

Prvi kolokvijum iz predmeta Osnovi fizičke elektronike

(Kolokvijum traje 120 minuta)

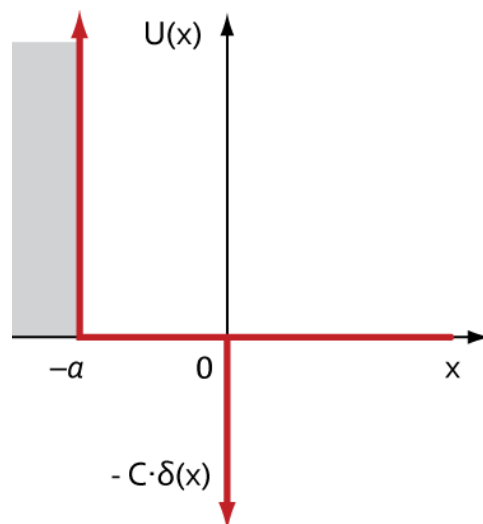
Zadatak koji nije rađen ili čije rešenje ne treba bodovati, jasno označiti u odgovarajućoj kućici na koricama sveske sa oznakom X. Pisati čitko i uredno, zadatak obavezno započeti na novoj stranici. Neuredno i nečitko napisani zadaci neće biti pregledani.

1. Elektron mase m nalazi se u jednodimenzionalnom potencijalu prikazanom na slici. U tački $x = -a$ nalazi se beskonačno visoka barijera, dok je u $x = 0$ potencijal oblika Dirac-ove delta funkcije $U(x) = -C \cdot \delta(x)$, gde je $C \geq 0$.

a) Izvesti disperzionu relaciju koja definiše dozvoljena energetska stanja elektrona [7]. Prikazati grafički pristup u određivanju dozvoljenih energija za datu disperzionu relaciju za tri karakteristične vrednosti parametra C [2].

b) Odrediti granice intervala vrednosti parametra C pri kojima postoji barem jedno vezano stanje elektrona [5]. Za tako određeni interval vrednosti parametra C odrediti broj mogućih vezanih stanja [2].

c) Odrediti energije mogućih vezanih stanja za slučaj da je $mCa/\hbar^2 \gg 1$ i izračunati ovu energiju [2]. ($m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $\hbar = 6.582 \cdot 10^{-16}$ eV·s, $C = 1$ eV·nm)



2. a) Definisati gustinu kvantnih stanja [2]. Polazeći od izraza za energiju čestice u 3D beskonačno dubokoj potencijalnoj jami i zavisnosti energije elektrona u provodnoj zoni od talasnog vektora k , izvesti izraz za gustinu dozvoljenih energetskih stanja za provodnu zonu [3]. Odrediti energiju elektrona u provodnoj zoni koja odgovara najvećoj koncentraciji elektrona u jediničnom intervalu energija u nedegenerisanom poluprovodničkom uzorku koji se nalazi na temperaturi T [5].

b) Poluprovodnički uzorak nalazi se na temperaturi apsolutne nule i dopiran je identičnim brojem donorskih i akceptorskih primesa ($N_d = N_a$). Poznat je položaj dna provodne zone ($E_c = E_g$), donorskog i akceptorskog nivoa (E_d i E_a) u odnosu na vrh valentne zone ($E_v = 0$). Odrediti položaj Fermijevog nivoa za ovaj poluprovodnik [3]. Šta se dešava sa Fermijevim nivoom ako se u uzorak doda još jedna akceptorska primesa [4]? Odgovori se prihvataju isključivo uz ispravno obrazloženje.

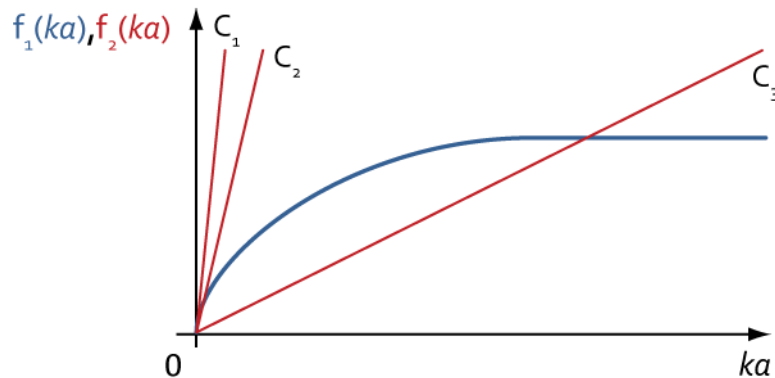
Rešenje:

1.

a) Na osnovu uslova neprekidnosti talasne funkcije vezanog elektrona ($E < 0$) u tački $x = -a$ i $x = 0$, kao i uslova koji se dobija integracijom Šredingerove jednačine u okolini $x = 0$, dobija se disperziona relacija:

$$ka \frac{\hbar^2}{mCa} = 1 - \exp(-2ka)$$

Grafičko rešenje disperzione relacije prikazano je na slici.



b) Na osnovu grafičkog rešenja disperzione relacije interval vrednosti parametra C za koji postoji jedno vezano stanje je $C \geq \hbar^2 / (2ma)$. U ovom intervalu vrednosti parametra C može postojati najviše jedno vezano stanje.

c) $|E_1| = \frac{mC^2}{2\hbar^2} = 6.56 \text{ eV}$

2.

a) Videti predavanja (Poluprovodnici, poglavlje 2, strana 15); $E_{\max} = E_c + k_B T/2$.

b) Za $N_d = N_a$, na temperaturi apsolutne nule, Fermijev nivo se nalazi na sredini energetskeg procepa, $E_F = E_g/2$. Ako je u uzorku broj akceptorskih primesa veći za jedan, Fermijev nivo se nalazi na akceptorskom nivou, $E_F = E_a$.