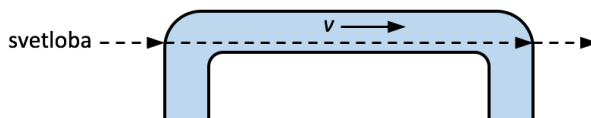


1.a izpit iz Moderne fizike 1

18. december 2020

čas reševanja 90 minut

1. Z natančnim merilcem merimo hitrost svetlobe pri prehodu skozi prozorno tekočino. Ko je tekočina v mirovanju, izmerimo njen lomni količnik $n = 1,33$. Nato tekočino po cevi spravimo v gibanje s hitrostjo $v = 2$ m/s v smeri širjenja svetlobe (glej skico). Za koliko se poveča hitrost svetlobe pri potovanju skozi gibajočo se tekočino, merjeno v laboratorijskem sistemu?



2. V potencialu je ujet delec, katerega stanje opišemo kot superpozicijo osnovnega in prvega vzbujenega stanja:

$$\Psi(x, 0) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\psi_1(x) + \psi_2(x)) .$$

Če označimo z E_1 energijo osnovnega, z E_2 pa energijo prvega vzbujenega stanja, kolikšna je pričakovana vrednost energije $\langle E \rangle$ in kolikšna njena nedoločenost δE ? Izračunaj nihajni čas τ pričakovane vrednosti lege delca $\langle x(t) \rangle$ okoli srednje vrednosti.

3. Opazujemo razpad K^+ mezona v njegovem mirovnem sistemu. Razpade lahko ali v anti-mion μ^+ in brezmasni nevtrino, $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$, ali v $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$. Določi gibalno količino razpadnih produktov v težiščnem sistemu za oba primera. Kolikšna je energija nevtrina? Kolikšno gibalno količino μ^+ izmeri opazovalec, ki se giblje z $\beta = 0.6$ v smeri μ^+ ? $m_{K^+, \mu^+, \pi^+, \pi^0} = \{494, 106, 140, 135\}$ MeV/ c^2 .
4. Elektronu v osnovnem stanju neskončne potencialne jame širine $[0, a/2]$, potencial hipoma raztegnemo na $[0, a]$. Določi, s kolikšno verjetnostjo je v osnovnem oziroma v prvem vzbujenem stanju raztegnjene jame. Izračunaj povprečno energijo, produkt nedoločenosti lege in gibalne količine ter zapiši časovni razvoj.

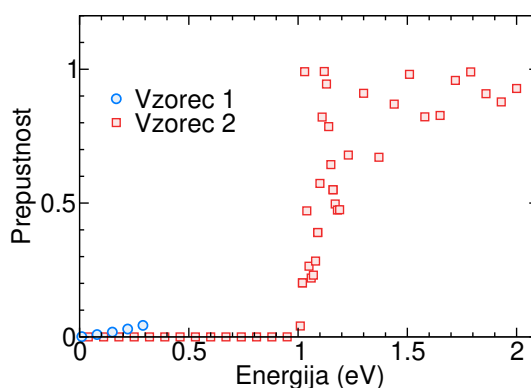
$$\int_0^{a/2} dx \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) = \frac{2a \sin \frac{n\pi}{2}}{\pi(4 - n^2)}$$
$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(1 - (k + 1/2)^2)^2} = \frac{\pi^2}{4} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(k + 1/2)^2}{(1 - (k + 1/2)^2)^2}$$

1.b izpit iz Moderne fizike 1

25. januar 2021

čas reševanja 90 minut

1. Molekulo NaCl obravnavamo kot iona Na^+ in Cl^- na razdalji $a = 0,25$ nm. Molekulo vzbudimo v rotacijsko vzbujeno stanje z $l = 1$ in $m = 0$. Kolikšen je povprečni življenjski čas, preden zaradi dipolnega prehoda preide v osnovno stanje? Kolikšna je energija pri prehodu izsevanega fotona? Relativna masa Na je 23, Cl pa 35.
2. Na plasteh molekul sipamo curek elektronov z energijo E in merimo prepustnost. Pri vzorcu 1 lahko merimo le pri nizkih energijah in ugotovimo, da prepustnost linearno narašča z energijo, in sicer $T = aE$, kjer je $a = 0,10/\text{eV}$. Vzorec 2, ki je nekajkrat debelejši, pa dopušča tudi meritve visokih energij, glej sliko obeh meritev. Vzorca obravnavaj kot potencialni plasti in s pomočjo podane slike določi, koliko znaša potencial plasti in kako debela je plast pri vzorcu 1.



3. Rotator je v stanju $l = 1$ kot kombinacija stanj z $m = 0$ in 1. Izmerjena povprečna projekcija vrtilne količine na os y je $3/(10\sqrt{2})\hbar$ in na os z je $3/10\hbar$. Določi verjetnost, da pri meritvi projekcije na os z izmerimo vrednost nič. Napovej povprečno vrednost projekcije na os x in celotni kvadrat vrtilne količine.

Namig: $\int Y_{l'm'}^* \hat{l}_{x,y} Y_{lm} = \{1, \pm 1/i\}_{x,y} \hbar/2\sqrt{l(l+1) - m(m \pm 1)} \delta_{l'l} \delta_{m'm \pm 1}$.

