

1.a izpit iz Moderne fizike 1

13. december 2019

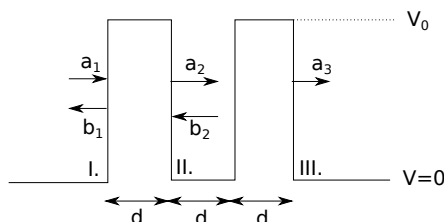
čas reševanja 90 minut

1. Nizkoenergijske mione z $v = 0$ in $m_\mu c^2 = 105$ MeV postavimo v homogeno električno polje $E = 1$ MV/m dolžine 210 m. Kolikšna je kinetična energija mionov ob izstopu? Tok mionov ob izhodu iz električnega polja je 1000/s, kolikšen je na detektorju, ki je od izstopa oddaljen 1 km? Razpadni čas miona je $2\mu\text{s}$.
2. Z uporabo načela nedoločenosti oceni energijo osnovnega stanja elektrona v 1D potencialu $V(x) = 2\kappa|x|$, kjer je $\kappa = 100$ eV/nm.
3. Na Zemlji opazujemo gibanje dveh vesoljskih ladij, ki se gibljeta v nasprotnih smereh, ena proti drugi. Začetna razdalja med njima je 1 svetlobni dan. Prva ladja se giblje s hitrostjo $v_1 = 0.5c$, druga pa s hitrostjo v_2 (merjeno na Zemlji). Druga ladja pošlje proti prvi radijski signal z oddajnikom, ki deluje pri 10 MHz. Določi hitrost v_2 , če na prvi ladji detektirajo radijski signal pri frekvenci 20 MHz. Kdaj se ladji srečata, merjeno po obeh ladijskih urah, ter kdaj po zemeljski uri? Ko se ladji srečata, druga ladja spremeni velikost in smer hitrosti, tako da se v sistemu Zemlje giblje pravokotno na prvo ladjo s hitrostjo $v_2 = 0.5c$. Kolikšna je hitrost ladje 2 v sistemu ladje 1?
4. Pokaži, da je prepustnost za elektrone z energijo $E < V_0$ v potencialu, ki ga prikazuje skica, enaka $T = 1/|p|^2$, kjer je $p = (1 + \gamma^2 \sinh^2 \kappa d)e^{i2\phi - ikd} + (\gamma^2 \sinh^2 \kappa d)e^{ikd}$, $\gamma = \frac{\kappa^2 + k^2}{2\kappa k}$, $k = \sqrt{2mE}/\hbar$, $\kappa = \sqrt{2m(V_0 - E)}/\hbar$. Kolikšna je lahko največja vrednost prepustnosti? Določi ϕ in izračunaj najmanjšo možno energijo E elektrona, pri kateri je prepustnost T največja v limiti $V_0 \rightarrow \infty$.

Namig: matrika za prehod preko potencialnega skoka iz območja II. v I. je

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \end{pmatrix} = M_s \cdot \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cosh \kappa d + i\delta \sinh \kappa d & i\gamma \sinh \kappa d \\ -i\gamma \sinh \kappa d & \cosh \kappa d - i\delta \sinh \kappa d \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix},$$

kjer je $\delta = \frac{\kappa^2 - k^2}{2\kappa k}$.

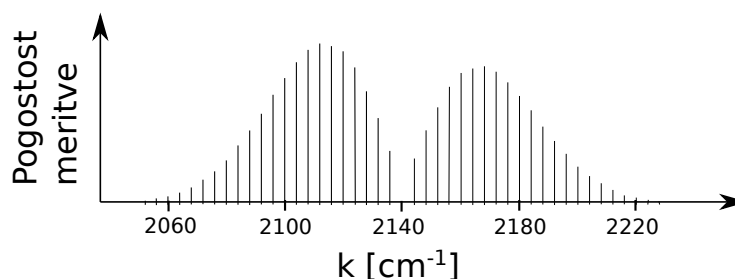


1.b izpit iz Moderne fizike 1

27. januar 2020

čas reševanja 90 minut

1. Elektron je v harmonskem oscilatorju $V = \alpha x^2/2$, kjer je $\alpha = \omega^2 m = 44 \text{ GeV/m}^2$. Njegova valovna funkcija je $\psi = A(\psi_1 + i/3\psi_3)$. V katera stanja lahko prehaja ψ preko dipolnih prehodov, če je $\int \psi_n^* x \psi_m dx = \frac{\hbar c}{\sqrt{2m_e c^2 \hbar \omega}} (\sqrt{n+1} \delta_{m,n+1} + \sqrt{n} \delta_{m,n-1})$? Določi razpadne čase za vse možne prehode in določi valovno dolžino izsevanih fotonov.
2. Rotator se nahaja v linearni kombinaciji $\psi \propto \sqrt{2} Y_{20} + e^{i\delta} Y_{21}$. Normiraj ψ , poišči pričakovane vrednosti za $\langle L_{x,y,z} \rangle$ in primerjaj $\sum_i \langle L_i \rangle^2$ z $\langle \sum_i L_i^2 \rangle^2$.
3. V eksperimentu vedno pripravimo molekulo CO v prvem vibracijsko vzbujenem stanju $n = 1$, vendar v neznanem rotacijskem stanju l . Z izsevanjem fotona molekula preide v osnovno vibracijsko stanje $n = 0$. Izmerjene vrednosti valovnega števila $k = 2\pi/\lambda$ izsevanih fotonov so prikazane na spodnji sliki. Iz meritev določi efektivno vrednost konstante vzmeti α v harmonskem potencialu $V = \alpha(r - r_0)^2/2$ in povprečno razdaljo r_0 med atomoma. Privzemi, da je možen zgolj prehod $\Delta l = \pm 1$.



