

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Fizikos fakultetas

Mokomoji atomo ir branduolio fizikos laboratorija

Laboratorinis darbas Nr. 10

GAMA SPINDULIŲ SUGERTIES MEDŽIAGOJE TYRIMAS

Eksperimentinė dalis

Parengė A. Poškus

2024-02-02

Čia yra tik smulkus matavimo tvarkos aprašas. Ruošiantis darbui, reikia naudoti kitą aprašą, kuriame išdėstyta ne tik darbo metodika, bet ir teorija. Eksperimentinės dalies aprašas visą laiką turi būti prie matavimo įrangos; jo negalima išsinešti iš laboratorijos.

1. Darbo priemonės

Matavimo įrangos bendras vaizdas parodytas 1 pav.



1 pav. Matavimo įrangos bendras vaizdas. Kairėje matomas gama radiometro RKG-01A valdymo blokas, dešinėje yra blyksimojo detektoriaus gaubtas (skirtas aplinkos fono įtakai sumažinti), į kurį įdėtas detektorius. Po detektoriumi ant stalo padėtas švino konteineris su vienu iš dviejų tiriamųjų šaltinių (^{137}Cs). Ant konteinerio uždėtas kolimatorius. Viduryje matoma dėžutė su 1 mm ir 2 mm storio švino ir geležies plokštelėmis, už jos – aštuonios 5 mm storio aliuminio plokštelės

Darbo įrangą sudaro:

1. Automatizuotas gama radiometras RKG-01A su blyksimuoju detektoriumi (žr. 1 pav.) **Detektoriaus neveikos trukmė yra mažesnė už 10^{-6} s.**
2. ^{137}Cs radioaktyvusis šaltinis (žr. 2 pav.). ^{137}Cs aktyvumas 1979 m. buvo $12,8 \text{ MBq} = 1,28 \cdot 10^7 \text{ Bq}$; ^{137}Cs skilimo pusamžis lygus 30,04 m



(a)



(b)

2 pav. Švino konteineris su cezio ^{137}Cs bandiniu: (a) konteineris su dangčiu; (b) konteineris be dangčio. Pastarojoje nuotraukoje matosi anga, iš kurios išsina γ spinduliuoatė

3. ^{60}Co radioaktyvusis šaltinis (žr. 3 pav.). Šio radioaktyviojo šaltinio aktyvumas 2001 m. buvo $74 \text{ kBq} = 7,4 \cdot 10^4 \text{ Bq}$; ^{60}Co skilimo pusamžis lygus 5,27 m. Šio šaltinio korpuso ilgis yra 85 mm, skersmuo yra 12 mm. Šaltinio korpuso galas, kuriame yra radioaktyvioji medžiaga, yra pažymėtas grioveliu aplink korpuso perimetrą. Radioaktyvioji medžiaga yra plono apskrito sluoksnio pavidalo.

4. Švino, geležies ir aliuminio plokštelių rinkinys.

Elektronai („beta dalelės“), kurie atsiranda, skylant nuklidams ^{137}Cs ir ^{60}Co , beveik pilnai sugeriami radioaktyviųjų šaltinių viduje, ir į aplinką išeina tik γ spinduliuotė.

Laboratorinio darbo įrangos struktūrinė schema pavaizduota 4 pav.

Automatizuoto gama radiometro RKG-01A, kuris naudojamas šiame darbe, pirminė paskirtis yra nuklidų ^{137}Cs ir ^{134}Cs mišinio su žinomu aktyvumu santykiu ir nuklido ^{40}K tūrinio arba savitojo aktyvumo skystuose arba susmulkintuose kietuose bandiniuose matavimas. Tačiau šiame darbe jis yra naudojamas tik kaip γ kvantų detektavimo ir skaičiavimo įrenginys (radiometro naudojimo instrukcijoje tokia veika vadinama „fono matavimu“). Į šio radiometro sudėtį įeina scintiliacinis (blyksimasis) detektorius ir dviejų kanalų impulsų amplitudės analizatorius: pirmajame kanale registruojami 0,6 – 0,8 MeV energijos γ kvantai, kurie atsiranda skylant nuklidams ^{137}Cs ir ^{134}Cs , o antrajame kanale tuo pačiu metu registruojami 1,46 MeV energijos γ kvantai, kurie atsiranda, skylant nuklidui ^{40}K .

