

VILNIAUS UNIVERSITETAS
Fizikos fakultetas
Mokomoji atomo ir branduolio fizikos laboratorija

Laboratorinis darbas Nr. 14

**RADIOAKTYVIOSIOS PUSIAUSVYROS TYRIMAS IR
NUKLIDO $^{137\text{m}}\text{Ba}$ GYVAVIMO TRUKMĖS MATAVIMAS**

Eksperimentinė dalis

Parengė A. Poškus

2026-09-07

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

1. Radionuklido ^{137m}Ba generatorius ($^{137}\text{Cs}/^{137m}\text{Ba}$ generatorius).
2. Geigerio ir Miulerio skaitiklis (**skaitiklio neveikos trukmė $\tau_n \approx 0.001 \text{ s} \approx 1.7 \cdot 10^{-5} \text{ min}$**).
3. Impulsų skaičiavimo įrenginys „Isotrak“ (jo naudojimo instrukcija pateikta 3 skyriuje).
4. Stiklainis su eluavimo tirpalu.
5. Švirkštas tirpalo praleidimai per generatorių.
6. Mėgintuvėlis, į kurį suteka per generatorių pratekėjęs eluavimo tirpalas (su ^{137}Ba jonais, kurie perėjo iš generatoriaus į tirpalą).

Matavimo įrangos bendras vaizdas parodytas 1 pav.



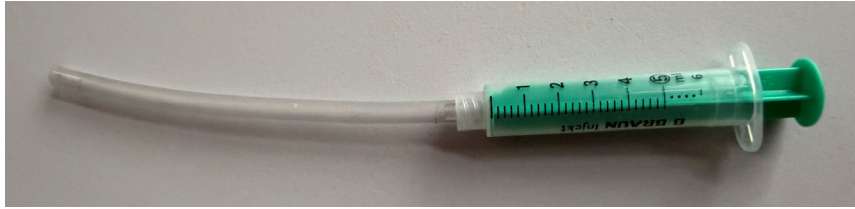
1 pav. Matavimo įrangos bendras vaizdas

2. Matavimo tvarka

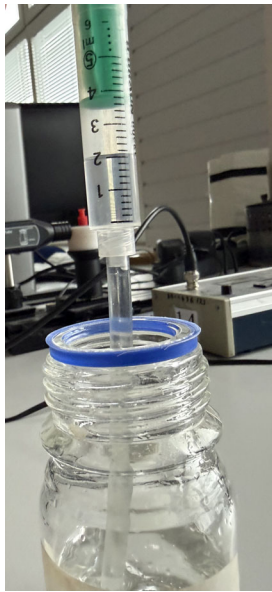
1. Impulsų skaičiavimo įrenginio elektros tinklo adapteris prijungiamas prie ilgintuvo. Jeigu ilgintuvas turi jungiklį, tada tas jungiklis įjungiamas. Impulsų skaičiavimo įrenginys su Geigerio ir Miulerio skaitikliu įjungiamas ir paruošiamas darbui. Šiame darbe turi būti naudojama automatinio skaičiavimo veika (t. y. turi nuolat šviesti indikatorius „Continuous“); vieno matavimo trukmė turi būti 60 s (žr. skaičiavimo įrenginio aprašą 3 skyriuje). Kadangi matavimų rezultatai turės būti rašomi į skaičiavimo įrenginio atmintį, o atmintyje gali būti saugoma ne daugiau 50 skaičių, tai darbo pradžioje reikia iš atminties ištrinti ankstesnių matavimų duomenis (tam reikia vienu metu spustelėti mygtukus „Start/Stop“ ir „Reset“). Paruošus skaičiavimo įrenginį, jo būseną turi būti tokia, kad, norint pradėti matavimų seką, užtektų tik nuspausti mygtuką „Start/Stop“.

Dėmesio! Dirbant su radioaktyviu tirpalu, būtina dėvėti vienkartines pirštines. Baigus darbą, pirštines galima išmesti į šiukšlių dėžę.

