

VILNIAUS UNIVERSITETAS
Kietojo kūno elektronikos katedra
Atomo ir branduolio fizikos laboratorija

Laboratorinis darbas Nr. 9a

ALFA DALELIŲ SUGERTIES MEDŽIAGOJE TYRIMAS

Eksperimentinė dalis

Parengė A. Poškus

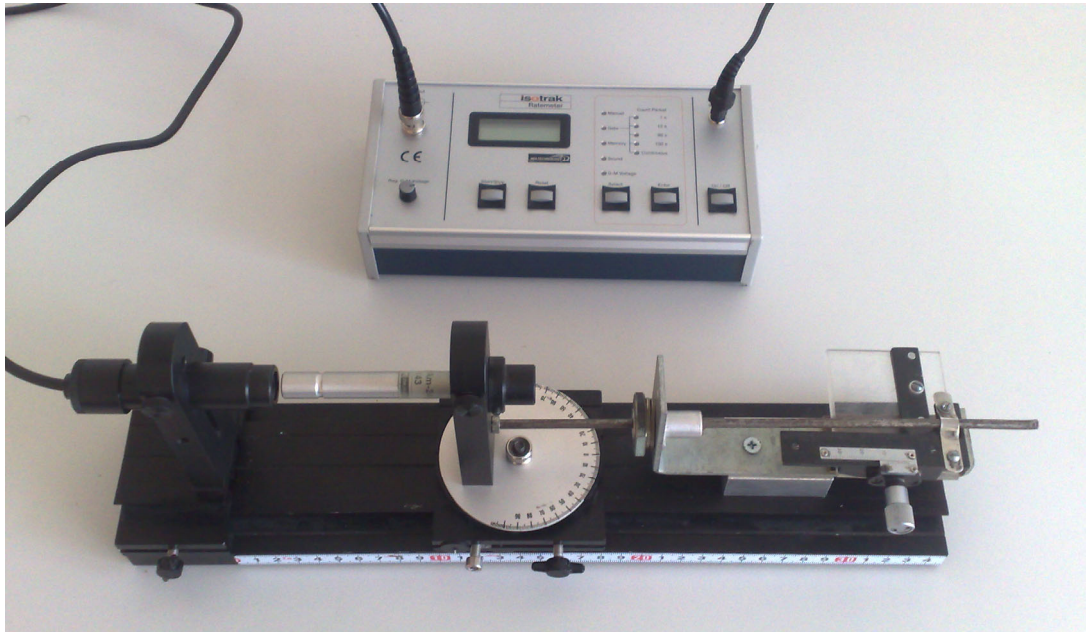
2013 09 08

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) Atviras ^{241}Am α radioaktyvusis šaltinis (aktyvumas – 3,7 kBq);
- 2) Geigerio ir Miulero detektorius (**langelio skersmuo $D = 9$ mm, langelio masinis storis $d_m = (1,8 \pm 0,2)$ mg/cm², detektoriaus neveikos trukmė $\approx 0,001$ s = $1,7 \cdot 10^{-5}$ min);**)
- 3) **Isotrak** impulsų skaičiavimo įrenginys.

Alfa dalelių sugerties ore matavimo įrangos bendras vaizdas pateiktas 1 pav.



1 pav. Alfa dalelių sugerties ore tyrimo įrangos bendras vaizdas

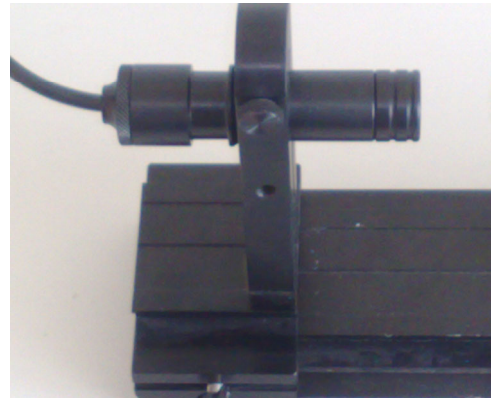
Atviras ^{241}Am α radioaktyvusis šaltinis pavaizduotas 2 pav. iš dviejų pusių. Radioaktyviojo šaltinio korpuso ilgis yra 85 mm, skersmuo yra 12 mm. Šaltinio korpuso galas, kuriame yra radioaktyvioji medžiaga, yra pažymėtas grioveliu aplink korpuso perimetrą (kitame korpuso gale yra sriegis tvirtinimui ant varžto). Radioaktyvioji medžiaga yra plono apskrito sluoksnio pavidalo.