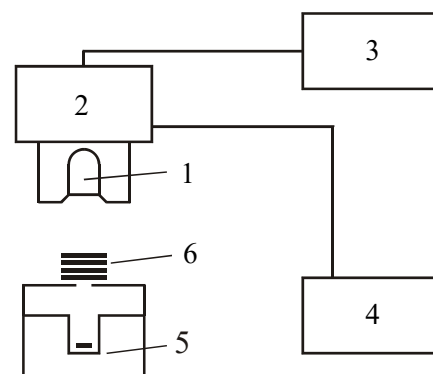
Matuojant ^{137}Cs spinduliuotę, turi būti naudojamas tik cezio kanalas. Matuojant ^{60}Co spinduliuotę, turi būti naudojama abiejų kanalų suma, nes ^{60}Co spinduliuojamų γ kvantų energija (1,17 MeV ir 1,33 MeV) yra didesnė už ^{137}Cs energiją (0,662 MeV), tačiau mažesnė už ^{40}K energiją (1,46 MeV). Taigi, šis radiometras nėra optimizuotas ^{60}Co spinduliuotės detektavimui.

2. Matavimo tvarka

1. Įjungiamas radiometro RKG-01A valdymo blokas (mygtukas **BKJ**).
2. Šaltiniai padedami toliau nuo detektoriaus (0,5 m atstumas yra pakankamas) ir išmatuojamas aplinkos fonas. Tam nuspaudžiamas mygtukas **ΦOH** (kad radiometras pradėtų matuoti, mygtuką nuspaudus reikia palaikyti bent 1 s, kol pasigirsta signalas). Tada rodytuve pasirodo simbolis "F" (žr. 5 pav.) ir pasigirsta trumpas garso signalas. Tai reiškia, kad radiometras perėjo į fono matavimo veiką. Rodytuve pasirodo ankstesniųjų matavimų duomenys, kurie buvo išsaugoti valdymo bloko atmintyje: pirmąsias 3 s atvaizduojamas Cs kanalo impulsų skaičius, o kitas 3 s atvaizduojamas K kanalo impulsų skaičius. Paskui prasideda naujas fono matavimas. Rodytuve atvaizduojama nauja informacija: pirmojoje eilutėje – einamojo fono matavimo rezultatas Cs kanale ir jo dimensija " s^{-1} " (impulsai per sekundę), antrojoje eilutėje – fono Cs kanale santykinės matavimo paklaidos vertė procentais. Šie rezultatai atnaujinami kas sekundę; jų tikslumas nuolat auga (tai pasireiškia santykinės paklaidos mažėjimu). Norint atvaizduoti einamojo fono matavimo rezultatą ir jo santykinę paklaidą K kanale, reikia dar kartą nuspausti mygtuką **ΦOH** (matavimo metu kiekvieną nelyginį mygtuko **ΦOH** nuspaudimą atitinka fono Cs kanale atvaizdavimas, o kiekvieną lyginį nuspaudimą – fono K kanale atvaizdavimas). Radiometras visada matuoja šiuos du dydžius vienu metu, nepriklausomai nuo to, kuris iš jų yra atvaizduotas rodytuve. **Pastabos:** a) Einamąjį kanalą nurodo užrašas po raidės „F“ – tas užrašas



3 pav. Kobalto ^{60}Co šaltinio nuotraukos. Kairiojoje nuotraukoje radioaktyvioji medžiaga yra viršuje



4 pav. γ spinduliuotės sugerties tyrimo įrangos struktūrinė schema. 1 – scintiliatorius, 2 – fotodaugintuvas (kartu su scintiliatoriumi sudaro blyksimąjį detektorių), 3 – aukštos įtampos šaltinis, 4 – impulsų skaičiavimo įrenginys (viename korpusė su aukštos įtampos šaltiniu), 5 – γ spinduliuotės šaltinis, 6 – metalo plokštelės



5 pav. Radiometro RKG-01A valdymo blokas (užrašas „0 %“ reiškia, kad santykinė paklaida mažesnė už 0,5 %)

yra „CS“ arba „K“ (pvz., 5 pav. rodomas cezio kanalas). **b)** Šiame darbe naudojama tik „fondo matavimo veika“ – net ir matuojant tiriamųjų radioaktyviųjų bandinių spinduliuotę (o ne aplinkos foną).

