

Eksperimenti iz Atomov, molekul in jeder

Gregor Bavdek, Bojan Golli, Matjaž Koželj

Pedagoška fakulteta UL

Ljubljana 2017

Kazalo

1	Franck-Hertzov poskus	2
2	Lastna nihanja molekul CO in CO ₂ : model na zračni drči	4
3	Fluorescenca: vzbujanje z LED	6
4	Absorpcija žarkov beta in gama	9
5	Radioaktivni razpad	11
6	Pojemanje intenzitete žarkov γ v zraku	12
7	Merjenje radona v zaprtih prostorih	13

1 Franck-Hertzov poskus

Pri poskusu merimo energijski spekter atoma helija. Energijski nivoji helija niso degenerirani kot pri vodik, pač pa se energije razlikujejo glede na kvantno število tirne vrtilne količine ter na spinsko valovno funkcijo dveh elektronov. V stanjih z glavnim kvantnim številom $n \geq 2$ so stanja z $l = 0$ (spektroskopska oznaka S) energijsko nižja kot stanja z $l = 1$ (P). Prav tako imajo stanja, pri katerih sta spina elektronov sklopljena v kombinacijo, ki je simetrična glede na zamenjavo elektronov, nižjo energijo, kot stanja z antisimetrično kombinacijo. V prvem primeru govorimo o tripletnem stanju ali ortoheliju, v drugem primeru o singletnem stanju ali paraheliju. (Ko sta oba elektrona v osnovnem stanju, je možna le antisimetrična kombinacija). V tabeli so navedene energijske razlike med vzbujenimi stanji in osnovnim stanjem:

	parahelij		ortohelij	
	S	P	S	P
n=1	0 eV			
n=2	20,61 eV	21,21 eV	19,80 eV	20,96 eV
n=3	22,91 eV	23,08 eV	22,71 eV	23,00 eV

Ionizacijska energija meri 24,54 eV.

Pri Franck-Hertzovem poskusu opazujemo prehod elektronov, ki smo jih pospešili z napetostjo U , skozi helij. Helijeve atome lahko vzbudijo v višje vzbujeno stanje le elektroni, katerih energija je večja od energijske razlike med vzbujenim in osnovnim stanjem helija. Dokler je energija elektronov manjša od energijske razlike med prvim vzbujenim in osnovnim stanjem, so trki elastični. Ker je masa helijevega atoma mnogo večja od mase elektrona, se kinetična energija helijevega atoma pri trku le malo spremeni, kar pomeni, da ima elektron po trku praktično enako energijo kot pred trkom. Drugače pa je, ko postane energija elektrona malo večja od energijske razlike prvega vzbujenega in osnovnega stanja. Tedaj se skoraj vsa energija elektrona porabi za vzbujanje in po trku se elektron praktično ustavi. Ko povečamo energijo elektronov (napetost U), energija elektrona po trku zopet naraste. Ko doseže energija elektrona energijsko razliko ΔE med naslednjim vzbujenim in osnovnim stanjem, se pojav ponovi.

Poleg katode in anode se v bučki (katodni cevi) nahaja kolektor v obliki velike krožne zanke. Na kolektor je priključena majhna pozitivna napetost. Kolektor pritegne elektrone z majhno kinetično energije; elektroni z veliko kinetično energijo pa nadaljujejo pot skozi kolektor in se absorbirajo na stenah bučke. Kolektorski tok torej naraste, ko je v bučki veliko počasnih elektronov, torej pri pospeševalni napetosti, ko je $e_0U = \Delta E$.

Z merjenjem napetosti, pri katerih tok naraste, lahko določimo energije vzbujenih stanj v atomu. Posamezne nivoje pa lahko razločimo le v primeru, da so primerno razmaknjeni. Če pa sta dva ali več nivojev zelo blizu, jih pri poskusu zaznamo le kot en sam nivo.