4. Kolikšen bi bil razcep energijskih nivojev z $l = 1$ zaradi ls sklopitve, če bi elektron imel spin $3/2$? Skiciraj razcepe in določi število stanj na vsaki veji. Kako bi izgledal energijski spekter v močnem magnetnem polju in kako se porazdelijo stanja? $\psi_{210} = 1/\sqrt{32\pi r_B^3} (r/r_B) \cos \theta e^{-r/(2r_B)}$.

2. izpit iz Moderne fizike 1

8. julij 2020

čas reševanja 90 minut

1. Curek pionov usmerimo na tanko tarčo, ki jo opišemo s pravokotno plastjo širine 0,1 nm. Določi višino plasti, če je odbojnost curka prvič enaka nič, ko je energija pionov enaka 0,25 eV. Pri kateri energiji nastopi drugi minimum, ko odbojnost ponovno pade na nič? Za maso piona vzemi $140 \text{ MeV}/c^2$.
2. Atom vodika pripravimo v stanju $n = 3$, $l = 1$. Atom z izsevanjem enega fotona preide v nižje energijsko stanje. Določi možne valovne dolžine izsevanega fotona, če privzameš, da so dovoljeni zgolj dipolni prehodi. Kolikšne pa so možne valovne dolžine izsevanega fotona, če se atom nahaja v močnem homogenem magnetnem polju z jakostjo $B = 5 \text{ T}$?
3. Zgraditi želimo mionski trkalnik z uporabo magnetov z gostoto magnetnega polja 10 T in polmerom 1 km. Določi kinetično energijo mionov in relativistični faktor γ . Koliko obhodov napravi mion v eni sekundi in koliko časa preteče v sistemu trkalnika, dokler ne razpade polovica začetnega števila mionov? Masa miona je $m_\mu c^2 \simeq 100 \text{ MeV}$, lastni razpadni čas pa $\tau_\mu \simeq 2 \mu\text{s}$.
4. Elektron v neskončni enodimenzionalni potencialni jami širine 0,4 nm ob času $t = 0$ opisuje valovna funkcija $\psi = (\sqrt{7}\psi_1 + i\psi_3)$, ki je linearna kombinacija osnovnega in drugega vzbujenega stanja. Normiraj valovno funkcijo in izračunaj povprečno vrednost energije. Izračunaj produkt nedoločenosti gibalne količine in nedoločenosti pozicije $\langle \delta x \rangle \langle \delta p \rangle$ ob $t = 0$. Ali se $\langle \delta x \rangle$ in $\langle \delta p \rangle$ spreminjata s časom? Odgovor utemelji z računom. Namig: izberi izhodišče koordinatnega sistema na sredini jame in upoštevaj

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} x^2 \cos((2n+1)x)^2 dx = \frac{\pi^3}{24} - \frac{\pi}{(2+4n)^2},$$

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} x^2 \cos((2n+1)x) \cos((2m+1)x) dx = \frac{(-1)^{m+n}(1+2m)(1+2n)\pi}{4(m-n)^2(1+m+n)^2}$$

3. izpit iz Moderne fizike 1

19. avgust 2020

čas reševanja 90 minut

1. Curek elektronov z energijo $E = 4 \text{ eV}$ prehaja iz območja s potencialom $V = 0$ v območje s potencialom $V = -12 \text{ eV}$. Kolikšna je prepustnost potencialne stopnice?
2. Na atome vodika svetimo z laserjem valovne dolžine 302 nm . a) Določi hitrost in smer premikanja atoma vodika v osnovnem stanju, pri kateri bo prišlo do ionizacije. b) Predpostavimo, da vodik miruje, a se lahko atomi nahajajo tudi v vzbujenih stanjih. Določi najnižji sosednji stanji, med katerima laser povzroči sevalni prehod.
3. Kolikšne so: pričakovana vrednost energije, operatorja kvadrata vrtilne količine, in projekcije vrtilne količine na z os atoma vodika v stanju $\psi \propto R_{21} (\sqrt{2}Y_{1,0} - iY_{1,-1} + iY_{1,1})$, kjer je $R_{21} \propto \frac{r}{r_B} e^{-r/2r_B}$ radialni del valovne funkcije, $Y_{1,0} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta$, $Y_{1,\pm 1} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta e^{\pm i\phi}$? Kje v prostoru (r, θ, ϕ) je verjetnostna gostota za nahajanje elektrona največja?
4. Elektron postavimo v periodičen potencial $V = \Lambda(1 - \cos kx)$, kjer sta $\Lambda = \text{keV}$ in $1/k = 10 \text{ nm}$. S pomočjo načela nedoločenosti oceni osnovno energijo vezanega stanja. Predpostavi $k\delta x \ll 1$ in določi vrednost k , do katere je približek še upravičen.