3. Kai fono matavimo Cs kanale santykinė paklaida tampa mažesnė už 5%, pasigirsta trumpas garso signalas ir rodytuvo antroje eilutėje prieš simbolį "+/-" pasirodo simbolis "!". Tai reiškia, kad fono matavimo santykinė paklaida mažesnė už 5 %, ir fono matavimus galima baigti. Tada nuspaudžiamas mygtukas **СТОП**. *Pastaba:* Nėra reikalaujama, kad fono matavimo K kanale santykinė paklaida taip pat būtų mažesnė už 5%.
4. Darbo žurnale užrašomos išmatuotosios fono vertės Cs ir K kanaluose (norint pereiti iš vieno kanalo į kitą, kai nevyksta matavimai, reikia nuspusti mygtuką **СТОП**).
5. Po skaitikliu pastatomas konteineris su cezio izotopu ^{137}Cs . Radioaktyvusis šaltinis turėtų būti maždaug centre trikampio, kurio viršūnės atitinka detektoriaus gaubto atramas (žr. 1 pav.). Konteineris atidengiamas. Ant konteinerio uždedamas švininis kolimatorius – cilindrinis blokas su siauru kanalu lygiagrečiam γ spindulių pluošteliai gauti (žr. 6 pav.). *Pastaba:* Dirbant su šiuo šaltiniu, negalima laikyti pirštų prieš angą, iš kurios išeina gama spinduliuotė.



6 pav. ^{137}Cs konteineris, ant kurio uždėtas kolimatorius



7 pav. ^{137}Cs konteineris, ant kurio uždėtas kolimatorius ir švino plokštelės (sugėrikliai)

6. Dedant ant kolimatoriaus vieną ant kitos 2 mm ir 1 mm storio švino plokštelės, pilnutinis švino sluoksnio storis (t. y. uždėtų plokštelių storių suma) keičiamas nuo 0 iki 2 cm kas 2 mm (iš viso – 11 storio verčių). [Iš viso yra penkios 2 mm storio švino plokštelės ir dešimt 1 mm storio švino plokštelių. Kadangi storis turi būti keičiamas kas 2 mm, tai 1 mm storio plokštelės reikia dėti po dvi.] Esant kiekvienam storiui, nuspaudžiamas mygtukas **ФОН** ir laukiama, kol santykinė paklaida Cs kanale sumažės iki 1 %. Paskui nuspaudžiamas mygtukas **СТОИ**. Matavimų duomenys fiksuojami lentelėje: pirmajame stulpelyje užrašomos švino storio vertės (x), o antrajame – γ kvantų skaičiavimo spartos (n). **Pastabos:** **1.** „Nulinis storis“ reiškia, kad ant kolimatoriaus nėra uždėta nė viena plokštelė (kaip 6 pav.). **2.** Kadangi ^{137}Cs bandinio aktyvumas yra palyginti didelis, tai, esant mažiausiems sugėriklio storiams, laukti praktiškai nereikia – jau po vienos sekundės radiometras rodo santykinę paklaidą 1 % arba netgi 0 % (pvz., žr. 5 pav.). **3.** Nereikia laukti, kol parodymai visiškai nustos svyruoti. Pvz., jeigu vidurkis yra 1000 detektuotų gama kvantų per sekundę, tada 1 % santykinė paklaida reiškia, kad parodymai gali svyruoti nuo 990 iki 1010. Tada galima stabdyti matavimus. **4.** Švino plokštelių kampe yra anga (žr. 7 pav.). Tai yra vienas iš požymių, pagal kuriuos jas galima atskirti nuo geležies plokštelių.
7. 6 punkto matavimai pakartojami, naudojant geležies plokštelės (storis vėl keičiamas nuo 0 iki 2 cm kas 2 mm). **Pastaba:** Geležies plokštelių matmenys, jų storiai ir jų skaičius yra tokie patys, kaip švino plokštelių (tačiau geležies plokštelių kampe nėra angos).
8. Matavimai pakartojami, naudojant 5 mm storio aliuminio plokštelės (pilnutinis aliuminio storis keičiamas nuo 0 iki 4 cm kas 5 mm).
9. Nuo ^{137}Cs konteinerio nuimamas kolimatorius, konteineris uždengiamas ir padedamas toliau nuo detektoriaus.
10. Po detektoriumi (ten, kur anksčiau stovėjo ^{137}Cs bandinys) pastatoma pakyla ^{60}Co bandiniui (kadangi ^{60}Co bandinio aktyvumas šiuo metu jau yra labai mažas, tai tą bandinį reikia priartinti prie detektoriaus, kad būtų detektuojamas pakankamas fotonų skaičius). Pvz., tuo tikslu galima panaudoti laboratorinio darbo Nr. 3 (kuris šiuo metu nėra atliekamas) maitinimo bloką (žr. 8 pav.).