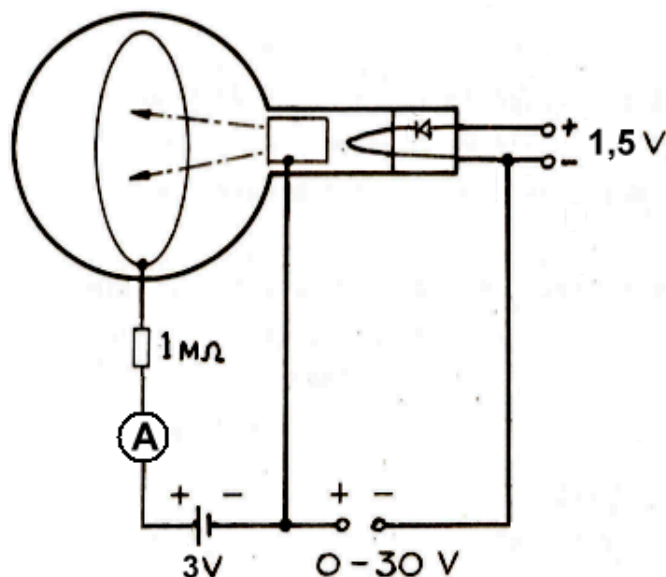
Naloga

Izmeri energije nekaj najnižjih vzbujenih stanj helijevega atoma in jih primerjaj z vrednostmi v tabeli.

Navodilo

Slika kaže eksperimentalno postavitev. Napetost na anodi spreminjamo od 0 do 30 V in z ampermetrom merimo kolektorski tok.

Napetost povečuj v večjih korakih od 0 do 20 V, ko tok enakomerno narašča, od 20 V navzgor pa v majhnih korakih, tako da otipamo čim več vrhov. Ko opazimo večjo spremembo toka, področje skrbno premerimo v zelo majhnih korakih in preverimo, če nismo spregledali katerega od vrhov. Meritve vnašamo direktno na milimetrski papir, pri tem naj bo na vodoravni osi razpon napetosti nekako med 20 V in 26 V.



Izmerjeni vrhovi bodo nekoliko premaknjeni glede na teoretične vrednosti, razmiki med njimi pa naj bi ustrezali teoretičnim energijskim razlikam med nivoji.

2 Lastna nihanja molekul CO in CO₂: model na zračni drči

Pri vaji opazujemo lastna nihanja molekul CO in CO₂ na preprostem modelu na zračni drči. Pri molekuli CO₂ se omejimo na lastna nihanja, pri kateri atomi nihajo le v vzdolžni smeri. Tri vozičke z masami v razmerju mas kisika in ogljika postavimo na zračno drčo in povežemo z vzmetmi, ki igrajo vlogo elastične kemijske vezi.

Pri lastnem nihanju molekule CO nihata atoma drug proti drugemu, tako da njuno težišče miruje. Za tak primer smo izpeljali enačbo za krožno frekvenco in nihajni čas:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m^*}} = \sqrt{\frac{k(m_O + m_C)}{m_O m_C}}, \quad t_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}. \quad (1)$$

V približku obravnavamo molekulo CO₂ kot enodimenzionalno verigo O—C—O, ki lahko niha le v vzdolžni smeri. V tem primeru dobimo dve lastni nihanji in dve frekvenci. Pri prvem načinu atom ogljika miruje, atoma kisika pa nihata drug proti drugemu. Frekvenca nihanja je enaka kot pri nihanju atoma kisika, ki bi bil pritrjen na togo steno. Za ta primer že poznamo rezultat:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m_O}}. \quad (2)$$

Pri drugem načinu nihata molekuli kisika v isti smeri, molekula ogljika med njim pa v nasprotni, tako da ostane težišče molekule pri miru. Izpeljava enačbe za frekvenco je nekoliko bolj zahtevna, zato citiramo samo končni rezultat:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{k(2m_O + m_C)}{m_O m_C}}. \quad (3)$$

Vse tri frekvence padejo v infrardeče območje.

Eksperimentalno so izmerili naslednje vrednosti obravnavanih frekvenc: $\nu_0 = 6,42 \cdot 10^{13}$ Hz, $\nu_1 = 4,00 \cdot 10^{13}$ Hz in $\nu_2 = 7,04 \cdot 10^{13}$ Hz. Atomska masa O je 16, C pa 12 osnovnih enot; osnovna enota je $1,660 \cdot 10^{-27}$ kg.