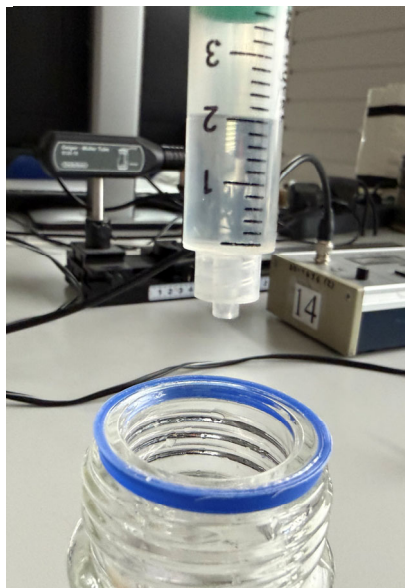
2. Iš $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ generatoriaus išskiriamas nuklidas $^{137\text{m}}\text{Ba}$. Tai atliekama tokiu būdu:
- Prie švirkšto, kuris įeina į $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ generatoriaus komplektą, prijungiamas plastikinis vamzdelis (žr. 2a pav.), į švirkštą įtraukiami maždaug 2 ml eluavimo tirpalo iš stiklainio (žr. 2b pav.), vamzdelis nuimamas nuo švirkšto (žr. 2c pav.). Nuimant vamzdelį, jį reikia laikyti virš stiklainio su eluavimo tirpalu, kad tirpalo likučiai ištekėtų iš vamzdelio atgal į stiklainį. Ant stiklainio užsukamas dangtelis.
 - Nuo generatoriaus nusukamas apsauginis dangtelis (žr. 3a pav. ir 3b pav.) ir vietoj jo užsukamas švirkštas su tirpalu (žr. 3c pav.).



(a)



(b)



(c)

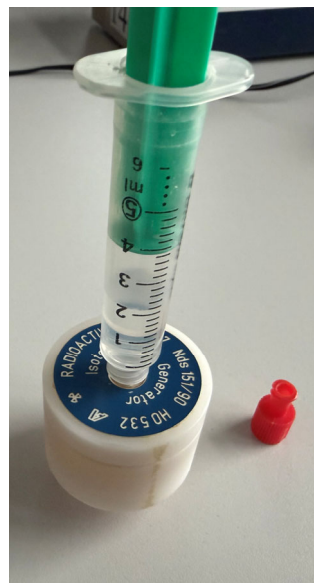
2 pav. Eluavimo tirpalo įtraukimas į švirkštą: (a) švirkštas su prijungtu plastikiniu vamzdeliu, (b) švirkštas, į kurį įtraukti 2 ml eluavimo tirpalo, (c) švirkštas su eluavimo tirpalu, nuėmus plastikinį vamzdelį.



(a)

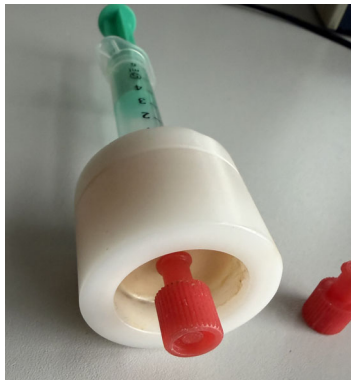


(b)



(c)

3 pav. Švirkšto su 2 ml eluavimo tirpalo pritvirtinimas prie radionuklidų generatoriaus: (a) raudonas dangtelis, kurį reikia nusukti nuo generatoriaus, (b) generatorius be dangtelio, (c) ant generatoriaus užsuktas švirkštas



(a)



(b)