8 pav. ^{60}Co bandinys turi būti uždėtas ant pakyls, siekiant jį priartinti prie detektoriaus (nes to bandinio aktyvumas yra palyginti mažas). Šioje nuotraukoje pakyls vaidmenį atlieka laboratorinio darbo Nr. 3 maitinimo blokas.



9 pav. ^{60}Co bandinio laikiklis (jis pagamintas iš plieno)



10 pav. Į plieninį laikiklį įdėtas ^{60}Co bandinys (yra matomas iš laikiklio išlindęs šaltinio galas, kuriame yra radioaktyvioji medžiaga)



11 pav. ^{60}Co bandinio laikiklis, ant kurio uždėtas kolimatorius

11. Ant pakylos uždedamas ^{60}Co bandinio laikiklis – plieninis cilindras su kanalu bandiniui įdėti (žr. 9 pav.). ^{60}Co radioaktyvusis šaltinis įdedamas į tą laikiklį, kaip parodyta 10 pav. (reikia atkreipti dėmesį, kad šaltinio korpuso galas, kuriame yra radioaktyvioji medžiaga, būtų nukreiptas į viršų). Ant šaltinio užmaunamas švino kolimatorius (žr. 11 pav.). **Pastaba:** Kadangi kanalas šaltiniui įdėti eina kiaurai per visą laikiklio ilgį, tai patartina nekelti laikiklio su įdėtu šaltiniu virš stalo ir surasti lygią vietą ant pakylos, kur būtų galima padėti laikiklį.
12. Dedant ant kolimatoriaus vieną ant kitos 2 mm ir 1 mm storio švino plokšteles, pilnutinis švino sluoksnio storis (t. y. uždėtų plokštelių storių suma) keičiamas nuo 0 iki 2 cm kas 4 mm (iš viso – šešios storio vertės). Kadangi dabar storis turi būti keičiamas kas 4 mm, tai kiekvieną kartą reikia papildomai uždėti keturias 1 mm storio plokšteles, arba dvi 2 mm storio plokšteles, arba dvi 1 mm storio plokšteles ir vieną 2 mm storio plokštelę. Esant kiekvienam storiui, nuspaudžiamas mygtukas **ФОН** ir laukiama, kol santykinė paklaida Cs kanale sumažės iki 10%. Paskui nuspaudžiamas mygtukas **СТОИ**. Matavimų duomenys fiksuojami lentelėje: pirmajame stulpelyje užrašomos švino storio vertės (x), o antrajame – γ kvantų skaičiavimo spartų Cs ir K kanaluose suma (n). **Pastaba:** Radiometras atlieka matavimus abiejuose kanaluose *vienu metu* (nepriklausomai nuo to, kurio kanalo duomenys yra rodomi rodytuve). Baigus matavimą, iš vieno kanalo į kitą galima pereiti, pakartotinai spaudžiant mygtuką **СТОИ**.
13. 12 punkto matavimai pakartojami, naudojant geležies plokšteles (storis vėl keičiamas nuo 0 iki 2 cm kas 4 mm).
14. Matavimai pakartojami, naudojant 5 mm storio aliuminio plokšteles (storis keičiamas nuo 0 iki 4 cm kas 5 mm).
15. ^{60}Co radioaktyvusis šaltinis padedamas toliau nuo skaitiklio. Dar kartą išmatuojamas fonas Cs ir K kanaluose (2 – 4 punktai).
16. Radiometras išjungiamas (mygtukas **БКЛ**). Po lentelėmis su matavimo duomenimis pasirašo darbo vadovas arba laborantas.