Naloga

- Opazujte in izmerite frekvenco lastnega nihanja dveh vozičkov na zračni drči in obe lastni frekvenci nihanja treh vozičkov.
- Preverite, če se razmerja lastnih frekvenc ujemajo s teoretičnimi in eksperimentalnimi vrednostmi.
- Iz izmerjenih frekvenc in mas vozičkov določite konstanto vzmeti k , iz podatkov za molekule pa elastično konstanto kemijske vezi med kisikom in ogljikom. Preverite, ali je smiselna predpostavka, da je konstanta kemijske vezi enaka za vsa tri nihanja.

Navodilo

- a) Stehtajte lažji voziček, ki bo predstavljal atom ogljika. Nato stehtajte še oba vozička „kisika“; z dodajanjem in odvzemanjem trajno elastičnega kita poskrbite, da bodo mase v razmerju 3:4.

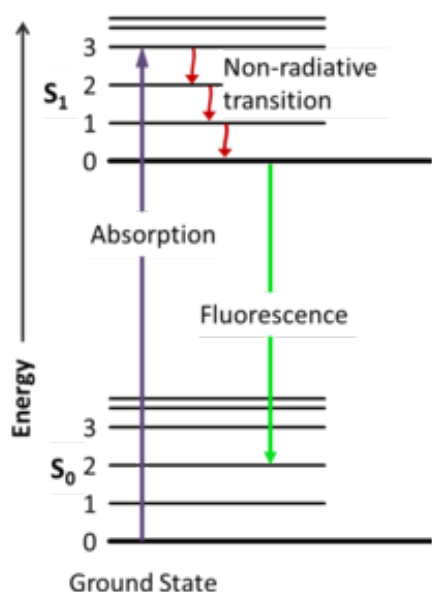
Na zračno drčo postavite „kisik“ in „ogljik“ in ju povežite z vzmetjo. Zanihajte vozička drugega proti drugemu, tako da bo težišče čim bolj pri miru. (Pravzaprav se lastna frekvenca ne spremeni, če se težišče giblje, le meritev je nekoliko bolj nenatančna.) Izmerite nihajni čas s štoparico za vsaj 10 nihajev. Frekvenco izmerite še z ultrazvočnim slednikom in signal analizirajte s programom za Fourierovo analizo na računalniku.

Nato postavite na drčo vse tri vozičke in jih povežite z vzmetmi, tako da je „ogljik“ v sredini. Sistem zanihajte tako, da srednji voziček miruje, in izmerite nihajni čas in frekvenco (kot v primeru CO). Končno zanihajte sistem še tako, da nihata „kisika“ v isti smeri, „ogljik“ pa v nasprotni. Amplituda „ogljika“ je pri tem načinu precej večja od amplitud nihanja „kisikov“.

- b) Razmerja frekvenc primerjajte z razmerjem eksperimentalnih frekvenc za molekuli in s teoretičnimi vrednostmi (1) – (3) ob predpostavki, da so vsi k -ji enaki. Teoretična razmerja so potem odvisna le od razmerja mas.
- c) Iz enačb (1) – (3) izrazite k s krožno frekvenco in masami za vsako nihanje posebej. Za vsak način nihanja izračunajte k , najprej za izmerjene podatke, nato pa še za eksperimentalne vrednosti frekvenc in mas atomov.

3 Fluorescenca: vzbujanje z LED

Vzbujena stanja molekul razdelimo na elektronska, vibracijska in rotacijska. Pri elektronskih prehajajo elektroni na zunanjih lupinah v višja stanja. Značilne energijske razlike so nekaj eV, frekvence izsevane svetlobe padejo v vidno področje ali v njegovo bližino. Pri vibracijski vzbujenih stanjih nihajo atomi (jedra) v molekuli drug proti drugemu. Značilne energijske razlike med nivoji so manjše od elektronskih tipično za faktor 10. Rotacijske spektre opazujemo pri prosto gibajočih se molekulah in nas tu ne bodo zanimali. Velika večina stanj je mešana: elektron preide v vzbujeno stanje, hkrati pa molekula tudi niha v enem od vzbujenih vibracijskih stanj. Energija takšnega stanja je kar vsota elektronske energije in vibracijske energije.



Značilen spekter kaže slika. Na osnovnem stanju so eksplicitno prikazana le tri vibracijska stanja in podobno na prvem vzbujenem elektronskem stanju; seveda je teh stanj veliko več. Ko elektron preide v enega od vzbujenih elektronsko-vibracijskih stanj, sistem energijo izgublja predvsem s trki, dokler ne doseže čistega vzbujenega elektronskega stanja. Iz vzbujenega elektronskega stanja prehaja na nižja elektronsko-vibracijska stanja in pri tem seva svetlobo različnih valovnih dolžin. Vibracijskih vzbujenih stanj je seveda precej več, kot kaže slika, zato je spekter izsevane svetlobe zvezen.

