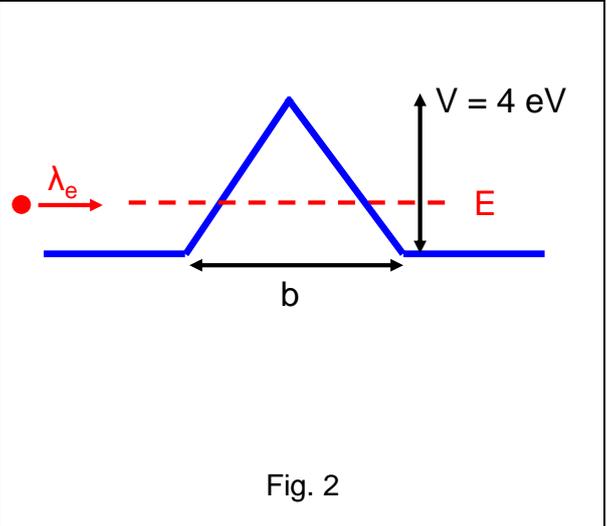
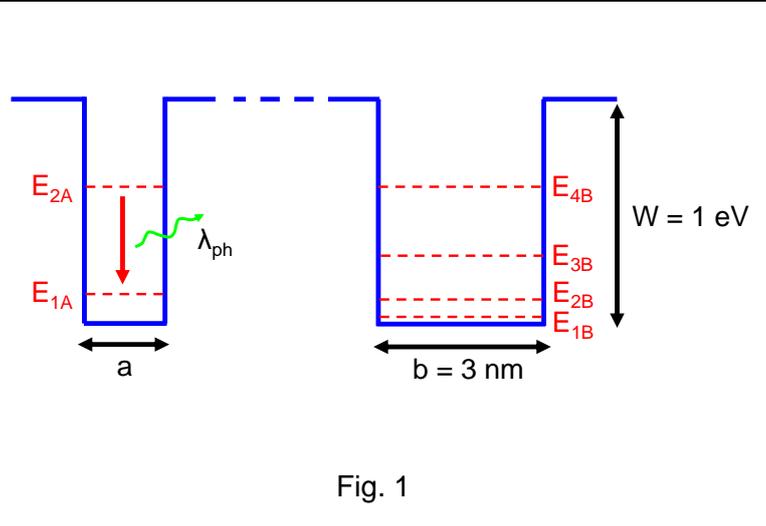


1. Si consideri un oggetto a temperatura ambiente $T = 25^\circ\text{C}$. Determinare la lunghezza d'onda corrispondente al picco di emissione termica. Fino a che temperatura l'oggetto in esame va riscaldato affinché appaia di colore rosso ($\lambda = 650 \text{ nm}$)?
2. Si consideri un metallo illuminato da un fascio luminoso di lunghezza d'onda $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$. Sapendo che la massima energia cinetica degli elettroni fotoemessi è $K_{\text{max},1} = 1.1 \text{ eV}$, determinare la minima lunghezza d'onda di DeBroglie $\lambda_{\text{min},e}$ degli elettroni fotoemessi quando sul medesimo metallo incide una radiazione di lunghezza d'onda $\lambda_2 = 300 \text{ nm}$.
3. Si considerino le buche di potenziale di altezza $W = 1 \text{ eV}$ e larghezza a (incognita) e $b = 3 \text{ nm}$ mostrate in **Fig. 1**. Sapendo che il secondo autovalore della prima buca coincide con il quarto autovalore della seconda buca, determinare la lunghezza d'onda λ_{ph} del fotone emesso a causa del rilassamento di un elettrone tra i due autostati della prima buca. Si adotti l'approssimazione di buca a pareti infinite.
4. Si consideri un elettrone con velocità lungo l'asse x pari a $v_x = 3.6 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$. Sapendo che la velocità è nota con un'incertezza dell'1%, stimare la precisione con cui è possibile misurare la posizione dell'elettrone lungo l'asse x .
5. Un fascio di elettroni di lunghezza d'onda $\lambda_e = 1 \text{ nm}$ incide sulla barriera di potenziale triangolare di altezza $V = 4 \text{ eV}$ mostrata in **Fig. 2**. Sapendo che gli elettroni attraversano la barriera per tunneling con probabilità $P_{\text{tun}} = 10^{-6}$, determinare la larghezza b della barriera.
6. Si consideri un semiconduttore monodimensionale con banda di conduzione descritta dalla relazione di dispersione $E(k) = \frac{E_0}{2} [1 - \cos(ka)]$, con $E_0 = 2 \text{ eV}$ e $a = 1 \text{ nm}$. Calcolare la frequenza di oscillazione di Bloch v_{BLOCH} noto il campo elettrico $F = 200 \text{ KV/cm}$ applicato ai capi del semiconduttore. Si calcoli inoltre il numero di oscillazioni visibili in media se si assume un tempo di rilassamento del momento $\tau_m = 2.1 \text{ ps}$.
7. Si consideri un semiconduttore in arseniuro di gallio ($E_{\text{GAP, GaAs}} = 1.42 \text{ eV}$). Descrivere le principali caratteristiche del materiale in esame e calcolare la lunghezza d'onda principale dei fotoni emessi in seguito al processo di ricombinazione elettrone-lacuna. Un rivelatore in silicio è sensibile alla lunghezza d'onda della radiazione emessa?
8. Si consideri un metallo tridimensionale in alluminio (densità $\rho_{\text{Al}} = 2.70 \text{ g/cm}^3$, massa atomica $Z_{\text{Al}} = 26.981539 \text{ uma}$, dove $1 \text{ uma} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$). Determinare la concentrazione di elettroni in banda di conduzione n a temperatura ambiente sapendo che ciascun atomo contribuisce con 3 elettroni di valenza ($m^* = m_0$). Si calcoli inoltre la velocità di Fermi v_F e la temperatura di Fermi T_F per il metallo considerato.
9. Si consideri un campione in silicio drogato n ($N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$). Determinare la posizione del livello di Fermi E_F a temperatura ambiente ($T = 300 \text{ K}$). Nota l'energia di legame con l'atomo donore pari a 50 meV , calcolare la temperatura a cui la concentrazione di maggioritari si dimezza in seguito alla minore ionizzazione del drogante. Si trascuri la dipendenza della densità di stati effettiva in banda di conduzione dalla temperatura.
10. Un campione di silicio drogato n ($N_D = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) a temperatura ambiente è illuminato da un fascio laser che determina un tasso di generazione uniforme $G = 10^{20} \text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$. Sapendo che il livello di quasi Fermi delle lacune F_p si porta a 0.288 eV al di sotto del livello di Fermi intrinseco E_i , calcolare la costante di tempo di ricombinazione τ .



