

Vaja 69

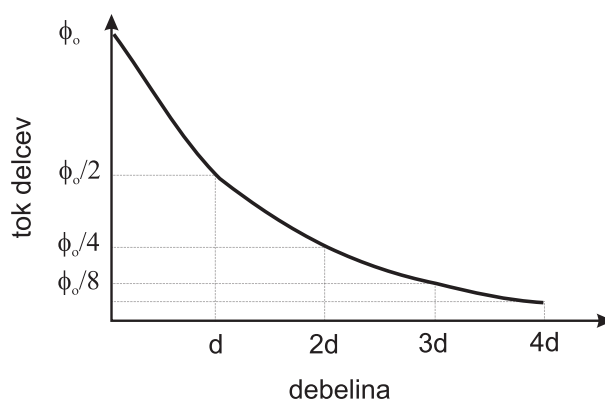
ABSORPCIJA SEVANJA GAMA

Pri radioaktivnem razpadu večina atomskih jeder oddaja tudi sevanje gama, to je kratkovalovno rentgensko svetlobo. Valovna dolžina sevanja gama, ki ga sevajo radioaktivne snovi, je od okoli 1 nm do 10^{-3} nm, kar ustreza energiji fotonov od nekaj keV do nekaj MeV. Če vzporeden curek sevanja gama s pretokom delcev ϕ_0 pada pravokotno na zaslon z debelino d , se na drugi strani zaslona tok zmanjša. S povečevanjem debeline zaslona, dobimo odvisnosti pretoka delcev ϕ od debeline zaslona, kot kaže slika:

Vidimo, da pretok pojema eksponentno z debelino plasti. Debelino, pri kateri pade tok sevanja gama na polovico prvotne vrednosti, imenujemo razpolovna debelina. Če debelino zaslona povečamo za razpolovno debelino, se pretok zmanjša za polovico. Tako velja:

$$\phi = \phi_0 e^{-\mu d}, \quad (69.1)$$

kjer je ϕ_0 pretok v vpadnem curku, d je debelina zaslona, μ pa je koeficient absorpcije. Ta je značilen za snov in je odvisen tudi od energije sevanja gama. Med



Slika 69.1: Pojemanje toka delcev skozi snov.

pripravami za zaznavanje sevanja gama je najbolj znan Geiger-Müllerjev števec (GM). Števec sestavlja kovinska cev kot zunanja elektroda in soosno (koaksialno) nameščena tanka žička kot druga elektroda. Cev je zaprta in napolnjena z mešanico plinov pri tlaku okoli 100 mb.

Števec je priključen na enosmerno napetost tako, da je žička v sredini pozitivna. Ioni in elektroni, ki jih pri preletu skozi plin ustvari delec gama, sprožijo v cevi kratkotrajen električni tok. Tokovni sunek zaznamo z elektronsko števno napravo. Upoštevati je treba, da le vsak stoti foton sevanja gama pri preletu sproži tak sunek. Razpadanje radioaktivnih atomskih jeder je slučajni pojav, zato pri večkratnih merjenjih v enakih okoliščinah ne naštejemo natančno enakega števila sunkov. Poissonova porazdelitev

$$W_N = \frac{\bar{N}^N}{N!} e^{-\bar{N}} \quad (69.2)$$

opisuje njihovo raztresenost okoli povprečne vrednosti \bar{N} , ki jo izračunamo po znanem splošnem predpisu. Izkaže se, da je pri tej porazdelitvi efektivni odmik od povprečja $\sigma = \sqrt{\bar{N}}$. Relativno število razpadov v časovnem intervalu dt določa verjetnost razpada λ kot:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt. \quad (69.3)$$

Odtod sledi tudi formula za upadanje števila nerazpadlih jeder po eksponentnem zakonu z razpolovnim časom $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

69.1 Naloga

1. Preizkusi enačbo $\sigma = \sqrt{\bar{N}}$ z večkratnim štetjem razpadov v enakih časovnih intervalih.
2. Izmeri razpolovno debelino svinca za sevanje gama, ki jih pri radioaktivnem razpadu seva kobaltov izvor!
3. Določi porazdelitev časovnih intervalov med zaporednimi razpadi.

69.1.1 Potrebščine

1. Varnierjev detektor - GM števec,
2. vmesnik,
3. radioaktivni preparat,
4. svinčene ploščice.

69.2 Navodilo

1. V spodnji del svinčene celice vložiš radioaktivni preparat. Če so v ohišju ostale še kake ploščice, jih odstrani! Detektor z GM cevjo poveži z vmesnikom in računalnikom. Vključi detektor in vmesnik. Na računalniku poženi program LabPro. Med senzorji izberi **Radiation counter** in ga dodaj k pravim vratom, če ga vmesnik ni prepoznal sam. Pri merskih nastavitvah (**Data collection**) izberi časovni način (**Mode: Time Based**). Interval meritve in pogostost merjenja nastavi tako, da boš izmeril aktivnost najmanj 10 krat po eno minuto. Program v tabeli izpisuje število izmerjenih sunkov N_i . Iz njih izračunaj \bar{N} in efektivno napako σ po predpisu, ki ga najdeš v poglavju "O merskih napakah". σ primerjaj z vrednostjo $\sqrt{\bar{N}}$.¹
2. Radioaktivni preparati lahko seva poleg delcev gama tudi delce beta, to je elektrone. Izvor, ki ga imaš za meritev, je na eni strani zaslonjen, tako da izhajajo iz njega le žarki gama, na drugi strani pa ga pokriva le tanka folija in seva tudi žarke beta. To lahko moti meritev absorpcijskega koeficienta, zato obrni izvor tako, da našteješ manj sunkov. Premisli, koliko sunkov moraš izmeriti, da meritvi lahko dovolj zaupaš!