Princip fluorescence izkoriščamo v fluorescentnih (varčnih) svetilkah. (Teh svetilk ne smemo mešati z neonskimi žarnicami.) Na notranji strani svetilk je poseben fluorescentni premaz, ki seva v vidni svetlobi. Za vzbujanje uporabljamo živosrebrne pare, ki sevajo večinoma v UV področju (184 nm, 253 nm, 365 nm).

Naloga

- Izmeri spekter svetlobe, ki jo seva vodna raztopina fluoresceina. Za vzbujanje uporabi diode LED z različnimi valovnimi dolžinami. Izmeri tudi valovne dolžine (vrhove) svetlobe, ki jo dajejo diode.
- Enak poskus kot pri a) s presevanjem belega papirja. Izmeri tudi spekter izsevane svetlobe pralnega praška pri obsevanju z LED diodami različnih valovnih dolžin.
- Zajemi spekter nekaj varčnih žarnic, ki oddajajo svetlobo z različnimi barvnimi temperaturami.

Navodilo

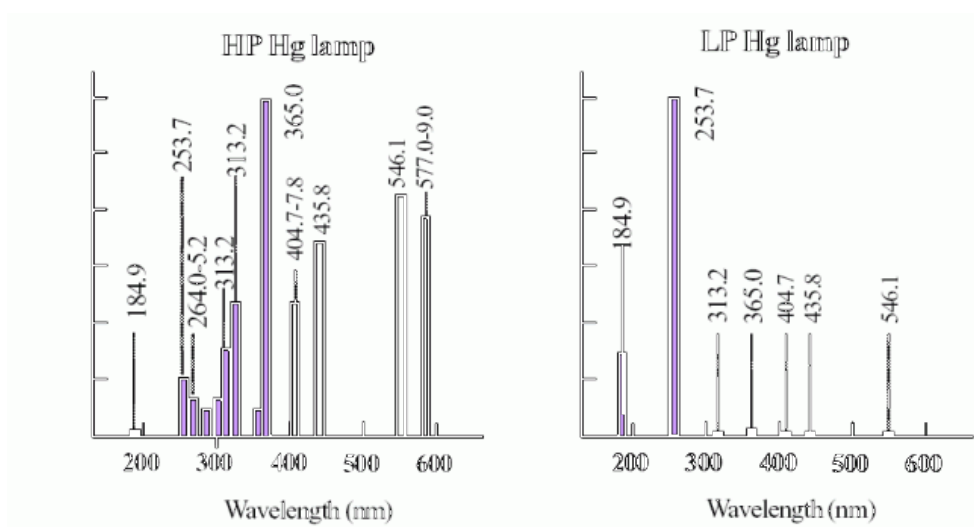
- a) Emisijski spekter fluoresceina za različne diode prikaži na skupnem grafu (to omogoča program na računalniku) in primerjaj obliko spektra pri različnih valovnih dolžinah vzbujanja. Sliko lahko prerisesh na milimetrski papir ali pa podatke izvoziš v tekstovno datoteko in spektre narišesh s primernim programom. Po podatkih proizvajalca je za vzbujanje najprimernejša modra svetloba, manj pa vijolična, UV ali zelena. Je mogoče to preveriti?
- b) Izmeri spekter prepuščene svetlobe za različne papirje in izsevane svetlobe pralnega praška. Uporabi predvsem vijolično in UV svetlobo.
- c) Za vsako od treh varčnih žarnic, ki oddajajo svetlobo z različnimi barvnimi temperaturami, zajemi izsevani spekter. Ker je pri varčnih žarnicah mehanizem za izsevanje svetlobe (fluorescenca) povsem drugačen, kot pri sevanju črnih teles, njihov spekter izsevane svetlobe ni podoben spektru sevanja črnih teles. Kljub temu pa lahko tudi takšnim svetilom pripišemo t.i. *korelirano barvno temperaturo* – to je tista temperatura črnega telesa, pri kateri se zdi za človeško oko njegova barva najbolj podobna barvi opazovanega svetila.

