1. In un esperimento di effetto fotoelettrico, una sorgente luminosa incide su un elettrodo in oro la cui funzione lavoro è W = 5.3 eV. Si calcoli la minima lunghezza d'onda che permette di rivelare una fotocorrente quando l'elettrodo in oro è a massa ed il secondo elettrodo è polarizzato ad una tensione di -2V.
2. L'andamento degli autovalori della buca parabolica è riconducibile a quello di una molla di costante k collegata ad una massa m. Sapendo che k = 1000 Nm^{-1} e che m = 0.1 kg, calcolare la spaziatura tra i livelli energetici consentiti. Gli effetti quantistici sono rilevanti in queste condizioni? Si ricordi la che la frequenza angolare ω della molla è pari a $\sqrt{(k/m)}$.
3. Si consideri il profilo di potenziale in Fig.1. Stimare i livelli energetici confinati nella buca di sinistra e disegnare l'andamento qualitativo delle corrispondenti autofunzioni. Determinare la larghezza "a" affinchè il terzo livello della buca a destra sia allineato con il secondo livello della buca di sinistra. Che relazione c'è tra le lunghezze d'onda delle autofunzioni in questi autostati?
4. Si considerino i profili di potenziale in Fig. 2, dove un elettrone incide sul gradino di potenziale da sinistra a destra. Si calcolino la probabilità di riflessione per il gradino positivo (in alto) e negativo (in basso). Si tracci per entrambi i casi un grafico qualitativo per le due componenti incidente e riflessa (solo parte reale) evidenziandone le differenze.
5. Un pacchetto di elettroni popola la banda di conduzione di un semiconduttore descritta dalla relazione di dispersione E(k) = E_0[1-cos(ka)], con E_0 = 0.5 eV ed a = 0.7 nm. Dopo aver tenuto applicato un campo elettrico F = 10^3 Vcm^{-1} per lungo tempo. Improvvisamente, all'istante t = 0 viene applicato un campo elettrico uguale in modulo ed opposto in segno, F = -10^3 Vcm^{-1}. Sapendo che il tempo di rilassamento del momento τ_m = 10 ps ed utilizzando il modello di Drude, determinare la velocità al tempo 0 ed il tempo necessario perché la velocità media del pacchetto si annulli.
6. In un campione di GaAs intrinseco (E_G = 1.42 eV) si osserva che, aumentando la temperatura di 1°C, la conduttanza aumenta del 10%. Trascurando la dipendenza dalla temperatura della mobilità e della densità di stati, si stimi la temperatura iniziale del campione.
7. Si considerino due campioni metallici di pari area di cobalto (con funzione lavoro W_{Co} = 5 eV) e Vanadio (W_V = 4.3 eV). Discutere a grandi linee l'effetto termoionico. Considerando il solo contributo esponenziale, calcolare a che temperatura deve essere portato il vanadio per garantire la stessa corrente termoionica del cobalto a temperatura ambiente (300K).
8. Nota l'energia di Fermi E_F = 3.23 eV nel sodio, calcolare la densità atomica e la velocità elettronica ad E_F. Si ricordi che il sodio è un metallo monovalente con un solo elettrone per atomo. Si assuma una massa efficacie m = m_0.
9. Una barretta di semiconduttore presenta una diminuzione del 95% di resistività quando la sua temperatura passa da 300K a 450K. Si dica se il semiconduttore è drogato oppure intrinseco e se ne valuti il suo energy gap E_G.
10. Si consideri un campione di silicio drogato N_D = 10^{16} cm^{-3}. Lo stato donore si trova ad un'energia E_D = E_C – 25 meV. Valutare la temperatura per cui E_F = E_D (limite del regime di Freeze-out) e per cui n_i = N_D (limite del regime intrinseco).