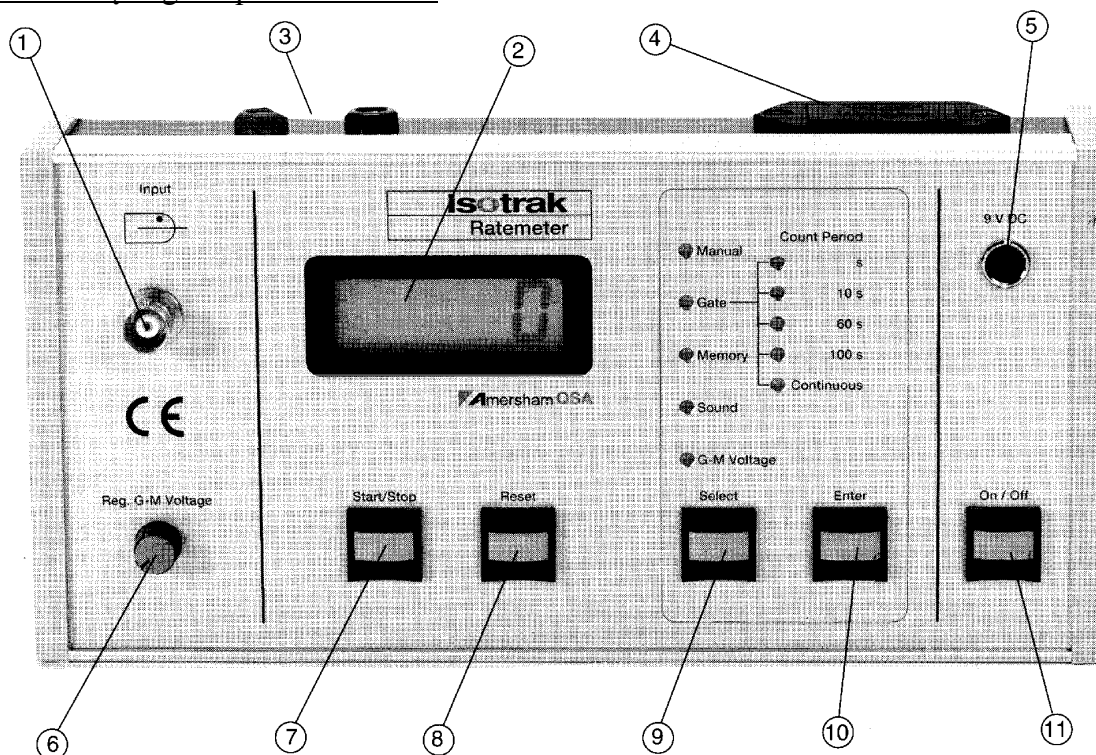


(c)

4 pav. Generatoriaus su pritvirtintu švirkštu paruošimas Ba jonų pašalinimui iš generatoriaus: **(a)** antrasis raudonas dangtelis, kurį reikia nuimti nuo generatoriaus (šioje pusėje sriegio nėra, todėl užtenka patraukti dangtelį), **(b)** generatorius be antrojo dangtelio, **(c)** generatorius uždėtas ant mėgintuvėlio, į kurį reikės lašinti tirpalą su Ba jonais.

- c) Nuimamas apsauginis dangtelis, kuris yra kitoje generatoriaus pusėje (žr. 4a pav. ir 4b pav.). Ten sriegio nėra, todėl sukti nereikia, užtenka patraukti. Paskui generatorius kartu su švirkštu patalpinami virš tuščio mėgintuvėlio (žr. 4c pav.).
 - d) Spaudžiant švirkšto stūmoklį, tirpalas praleidžiamas pro generatorių ir išleidžiamas į tuščią mėgintuvėlį (ši procedūra turėtų užtrukti 10 – 20 sekundžių). Mėgintuvėlis uždengiamas.
 - e) Ant $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ generatoriaus uždedami abu apsauginiai dangteliai ir generatorius padedamas prieš skaitiklį. Atstumas tarp skaitiklio ir generatoriaus turi būti kuo mažesnis (kaip 1 pav.).
 - f) Mėgintuvėlis su radioaktyviuoju tirpalu pastatomas mažiausiai 2 m atstumu nuo skaitiklio.
 - g) Startuojamas skaičiavimo įrenginys;
3. Atliekama 30 matavimų po 1 min. Tarp matavimų neturi būti pauzių. Kadangi yra naudojama automatinio skaičiavimo veika, tai matavimų rezultatai automatiškai įsirašo į skaičiavimo įrenginio atmintį. Praėjus 30 min, matavimas sustabdomas, visų matavimų duomenys nuskaitomi iš skaičiavimo įrenginio atminties ir užsirašomi (duomenų skaitymas iš atminties paaikšintas 3 skyriaus pabaigoje). Perrašius visus duomenis, atminties turinį galima ištrinti (tam reikia vienu metu spustelėti mygtukus „Start/Stop“ ir „Reset“).
 4. Tirpalas (kuris dabar jau beveik neradioaktyvus) išpilamas iš mėgintuvėlio į kriauklę. Pakartojamas 2 punktas, tačiau šį kartą prieš skaitiklį statomas ne $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ generatorius, o mėgintuvėlis su radioaktyviuoju tirpalu. Atstumas nuo skaitiklio iki mėgintuvėlio turi būti kuo mažesnis, o iki $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ generatoriaus – 2 m arba didesnis.
 5. Atliekama 10 matavimų po 1 min. Tarp matavimų neturi būti pauzių. Matavimų duomenys užfiksuojami antrojoje lentelėje.
 6. Mėgintuvėlis su radioaktyviuoju tirpalu pastatomas mažiausiai 2 m atstumu nuo skaitiklio. Atliekama 10 fono matavimų po 1 min. Fono matavimo duomenys užfiksuojami trečiojoje lentelėje.
 7. Praėjus 20 min nuo Ba išskyrimo iš $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ generatoriaus, beveik visi $^{137\text{m}}\text{Ba}$ branduoliai jau yra perėję į pagrindinę būseną. Todėl Ba tirpalas jau yra beveik neradioaktyvus, ir jį galima išpilti iš mėgintuvėlio į kriauklę. Išpylus, mėgintuvėlį patartina paskalauti su vandeniu.
 8. Impulsų skaičiavimo įrenginys išjungiamas.
 9. Jeigu ilgintuvas turi jungiklį, jis išjungiamas. Jeigu ilgintuvas neturi jungiklio, tada impulsų skaičiavimo įrenginio elektros tinklo adapterį reikia atjungti nuo ilgintuvo.
 10. Po lentelėmis su matavimo duomenimis pasirašo darbo vadovas arba laborantas.