Shrani zaslonske slike vseh izmerjenih spektrov in jih vključi v poročilo.

Temperature	Source
1,700 K	Match flame, low pressure sodium lamps (LPS/SOX)
1,850 K	Candle flame, sunset/sunrise
2,700–3,300 K	Incandescent lamps
3,000 K	Soft (or Warm) White compact fluorescent lamps
3,200 K	Studio lamps, photofloods, etc.
3,350 K	Studio "CP" light
4,100–4,150 K	Moonlight ^[2]
5,000 K	Horizon daylight
5,000 K	Tubular fluorescent lamps or cool white/daylight compact fluorescent lamps (CFL)
5,500–6,000 K	Vertical daylight, electronic flash
6,200 K	Xenon short-arc lamp ^[3]
6,500 K	Daylight, overcast
6,500–10,500 K	LCD or CRT screen
15,000–27,000 K	Clear blue poleward sky

These temperatures are merely characteristic; considerable variation may be present.

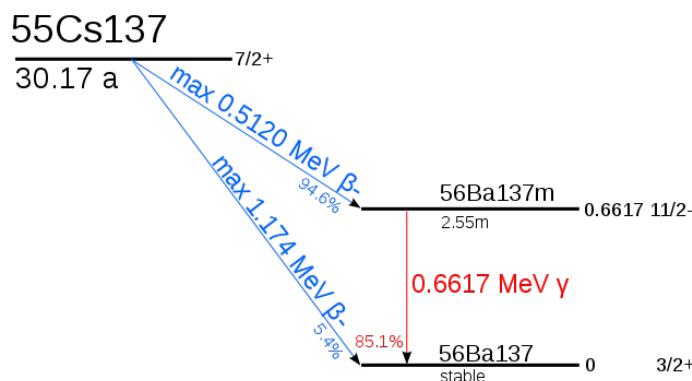
Slika 1: Značilne barvne temperature



Slika 2: Relativna izsevana energija za visoko- in nizko-tlačne Hg svetilke.

4 Absorpcija žarkov beta in gama

Pri vaji bomo uporabili izotop cezija 137, ki razpada z dvema razpadoma beta minus in razpadom gama v stabilno jedro barija.



Slika 3: Razpadna shema cezija 137

By Tubas-en - <http://www.springerlink.com/content/rm0v8727k2j02x85/>, p.492, doi:10.1007/978-3-642-00875-7, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6350843>

Za žarke gama (fotone) velja, da število fotonov v curku pojema eksponentno

$$N_{\gamma}(x) = N_0 e^{-\mu_{\gamma}x}. \quad (4)$$

N_0 v enačbi predstavlja število delcev pred preходом skozi snov, x je debelina materiala in μ je absorpcijski koeficient, ki je za različne snovi in različne energije delcev različen. Ko je debelina materiala majhna v primerjavi z dosegom, lahko tudi pojemanje števila delcev beta (elektronov) opišemo z eksponentno funkcijo:

$$N_{\beta}(x) = N_0 e^{-\mu_{\beta}x}. \quad (5)$$

Recipročna vrednost absorpcijskega koeficienta kovin za žarke gama meri nekaj centimetrov in je znatno večja od recipročne vrednosti absorpcijskega koeficienta za žarke beta, ki meri manj kot milimeter.

Pri poskusu bomo število delcev merili z Geiger-Müllerjevo cevjo. Geiger-Müllerjeva cev je vrsta plinskega števca. Znotraj cevi je plin, skozi katerega potujejo fotoni in elektroni, ki na svoji poti ionizirajo atome plina. Pozitivni ioni potujejo proti negativno nabitemu ohišju cevi, elektroni pa na žičko, ki je napeta po sredini cevi in je pozitivno nabita. Med potovanjem elektronov k žički, ti še vedno ionizirajo atome in to povzroči velik plaz elektronov na žičko, kar cev zazna kot električni impulz.

Ker vzorec razpada z dvema vrstama delcev, število delcev, ki jih zazna detektor, ne pojem s samo eno eksponentno funkcijo, ampak z dvema:

$$N(x) = N_{0\beta} e^{-\mu_{\beta}x} + N_{0\gamma} e^{-\mu_{\gamma}x}. \quad (6)$$

Naloga

- Preveri eksponentno odvisnost med številom delcev beta in debelino aluminijastih plasti in izračunaj absorpcijski koeficient.