Merilni interval nastavi na minuto. Najprej določi ϕ_0 in preštej število sunkov na minuto brez zaslonov. Meri vsaj dvakrat. Nato po vrsti polagaj med izvor in GM svinčene ploščice. Polagati jih začni v zgornji predalček, ko ja ta poln, pa postopoma še v nižje. Vsaki ploščici posebej izmeri debelino. Prešteti sunkov naj bo toliko, da bo meritev zanesljiva. V začetku, ko je pogostost sunkov velika, šteje po eno minuto. Kasneje pa izberi časovni interval tak, da se nabere dovolj sunkov. Ne pozabi si to zapisati! Pri vsaki debelini meri dvakrat. Ko si končal, premakni detektor na drugi konec mize in izmeri še aktivnost ozadja. Preštej vsaj 100 sunkov. Absorpcijski koeficient določi grafično. Preračunaj vse merske rezultate kot število sunkov na minuto. Nato od vseh vrednosti odštej aktivnost ozadja. To je število sunkov na minuto izmerjeno brez izvora. Te vrednosti deli s številom sunkov pri neza-

¹Če se znajdeš (**Analyse Statistics**), ti program močno olajša delo. Kadar je število sunkov dovolj veliko, je porazdeljeno okoli povprečne vrednosti z Gaussovo porazdelitvijo. To lahko opazuješ tako, da meritvam dodaš histogram (**Insert Additional Graphs Histogram**). Pri histogramu ustrezno nastavi opcije (**Options, Column, Bin Size, Bin Start**). Dialog opcij priključi s klikom desnega gumba miške nekje na grafu. Histogram se izrisuje sproti in opazuješ lahko, kako se porazdelitev bliža Gaussovi. Za ta del izberi krajši interval meritve (v intervalu naj bo nekaj deset sunkov) in več (nekaj desetih) intervalov. Če bo razred v histogramu premajhen, bodo zasedeni le nekateri razredi, če pa so razredi preveliki, bodo vse meritve v enem razredu (poskusi, tako da spreminjaš **Bin Size** - za predlagane parametre je ena skrajnost 1, druga pa 100). Izberi primerno širino, ki jo lahko iščeš kar med meritvijo. Ali je ta širina kako povezana z efektivno napako?

slonjenem izvoru in dobljene vrednosti logaritmiraj. Rezultate vnesi v diagram $-\ln[\Phi/\Phi_0](d)$. Iz strmine dobljene premice določi absorpcijski koeficient sevanja gama v svincu. Oцени napako meritve.²

3. Izberi največjo hitrost meritve in izberi celotni čas meritve tako dolg, da boš skupaj pomeril približno 1000 sunkov. S ploščami zakrij izvor, da bo GM cev zaznala največ en signal na merilni interval. Meritvam dodaj stolpec (**Data Insert Calculated Column**), ki bo meril časovne intervale med zabeleženimi sunki. V polje **Equation** moraš vstaviti funkcijo **BlockedtoBlocked**, ki jo najdeš med **Photogate** naborom funkcij, kot argument pa dodaj spremenljivko **RadiationCount**. Dodaj še histogram (**Insert Additional Graph Histogram**), ki bo kazal število časovnih intervalov med zaporednima sunkoma v odvisnosti od dolžine intervalov. Opcije pri histogramu primerno nastavi (**BinSize** 0,1, **BinStart** 0). Opazuj diagram in ugotavljaš časovno zakonitost razpada jeder.

²Tudi pri tej meritvi si lahko pomagamo z računalnikom. Izberi primerno dolg interval meritve in vsaj toliko intervalov, kot je svinčenih ploščic. Sproži meritev in po prvem intervalu dodaj ploščico, meritev pa pusti, da nemoteno teče. Dodajaj ploščice, dokler ne prideš do konca. Zaporedna polja stolpca, kjer je vpisana aktivnost, ustrezajo merilnemu intervalu in tudi debelini svinčenih ploščic. Meritvam dodaj nov stolpec (**Data Insert Calculated Column**) in v njem izračunaj debelino ploščic (v okvirček **Equation** vpiši pravo enačbo, kjer za argumente lahko uporabljaš številke iz stolpcev, ki jih lahko izbereš v **Variable list**, in funkcije v spisku **Functions**). Dodaj še stolpec, v katerem iz števila sunkov preračunaš logaritem normirane aktivnosti, tako kot je to opisano zgoraj. Dodaj graf, kjer podatke pobereš iz teh dveh stolpcev (**Insert Graph**). Grafu lahko prilagodiš premico (**Analyse LinearFit**) in njen naklonski koeficient ti pove razpolovno debelino.