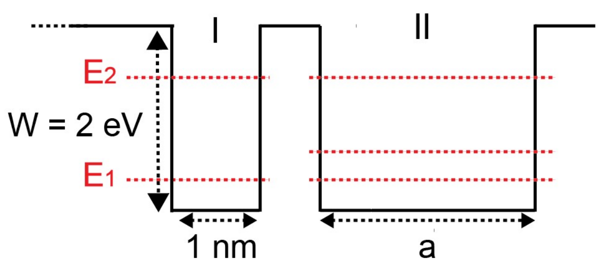

Fig.1

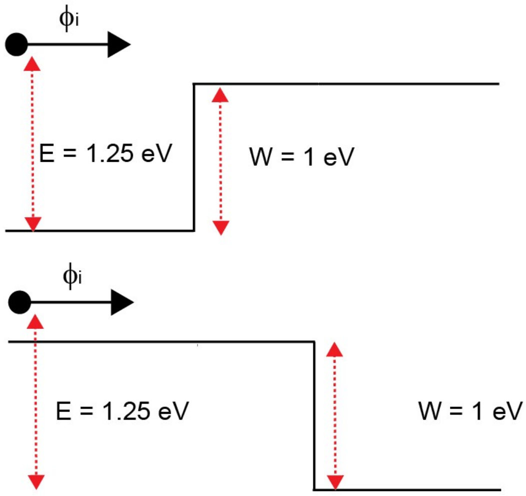

Fig. 2

Solid State Electronics 19.02.2021

1. In an experiment on the photoelectric effect, an electrode built in gold ($W = 5.3$ eV) is irradiated by light beam. Evaluate the minimum wavelength allowing to reveal a photocurrent when the Au electrode is grounded (0 V) and the second electrode is biased at $V_0 = -2$ V.
2. Consider a weight of mass $m = 0.1$ kg tied to a spring with elastic constant $k = 1000$ Nm^{-1}. Evaluate the spacing among the confined eigenenergies. Are quantum effects relevant in this condition? Consider the parallelism with the parabolic potential profile and that the fundamental angular frequency of the spring is $\omega = \sqrt{(k/m)}$.
3. Consider the potential profiles in Fig.1. Estimate the confined eigenenergies in the left well and draw the qualitative shape of the corresponding eigenfunctions. Determine the width "a" to have the 3rd eigenvalue in the right well to be aligned with the 2nd eigenvalue of the left well. What is the relationship between the wavelengths of the eigenfunctions in these eigenstates?
4. Consider the potential profiles in Fig.2 where an electron travels from left to right. Calculate the reflection probabilities for the positive step (top) and the negative step (bottom). Draw the qualitative shape of the incident and reflected components of the eigenfunction for the 2 steps (real part only), discussing the differences.
5. A wavepacket of electrons populated the conduction band of a semiconductor described by the dispersion relationship $E(k) = E_0[1-\cos(ka)]$, with $E_0 = 0.5$ eV and $a = 0.7$ nm. After applying an electric field $F = 10^3$ Vcm^{-1} for long time, suddenly at $t = 0$ an equal in module electric field is applied in the opposite direction $F = -10^3$ Vcm^{-1}. Knowing that the momentum relaxation time is $\tau_m = 10$ps and using the Drude model, determine the velocity at time 0 and the time needed for the average electron speed to vanish.
6. In a GaAs intrinsic sample ($E_G = 1.42$ eV) the conductance increases of about 10% increasing the temperature by 1°C. Neglecting the temperature dependence of mobility and density of states, estimate the initial temperature of the sample.
7. Consider two metallic samples with equal area consisting of cobalt ($W_{Co} = 5$ eV) and Vanadium ($W_V = 4.3$ eV). After describing the thermionic effect, estimate the vanadium temperature at which the thermionic current is equal to the one of cobalt at room temperature (300K). Note: consider only the exponential term for the thermionic emission current.
8. Knowing the Fermi level $E_F = 3.23$ eV in sodium, calculate the atomic density and the electronic velocity at E_F. Note that the sodium is a monovalent metal and it has only one electron per atom. Assume an effective mass $m = m_0$.
9. The resistivity of a semiconductor sample lowers by 95% when the temperature goes from 300 K to 450 K. Is the semiconductor intrinsic or extrinsic? Calculate the band-gap energy E_G.
10. Consider an n-doped silicon sample with $N_D = 10^{16}$ cm^{-3}. The donor state has an energy $E_D = E_C - 25$ meV. Evaluate the temperature for which $E_F = E_D$ (limit of Freeze-out regime) and for which $n_i = N_D$ (limit of the intrinsic regime).

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	$\varepsilon_0 = 8.85419 \cdot 10^{-12}$ 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}