- b) Izmeri absorpcijski koeficient za žarke gama v svincu.
- c) Izmeri absorpcijski koeficient za žarke gama v aluminiju. Preveri, če je razmerje absorpcijskih aluminija in svinca obratno sorazmerno z razmerjem gostot kovin.

Navodilo

Pred meritvijo z izviro izmeri ozadje, ki ga boš odštel od meritev absorpcije gama žarkov. Ozadje meri 10 minut (potrebuješ stoparico). Kako določiš ozadje pri meritvi absorpcijskega koeficienta za žarke β , je opisano posebej. Pri vseh nadaljnjih meritvah nastavi detektor na čas merjenja 60 s.

- a) Detektor postavi na razdaljo približno 25 mm od izvira. Najprej izmeri število sunkov brez absorberja. Nato do debeline 0,5 mm meri z lističi z debelino po 0,09 mm, od 0,5 mm do 2 mm pa s ploščicami z večjo debelino. Zadnjo meritev opravi z 2 mm aluminijasto ploščico (na enem robu zakrivljeno). Debeline vseh ploščic izmeri z mikrometrskim vijakom.

Pri obdelavi meritev bomo predpostavili, da 2 mm aluminijasta plošča zadrži vse žarke beta in prepusti vse žarke gama. Izmerjena vrednost sunkov s to ploščico zato ustreza ozadju za žarke beta, ki ga odšteješ od meritev. Pri tej meritvi ozadja meri vsaj 5 minut.

Absorpcijski koeficient določi grafično iz naklona premice v grafu, ki kaže odvisnost $\ln(N - N_{\text{ozadje}})$ od debeline plasti. Upoštevaj le točke v intervalu $[0 \leq x \leq 0,5 \text{ mm}]$.

- b) Postavitev naj bo enaka kot pri a). Na aluminijasto ploščo, s katero si končal meritev pri a), polagaj milimeter debele svinčene plošče in vsakič zabeleži število sunkov.

Pri obdelavi od meritev odštej ozadje. Za število žarkov gama pri $x = 0$ $N_{0\gamma}$ vzemi kar število sunkov pri meritvi z 2 mm aluminijasto ploščico. Absorpcijski koeficient določi grafično, tako kot pri a).

- c) Detektor sedaj premakni na razdaljo približno 40 mm od izvira. Ponovi meritev z 2 mm aluminijasto ploščico. Število sunkov ustreza vrednosti $N_{0\gamma}$. Na ploščico polagaj 8 mm aluminijaste kvadre; debeline izmeri s kljunastim merilom. Na koncu na 2 mm ploščico položi še debelejši kvader, tako da je največja ploskev obrnjena navzgor in izmeri število sunkov.

Absorpcijski koeficient določi grafično.

Izračunaj razmerje koeficientov pri b) in c) in razmerje primerjaj z obratnim razmerjem gostot.

5 Radioaktivni razpad

Pri radioaktivnem razpadu število radioaktivnih jeder pojema eksponentno s časom

$$N(t) = N(0)e^{-t/\tau}, \quad (7)$$

pri čemer je $N(0)$ število radioaktivnih jeder on času $t = 0$ in τ razpadni čas. Razpadni čas τ je povezan z razpolovim časom $t_{1/2}$ kot $t_{1/2} = \tau \ln 2$. Aktivnost vzorca se prav tako spreminja eksponentno

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \frac{N(0)}{\tau} e^{-t/\tau}, \quad (8)$$

Pri poskusu z nevtroni obsevamo vzorec vanadija, pri čemer dobimo izotop ^{52}V :



ki naprej razpada z razpadom β^- v stabilno jedro kroma:



Razpadni čas razpada β^- je nekaj minut, kar nam omogoča, da pri poskusu spremljamo časovno pojevanje aktivnosti in izmerimo razpadni čas.

Naloga

Izmeri razpadni in razpolovni čas izotopa ^{52}V pri razpadu beta.