3 pav. pavaizduotas Geigerio ir Miulero detektorius kartu su stovu, kuriame jis įtvirtintas. Šis detektorius turi apsauginį gaubtelį su 2 mm skersmens anga (žr. 4 pav.). Tas gaubtelis naudojamas tik prieš pradėdant matavimus pradžioje, siekiant tiksliai užduoti pradinį atstumą tarp radioaktyviosios medžiagos ir detektoriaus langelio bei siekiant užtikrinti, kad, keičiant atstumą tarp šaltinio ir detektoriaus, šaltinis neatsiremtų į langelį (pastaruoju atveju langelis trūktų ir detektorius būtų nepataisomai sugadintas). Detektoriaus ir radioaktyviojo šaltinio tarpusavio išsidėstymas matavimo metu parodytas 4 pav. (tačiau, kaip minėta, matavimo metu apsauginis gaubtelis yra nuimtas).

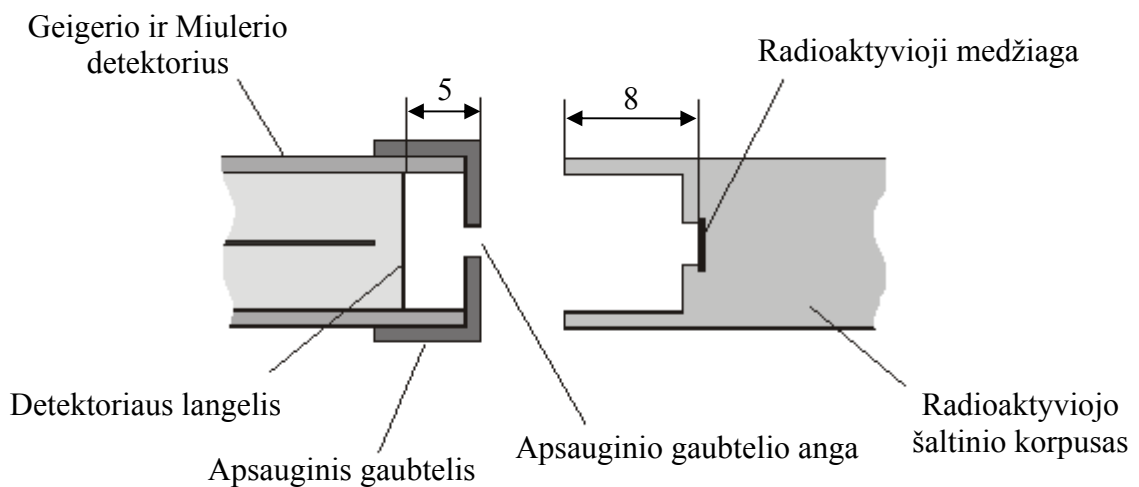


2 pav. Atviro Am-241 šaltinio nuotraukos. Kairiojoje nuotraukoje radioaktyvioji medžiaga yra viršuje

Kaip matyti 1 pav., detektorius ir šaltinis yra pritvirtinti prie optinio stendo, išilgai kurio gali slankioti. Tokiu būdu keičiamas atstumas tarp detektoriaus ir šaltinio. Nors ant optinio stendo apatinio krašto yra skalė atstumo matavimui, tačiau šiame darbe atstumas valdomas mikrometriniu sraigtu, kuris matomas 1 pav. dešiniajame krašte, ir matuojamas pagal mikrometrinio staliuko skalę, kuri yra prie to mikrometrinio sraigto. Tokiu būdu galima reguliuoti atstumą daug tiksliau, negu naudojant minėtąją optinio stendo skalę.



3 pav. Geigerio ir Miulerio detektorius ir jo stovas. Ant detektoriaus yra apsauginis gaubtelis (dešinėje)



4 pav. Detektoriaus ir alfa radioaktyviojo šaltinio skerspjūvis (atstumai nurodyti milimetrais). Detektoriaus langelio skersmuo $D = 9$ mm. [Šis brėžinys atitinka α dalelių sugerties tyrimą, bet ne β dalelių sugerties tyrimą.]

