

1. kolokvij iz Moderne fizike 1

9. december 2016

čas reševanja 90 minut

1. Raketa se od izvora elektromagnetnega valovanja oddaljuje s hitrostjo $\frac{4}{5}c_0$. Kolikšen je kot med smerjo gibanja rakete in smerjo širjenja valovanja v sistemu oddajnika, če je frekvenca valovanja, ki jo zazna opazovalec na raketi enaka frekvenci oddanega valovanja v sistemu oddajnika? Pod kolikšnim kotom glede na smer gibanja oddajnika se valovanje širi v sistemu rakete?
2. Za koliko se spremeni izmerjena hitrost svetlobe, če svetimo vzdolž cevi po kateri teče voda s hitrostjo 100 km/h v primerjavi z meritvijo, ko voda miruje? Kako natančno moramo meriti hitrost svetlobe, da bi zaznali relativistični popravek? Za lomni količnik vode vzemi 1,33.
3. Valovna funkcija ψ delca v harmonskem potencialu je linearna kombinacija prvih štirih vzbujenih lastnih stanj. Povprečna energija delca je osemkrat večja od energije osnovnega stanja ψ_0 in velja $\int \psi_0^* x \psi dx = 0$. S kolikšno verjetnostjo najdemo delec v posameznem lastnem stanju in kolikšen je $\langle x^2 \rangle$? Za lastne funkcije harmonskega oscilatorja velja $\hat{x} \psi_n = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}} (\sqrt{n+1} \psi_{n+1} + \sqrt{n} \psi_{n-1})$.
4. S pomočjo načela nedoločenosti oceni vezavno energijo helijevega atoma.
Namig: Sistem obravnavaj v eni dimenziji in upoštevaj, da je masa nukleonov veliko večja od mase elektronov. Pomagaj si z obravnavo v težiščnem sistemu.

2. kolokvij iz Moderne fizike 1

20. januar 2017

čas reševanja 90 minut

1. Med dvema elektronoma s spinom $1/2$ deluje izmenjalna interakcija, ki jo popisuje hamiltonka

$$\mathcal{H}_{\text{ex}} = \frac{J}{\hbar^2} \vec{s}_1 \cdot \vec{s}_2.$$

Izračunaj degeneracijo posameznih energijskih nivojev in razcep med njimi.

2. Stanje kvantnomehanskega rotatorja opisuje valovna funkcija

$$\psi(\theta, \varphi) = C [\sin \theta (\cos \varphi + i \sin \varphi) + 2 \sin^2 \theta \sin 2\varphi].$$

Kolikšna je $\langle l_z \rangle$ v tem stanju? Kolikšne pa so vrednosti, ki nam jih lahko da posamezna meritev? S kolikšno verjetnostjo bomo izmerili posamezno vrednost?

Namig: Nekaj preprostejših lastnih funkcij kvantnomehanskega oscilatorja je oblike:

$$\begin{aligned} Y_{0,0} &= \sqrt{\frac{1}{4\pi}}, & Y_{1,0} &= \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta, & Y_{1,\pm 1} &= \mp \sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta e^{\pm i\varphi}, \\ Y_{2,0} &= \sqrt{\frac{5}{16\pi}} (3 \cos^2 \theta - 1), & Y_{2,\pm 1} &= \mp \sqrt{\frac{15}{8\pi}} \sin \theta \cos \theta e^{\pm i\varphi}, & Y_{2,\pm 2} &= \sqrt{\frac{15}{32\pi}} \sin^2 \theta e^{\pm 2i\varphi}. \end{aligned}$$

3. Atom vodika je ob času $t = 0$ v stanju

$$\psi = c_1 \psi_{210} + c_2 \psi_{211} + c_3 \psi_{310},$$

kjer je $\langle l_z \rangle = \hbar/4$ in $\langle E \rangle = E_{\text{Ry}}/5$. Kolikšna sta $\langle l_x \rangle$ in $\langle V \rangle$ ob času

$$t = \frac{18\pi}{5} \frac{\hbar}{E_{\text{Ry}}}?$$

Namig: Upoštevaj $\langle n|1/r|n \rangle = 1/(r_{\text{B}} n^2)$.

4. Elektron s kinetično energijo E sipamo na dveh zaporednih stopnicah višin $V_1 = -3E$ in $V_2 = -8E$, ki sta med sabo oddaljeni za

$$a = \frac{\pi}{4} \frac{\hbar c}{\sqrt{8 E m_e c^2}}.$$

Kolikšna je prepustnost tega sistema?