Navodilo

Medtem, ko se vzorec obseva v bližini Am-Be izvora, izmeri aktivnost ozadja; meri 50 s in meritev ponovi vsaj trikrat. Na začetku obsevanja sproži štoparico in je ne ustavlja do konca meritve. Po 15 minutah bo laborant vstavil vzorec v ohišje GM cevi. Ob polni minuti sproži merjenje. Merjenje se ustavi po preteku 50 s. V naslednjih 10 s vpiši meritev v tabelo in ob polni minuti ponovno sproži štetje. Meritev nadaljuj vsaj naslednjih dvajset minut.

Meritve vnese v graf $\ln N(t)$ in iz naklona določi vrednost razpadnega časa in njegovo napako.

Glej še originalno navodilo pri vaji RADIOAKTIVNI RAZPAD.

**Pojasnilo.* V našem primeru N ustreza številu razpadov v $\Delta t = 50$ s. Ker je časovni interval sorazmerno dolg v primerjavi z razpadnim časom, aktivnost znotraj intervala ni konstantna. Kljub tem velja, da tako izmerjeno število razpadov pojema eksponentno, z enakim razpadnim časom kot aktivnost. O tem se prepričamo, če izračunamo število razpadov v časovnem intervalu $[t, t + \Delta t]$:

$$\Delta N = -\int_t^{t+\Delta t} \frac{dN(t)}{dt} dt = -\frac{N(0)}{\tau} \int_t^{t+\Delta t} e^{-t/\tau} dt = N(0) \left(1 - e^{-\Delta t/\tau}\right) e^{-t/\tau}.$$

Če poskrbimo, da je Δt enak pri vseh meritvah, je faktor pred $e^{-t/\tau}$ konstanten. ΔN ima torej enak časovni potek kot aktivnost.

6 Pojemanje intenzitete žarkov γ v zraku

Žarki γ se v zraku zanemarljivo malo absorbirajo. Število fotonov, ki gredo v časovni enoti skozi krogelno ploskev s poljubnim polmerom r in središčem v točkastem izvira, se zato ohranja in velja

$$\frac{dN}{dt} \equiv A = 4\pi r^2 j.$$

Tu je j število fotonov, ki gredo v časovni enoti skozi enotno ploskev: $j = dN/dSdt$. Za število fotonov, ki v času Δt vpadejo na vstopno odprtino detektorja s površino ΔS , velja

$$\frac{\Delta N_{\text{det}}}{\Delta t} \equiv I = j\Delta S = \frac{A\Delta S}{4\pi r^2}.$$

Naloga

- a) Preveri, da v zraku intenziteta žarkov γ pojema s kvadratom razdalje od izvira.

Navodilo

Meri število sunkov ΔN_{det} v izbranem časovnem intervalu Δt na različnih oddaljenostih od izvira r . Z večanjem oddaljenosti povečuj čas merjenja, tako da boš vsakič izmeril vsaj 100 (?) sunkov.

V grafu prikaži intenziteto $\Delta N_{\text{det}}/\Delta t$, pomnoženo s kvadratom razdalje, v odvisnosti od razdalje r . Če točke v okviru napak ležijo na premici, je hipoteza dokazana.

Število sunkov je porazdeljeno po Poissonovi porazdelitvi zato lahko (statistično) napako meritve ocenimo kar z $\sqrt{\Delta N_{\text{det}}}$.

7 Merjenje radona v zaprtih prostorih

Radon je najtežji žlahtni plin s kilomolsko maso 222 kg/kmol. Nastaja pri radioaktivnih razpadih predvsem urana in torija v zemeljski skorji. Ker ima zelo veliko gostoto (9,73 kg/m³ pri normalnih pogojih), se zadržuje večinoma pri tleh. V stanovanjskih in drugih zgradbah ga je največ v kletih. ²²²Rn je radioaktiven in razpada z razpadom α v izotop polonija ²¹⁸Po, ki je prav tako radioaktiven. Razpolovni čas je 3,8 dneva.

Naloga

- a) Izmeri aktivnost radona, ki se nabere v filtru sesalca v kletnih prostorih po 5, 10, 15 minutah sesanja.
- b) Primerjaj aktivnost radona, ki se v enakem času nabere v filtru v kleti in v pritličju stavbe.

Navodilo

- a) V kletnem prostoru vključi sesalec in po 5 minutah odstrani filter. Pomeri aktivnost filtra. Poskus ponovi še dvakrat in grafično prikaži naraščanje aktivnosti.
- b) Poskus ponovi v pritličju. Aktivnost pomeri le po 15 minutah sesanja.