Dėmesio! Geigerio ir Miulerio detektoriaus, kuris naudojamas šiame darbe, langelio medžiaga yra žėrutis. Langelio masinis storis – $(1,8 \pm 0,2)$ mg/cm²; žėručio tankis yra $1,5 - 2$ g/cm³. Vadinasi, langelio storis yra maždaug $0,01$ mm = 10 μm. Taigi, langelis yra labai plonas, ir menkiausias prisilietimas gali jį pažeisti. Todėl draudžiama liesti detektoriaus langelį.

2. Matavimo tvarka

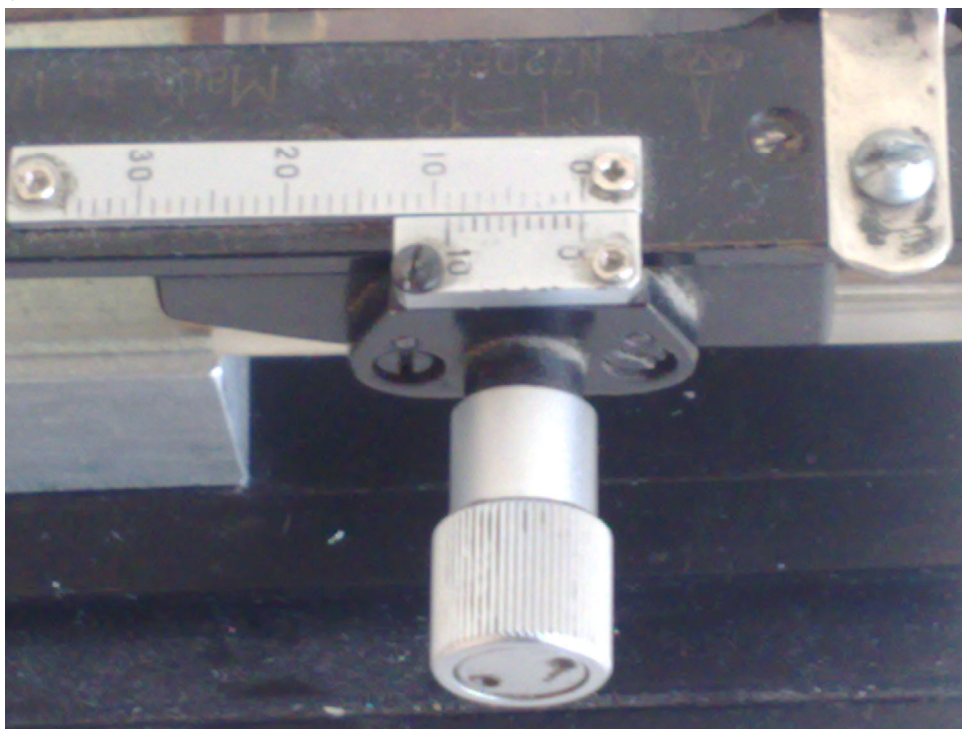
Am-241 šaltinis, kuris naudojamas šiam darbui, yra reikalingas ir laboratoriniam darbui Nr. 11 (ten matavimai su tuo šaltiniu užtrunka maždaug 10 min). Jeigu, pradėjus daryti darbą Nr. 9a, paaiškėja, kad Am-241 yra naudojamas darbui Nr. 11, tada reikia palaukti, kol bus baigta darbo Nr. 11 dalis, kuriai reikalingas Am-241 šaltinis.

1. Įsitikinama, kad detektorius yra uždengtas apsauginiu gaubteliu ir kad du varžtai šaltinio stovo apačioje nėra priveržti (žr. 5 pav.). To reikia, kad būtų galima slankioti šaltinį.