1. Skaičiavimo įrenginio priekinė sienelė



6.1 pav. Skaičiavimo įrenginio priekinė sienelė

- 1) Geigerio ir Miulerio skaitiklio prijungimo lizdas,
- 2) 4 skaitmenų skystakristalis rodytuvas,
- 3) TTL sąsaja (šiuo darbe naudojamas prietaiso variantas su RS232 sąsaja),
- 4) Vieta 9 V baterijai,
- 5) +9 V nuolatinės įtampos adapterio prijungimo lizdas,
- 6) Geigerio ir Miulerio įtampos reguliatorius "Reg. G-M Voltage",
- 7) Skaičiavimo proceso pradžios/pabaigos mygtukas "Start/Stop",
- 8) Rodytuvo nustatymo į nulį ir įrašymo į atmintį mygtukas "Reset" (vienu metu nuspaudus mygtukus "Reset" ir "Start/Stop", atmintis išvaloma),
- 9) Veikų pasirinkimo mygtukas "Select",
- 10) Įėjimo į pasirinktąją veiką arba išėjimo iš jos mygtukas "Enter",
- 11) Prietaiso įjungimo/išjungimo mygtukas "On/Off".

Valdymo indikatoriai. Pasirinktąją veiką parodo valdymo indikatoriai. Indikatoriai "Memory" šviečia tada, kai atmintyje yra duomenų. Jeigu atmintis pilnai užpildyta (50 matavimų), tada šis indikatoriai mirksi. Vykstant matavimui, indikatoriai "Gate" mirksi dideliu dažniu.

2. Įjungimas

Skaičiavimo įrenginio maitinimo šaltinio vaidmenį gali atlikti 9 V baterija arba elektros tinklo 9 V adapteris. Įrenginys įjungiamas, nuspaudžiant mygtuką "On/Off".

3. Veikos pasirinkimas

Naudojant mygtuką "Select", galima pasirinkti įvairias veikas. Pasirinkus veiką, atitinkamas valdymo indikatoriai pradeda mirksėti. Pasirinktoji veika aktyvuojama, nuspaudžiant mygtuką "Enter" (tada atitinkamas valdymo indikatoriai nustoja mirksėti ir pradeda šviesti pastoviai). Dar kartą nuspaudus "Enter", pasirinktoji veika nustoja būti aktyviaja (atitinkamas valdymo indikatoriai vėl pradeda mirksėti), ir galima pasirinkti kitą veiką.