1. popravni kolokvij iz Moderne fizike 1

2. februar 2017

čas reševanja 90 minut

1. Trkalnik LHC ustvarja bozone W z maso $80 \text{ GeV}/c^2$, ki med drugim razpadejo v skoraj brezmasni anti-nevtrino in mion z maso $0,1 \text{ GeV}/c^2$. Kolikšna je energija miona, če bozon W miruje v laboratorijskem sistemu? Izračunaj opaženo razpadno dolžino miona, če je njegov razpadni čas v mirovanju $\tau = 2,2 \mu\text{s}$.
2. V absorpcijskem spektru molekule HCl opazimo črte prehodov med rotacijskimi stanji molekule pri inverznih valovnih dolžinah $103,09 \text{ cm}^{-1}$, $123,65 \text{ cm}^{-1}$, $144,44 \text{ cm}^{-1}$ in $164,90 \text{ cm}^{-1}$. Prehodu iz katerega rotacijskega stanja (l) ustreza posamezna črta? Kolikšen je razmik med jedroma v molekuli, če sta relativni atomski masi vodika in klora zapored 1 in 35?
3. Izračunaj relativni popravek k energiji osnovnega stanja atoma vodika,

$$\psi_{1,0,0} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \frac{2}{r_B^{3/2}} e^{-r/r_B},$$

zaradi končne razsežnosti jedra. Računaj v približku, kjer je naboj jedra enakomerno porazdeljen znotraj radija $r_j = 0,88 \text{ fm}$, kar da potencialno energijo oblike

$$V(r) = -\alpha\hbar c \begin{cases} \frac{1}{r} & ; \quad r \geq r_j, \\ \frac{1}{r_j} \left[\frac{3}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{r_j} \right)^2 \right] & ; \quad r < r_j. \end{cases}$$

Namig: V najnižjem redu je popravek energije zaradi spremembe potenciala $\Delta V(r)$ enak $\Delta E = \int \psi^* \Delta V(r) \psi dV$, $\alpha = 1/137$ pa je konstanta fine strukture.

4. Elektron z energijo 2 eV se nahaja v osnovnem stanju harmonskega potenciala V_0 z lastnimi stanji

$$\psi_n = \frac{1}{\sqrt{2^n n! \sqrt{\pi} a}} H_n \left(\frac{x}{a} \right) \exp \left(-\frac{x^2}{2a^2} \right), \quad a = \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}.$$

Hipoma (elektron ostane v istem stanju) spremenimo potencial:

$$V_0 = \frac{m\omega^2}{2} x^2 \Rightarrow V_1 = V_0 + m\omega^2 b x \quad (b = 0,2 \text{ nm}).$$

Določi verjetnost, da najdemo elektron v prvem vzbujenem stanju potenciala V_1 .

Namig: Upoštevaj, da je $\int_{-\infty}^{\infty} H_n(y) \exp \left(-y^2 + yy_0 - \frac{y_0^2}{2} \right) dy = \sqrt{\pi} y_0^n \exp \left(-\frac{y_0^2}{4} \right)$.

2. popravni kolokvij iz Moderne fizike 1

23. avgust 2017

čas reševanja 90 minut

1. Atom s prostim elektronom v orbitali z $n = 3$ in $l = 2$ postavimo v šibko magnetno polje, kjer velja $g\mu_B B \ll \Delta W_{ls} = \lambda \langle \vec{l} \cdot \vec{s} \rangle$, $\lambda > 0$. Skiciraj energijske nivoje vseh stanj in izračunaj njihove premike glede na energijski nivo $E_3 = -W_0/9!$
2. Elektron v osnovnem stanju je vezan na jedro zlata z $Z = 79$ in polmerom 7,3 fm. Kolikšna je verjetnost, da elektron najdemo v jedru? Valovna funkcija elektrona je oblike $\psi(r) = A e^{-Zr/r_B}$.
3. Pri Comptonovem sipanju odleti elektron s hitrostjo 0,9 c in v njegovem sistemu izmerimo, da se je foton sipal pravokotno glede na smer gibanja elektrona in da ima valovno dolžino 0,005 nm. Kolikšna je valovna dolžina vpadnega valovanja in sipani kot fotona glede na vpadno valovanje v laboratorijskem sistemu?
4. V eksperimentu s hladnimi atomi se v potencialu $V(x) = V_0 \sin^2 \frac{2\pi x}{\lambda}$ ($V_0 = 1$ neV, $\lambda = 1064$ nm), ki ga ustvarimo z dvema laserjema, nahajajo mirujoči atomi Cs ($m = 132,9u$) pri temperaturi nekaj nanokelvinov. Izračunaj energijo osnovnega enodelčnega stanja Cs atoma v izbrani jami, če je energija veliko manjša od V_0 in lahko potencial $V(x)$ v okolici minimuma nadomestiš s harmonskim potencialom! Kolikšen je prekrivalni integral $J = \int \psi_1^\dagger(x) \psi_2(x) dx$ med valovnima funkcijama Cs atomov v sosednjih jamah, ki sta razmaknjeni za $\lambda/2$?