1. Consider an object at room temperature $T = 25^\circ\text{C}$. Determine the wavelength corresponding to thermal emission peak. Up to what temperature the object must be heated to appear red ($\lambda = 650\text{ nm}$)?
2. Consider a metal irradiated by a light beam of wavelength $\lambda_1 = 400\text{ nm}$. Knowing that the maximum kinetic energy of emitted electrons $K_{\text{max},1} = 1.1\text{ eV}$, determine the minimum DeBroglie wavelength $\lambda_{\text{min},e}$ of the emitted photoelectrons as the same metal is irradiated by a light of wavelength $\lambda_2 = 300\text{ nm}$.
3. Consider the two potential wells of height $W = 1\text{ eV}$ and width a (unknown) and $b = 3\text{ nm}$, respectively, shown in **Fig. 1**. Knowing that the second eigenvalue of the first well coincides with the fourth eigenvalue of the second well, determine the wavelength λ_{ph} of the photon emitted because of a relaxation transition of an electron between the two eigenstates of first well. Use the infinite well approximation.
4. Consider an electron of velocity along x-axis $v_x = 3.6 \cdot 10^7\text{ ms}^{-1}$. Knowing that v_x is known with an uncertainty of 1%, estimate the accuracy limit with which the electron position along x-axis can be measured.
5. An electron beam of wavelength $\lambda_e = 1\text{ nm}$ impinges on the triangular barrier of height $V = 4\text{ eV}$ shown in **Fig. 2**. Knowing that the electrons tunnel the barrier with probability $P_{\text{tun}} = 10^{-6}$, determine the barrier width b .
6. Consider a 1D semiconductor with the conduction band described by dispersion law $E(k) = \frac{E_0}{2} \cdot [1 - \cos(ka)]$ where $E_0 = 2\text{ eV}$ and $a = 1\text{ nm}$. Calculate the Bloch oscillation frequency ν_{BLOCH} given the electric field $F = 200\text{ kV/cm}$ applied to the semiconductor. In addition, calculate the number of visible Bloch oscillations on average for a momentum relaxation time $\tau_m = 2.1\text{ ps}$.
7. Consider a GaAs semiconductor ($E_{\text{GAP, GaAs}} = 1.42\text{ eV}$). Explain the main characteristics of this semiconductor material and calculate the primary wavelength of photons emitted because of the electron-hole recombination process. Is a silicon-based detector sensitive to the wavelength of emitted radiation?
8. Consider a 3D aluminium metal (density $\rho_{\text{Al}} = 2.70\text{ g/cm}^3$, atomic mass $Z_{\text{Al}} = 26.981539\text{ uma}$, where $1\text{ uma} = 1.66 \cdot 10^{-27}\text{ Kg}$). Determine the electron concentration in the conduction band n at room temperature knowing that each atom provides 3 valence electrons ($m^* = m_0$). In addition, calculate the Fermi velocity v_F and the Fermi temperature T_F for the metal.
9. Consider a n-doped silicon sample ($N_D = 10^{16}\text{ cm}^{-3}$). Calculate the Fermi energy E_F at room temperature ($T = 300\text{ K}$). Given the binding energy with donor atom equal to 50 meV , calculate for what temperature the majority carrier concentration is halved as result of reduced doping ionization. Neglect the dependence of effective density of states in the conduction band on the temperature.
10. A n-doped silicon sample ($N_D = 10^{18}\text{ cm}^{-3}$) at room temperature is irradiated by a laser beam inducing a uniform generation rate $G = 10^{20}\text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$. Knowing that the quasi-Fermi level for holes F_p reaches the energy $E_i - 0.288\text{ eV}$, calculate the recombination time constant τ .

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 [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}