Anksčiau aprašytu būdu aktyvavus veiką “G-M Voltage”, Geigerio ir Miulerio skaitiklio įtampą rodo skystakristalis rodytuvas. Reikalinga įtampa nustatoma, sukant reguliatorių “Reg. G-M Voltage”. Šio tipo skaitiklių optimali darbo įtampa yra 500 V (tačiau skaitiklis veiks ir esant 350 – 600 V įtampai).

5. Impulsų garsinė indikacija (veika “Sound”)

Norint išjungti arba įjungti impulsų garsinę indikaciją, reikia nuspausti mygtuką “Select” kelis kartus, kol pradeda mirksėti valdymo indikatorius “Sound”. Tada nuspaudžiamas mygtukas “Enter”. Po to nuspaudus mygtuką “Select”, išjungiamą arba įjungiamą impulsų garsinę indikaciją (skystakristalis rodytuvas atitinkamai rodo “OFF” arba “ON”). Norint išeiti iš šios veikos, reikia nuspausti mygtuką “Enter”.

6. Impulsų skaičiavimas (veika “Gate”)

Spaudžiant mygtuką “Select”, pasiekama, kad mirksėtų valdymo indikatorius “Gate”. Tada nuspaudžiamas mygtukas “Enter”. Po to, spaudžiant mygtuką “Select”, pasirenkama reikalinga skaičiavimo trukmė (atitinkamas valdymo indikatorius pradeda mirksėti). Tada nuspaudžiamas mygtukas “Enter”. Valdymo indikatorius “Continuous” pradeda mirksėti. Dabar galima pasirinkti vieną iš dviejų veikų: vienkartinio skaičiavimo arba automatinio skaičiavimo.

a) Vienkartinis skaičiavimas

Vienkartinio skaičiavimo veika pasirenkama, spaudžiant mygtuką “Select” (tada indikatorius “Continuous” užgesa). Norint pradėti impulsų skaičiavimą, reikia nuspausti mygtuką “Start/Stop”. Tada prietaisas suskaičiuos impulsus, kurie buvo užregistruoti per vieną pasirinktosios trukmės matavimą. Norint įrašyti matavimo rezultatą į atmintį, reikia nuspausti “Reset”. Norint atlikti dar vieną matavimą, reikia dar kartą paspausti “Start/Stop”.

b) Automatinis skaičiavimas

Automatinio skaičiavimo veika pasirenkama, spaudžiant mygtuką “Enter” (tada indikatorius “Continuous” nustoja mirksėti ir šviečia). Norint pradėti impulsų skaičiavimą, reikia nuspausti mygtuką “Start/Stop”. Tada prietaisas pradės duotosios trukmės matavimų seką. Norint sustabdyti matavimus, reikia dar kartą nuspausti “Start/Stop”. Kiekvieno matavimo rezultatas automatiškai įrašomas į atmintį, kol atmintyje saugomų rezultatų skaičius pasiekia 50 (tada valdymo indikatorius “Memory” pradeda mirksėti). Pasibaigus kiekvienam matavimui, jo rezultatas rodomas maždaug 5 s. Pauzių tarp matavimų nėra, tačiau impulsų skaičius, kuris buvo užregistruotas per pirmąsias 5 s, nėra parodomas; vietoj jo rodomas ankstesniojo matavimo rezultatas.

7. Atmintyje esančių duomenų skaitymas

Norint perskaityti atmintyje esančius duomenis, reikia, spaudžiant mygtuką “Select”, pasiekti, kad mirksėtų valdymo indikatorius “Memory”. Tada skystakristaliame rodytuve parodomas paskutinio įrašyto į atmintį matavimo rezultatas. Norint perskaityti ankstesnius duomenis, reikia pakartotinai nuspausti mygtuką “Enter”. Taigi, duomenys skaitomi atvirkštine tvarka. Pasiekus sąrašo pabaigą, rodytuvas rodo tris brūkšnius. Į sąrašo pradžią grįžtama, nuspaudus “Reset”.

Į atmintį galima įrašyti ne daugiau 50 rezultatų. Todėl, prieš rašant į atmintį, patartina ištrinti iš jos ankstesniųjų matavimų rezultatus. Tuo tikslu reikia vienu metu nuspausti mygtukus “Start/Stop” ir “Reset”.