4. Ion helija He^+ postavimo v magnetno polje in natančno merimo energijske nivoje. Kolikšen je popravek zaradi sklopitve ls $\Delta E_{ls} = Z\alpha\hbar c/(2m_e^2 c^2) \langle r^{-3} \rangle \langle ls \rangle$ v stanju $n = 3, l = 2$ ter poljubnim m_l ? Skiciraj razcepe in število stanj pri $B = 0$ in v močnem B . Pomagaš si lahko z valovno funkcijo za vodik:

$$\psi_{320} = 1/(81\sqrt{6}\pi r_B^{3/2}) (r/r_B)^2 (3\cos^2\theta - 1) e^{-r/(3r_B)}, r_B = \hbar c/(\alpha m_e c^2).$$

2. izpit iz Moderne fizike 1

14. maj 2021

čas reševanja 90 minut

1. Stanje delca v 3D opišemo z valovno funkcijo $\psi(r) = Ne^{-\alpha r}$, kjer je r radialna razdalja, N normalizacijska konstanta in α znan parameter.
 - (a) Izračunaj N .
 - (b) Izračunaj pričakovane vrednosti $\langle \vec{r} \rangle$, $\langle r \rangle$ in $\langle r^2 \rangle$ v tem stanju.
 - (c) Kolikšni sta nedoločenosti $(\Delta \vec{r})^2$ in $(\Delta r)^2$?
2. Na mirujočo protonsko tarčo usmerimo curek elektronov s spremenljivo kinetično energijo.
 - (a) Določi vrednost energije, pri kateri poleg začetnih delcev v končnem stanju, ustvarimo delec X z maso 4 GeV: $e^-p \rightarrow e^-pX$!
 - (b) Energijo vpadnega elektrona nastavimo na precej višjo vrednost in opazujemo dogodke, kjer vsi trije končni delci odletijo vzdolž smeri vpadnega curka in kjer sta gibalni količini cp_e in cp_p precej večji od mirovnih mas delcev, kar pa ne velja za delec X . Izračunaj E_X za tak primer!
3. Molekulo vodika H_2 opišemo kot rotator, sestavljen iz dveh atomov vodika na razdalji $r_0 = 0.074$ nm.
 - (a) Koliko znašajo energije prvih treh vzbujenih stanj rotacije, če privzamemo, da je H_2 toga molekula?
 - (b) Pri natančnejšem računu upoštevamo, da molekula ni toga, pač pa je potencialna energija med atomoma enaka $U(r) = \frac{1}{2}k(r - r_0)^2$, kjer je $k = 3200$ eV nm⁻². Koliko odstotkov znašajo popravki k energijam iz točke (a) zaradi centrifugalne distorzije? *Namig:* privzemi, da so popravki majhni.
4. Atom vodika pripravimo v stanju z $n = 2, l = 1$ in $\langle s_z \rangle = -\hbar/2$. Z dipolnim sevalnim preходом ga vzbudimo v stanje z $n = 3$, ki je linearna kombinacija lastnih stanj, ortogonalnih na $\psi_{n=3, l=0, m_l=0}$ in $\psi_{m=3, l=2, m_l=\pm 1}$. Pri vseh meritvah l_z na vzbujenem stanju vedno izmerimo le dve različni vrednosti, z nasprotnim predznakom. Določi linearno superpozicijo možnih stanj ter $\langle l^2 \rangle$. Sedaj vključimo močno magnetno polje 10 T, ter izmerimo, da se povprečna energija vzbujenega stanja poveča za 0.3 meV. Določi razmerja intenzitet opaženih spektralnih črt!

3. izpit iz Moderne fizike 1

18. avgust 2021

čas reševanja 90 minut

1. Elektron postavimo v harmonski potencial $V = kx^2$, $k = 10 \text{ eV/nm}^2$, in valovno funkcijo $\psi \propto \psi_1 + 2i\psi_3$, kjer sta ψ_1 in ψ_3 prvo in tretje vzbujeno lastno stanje. Izračunaj povprečno izmerjeno energijo. V katera stanja lahko začetno stanje preide preko dipolnega sevanja? Določi razpadne čase možnih prehodov ter valovno dolžino izsevanih fotonov.

Velja: $\hat{x} \psi_n = \sqrt{\hbar/(2m\omega)} (\sqrt{n+1} \psi_{n+1} + \sqrt{n} \psi_{n-1})$.

2. Elektron v enodimenzionalnem potencialu je v lastnem stanju

$$\psi = A \left(\frac{x}{x_0} \right)^2 e^{-x/x_0}, \quad x \in [0, \infty],$$

kjer je $x_0 = 0,1 \text{ nm}$. Poišči potencial $V(x)$ in energijo tega stanja. Pri tem vemo, da je potencial daleč stran od izhodišča enak nič, $V(x \rightarrow \infty) = 0$.

3. Pri prehodu med rotacijskima stanjema $l = 0$ in $l = 1$ ogljikov monoksid (CO) absorbira svetlobo valovne dolžine $2,6 \text{ mm}$.
 - (a) Izračunaj dolžino vezi med atomoma molekule. Atomska masa kisika je 16, ogljika pa 12.
 - (b) V absorpcijskem spektru opazimo dodatno šibko črto, ki je ima za $0,12 \text{ mm}$ daljšo valovno dolžino in jo pripišemo izotopu ogljika. Za kateri izotop ogljika gre? Predpostavi, da izotopska modifikacija ne spremeni dolžine kemijske vezi.
4. Po sipanju svetlobe na mirujočem elektronu v laboratorijskem sistemu izmerimo hitrost elektrona $0,8 c$. Prav tako ugotovimo, da se foton, v sistemu kjer elektron po sipanju miruje in katerega os x' je poravnana z osjo x gibanja elektrona v laboratorijskem sistemu, giblje pravokotno na smer elektrona, recimo vzdolž osi y' , z valovno dolžino $0,002 \text{ nm}$. Kolikšna je frekvenca prvotnega vpadnega valovanja ter sipani kot fotona glede na vpadno valovanje, izmerjeno v laboratorijskem sistemu?