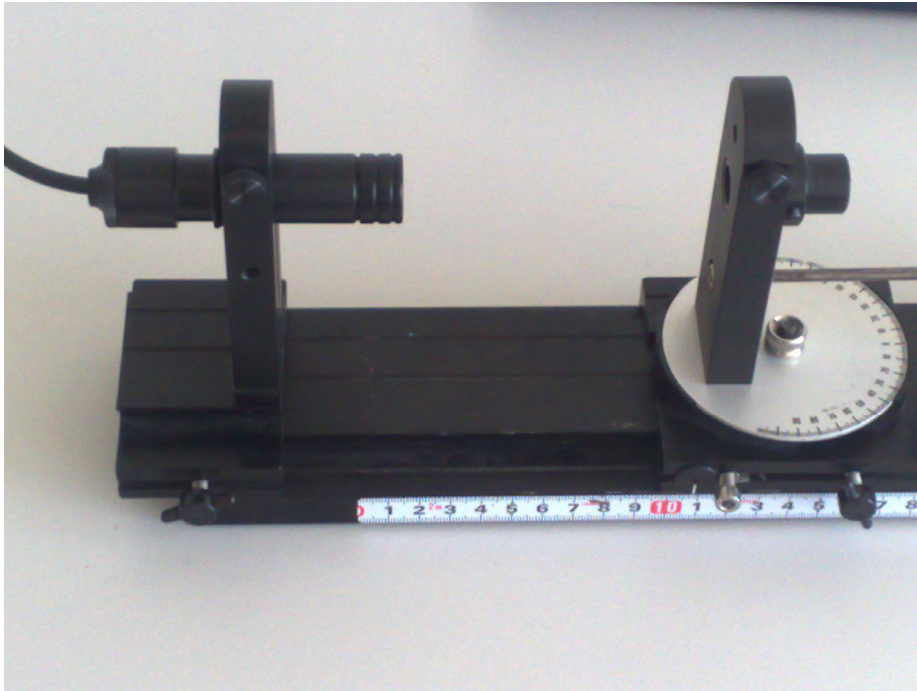
5 pav. Šaltinio stovo tvirtinimo varžtai. Jie turi būti atlaisvinti viso darbo metu

2. Sukant mikrometrinį sraigą, pagal mikrometrinę skalę užduodama nulinė mikrometrinio staliuko padėtis (žr. 6 pav.).



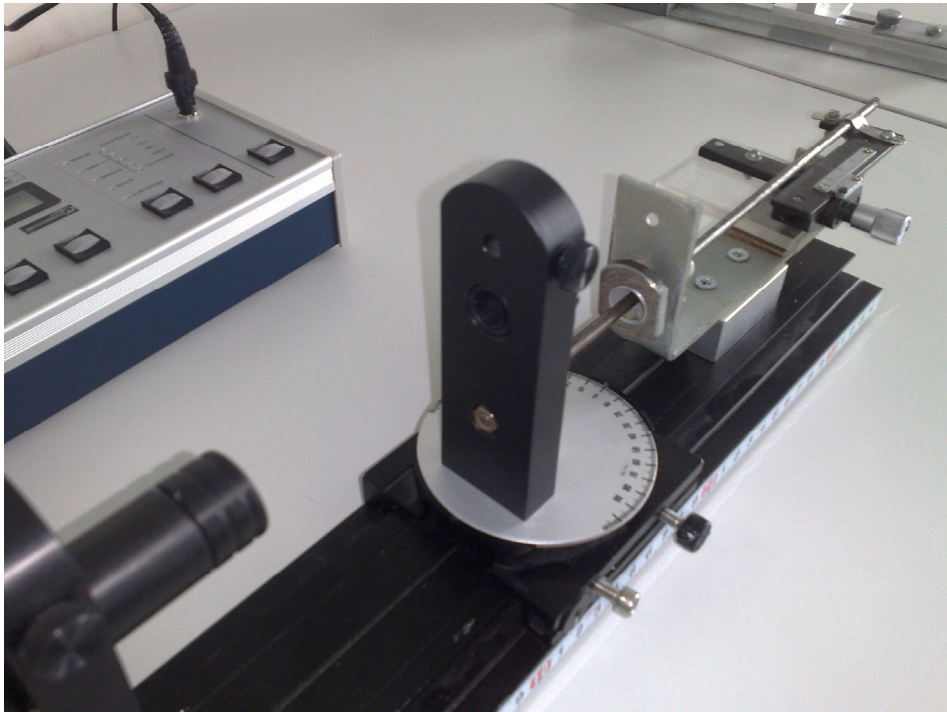
6 pav. Pradinė mikrometrinio staliuko padėtis

3. Atlaisvinamas detektoriaus stovo tvirtinimo varžtas ir detektoriaus stovas (kartu su jame įtvirtintu detektoriumi) šiek tiek atitraukiamas nuo šaltinio stovo, kad atstumas tarp detektoriaus ir šaltinio stovo taptų didesnis už šaltinio korpuso ilgį (žr. 7 pav.).

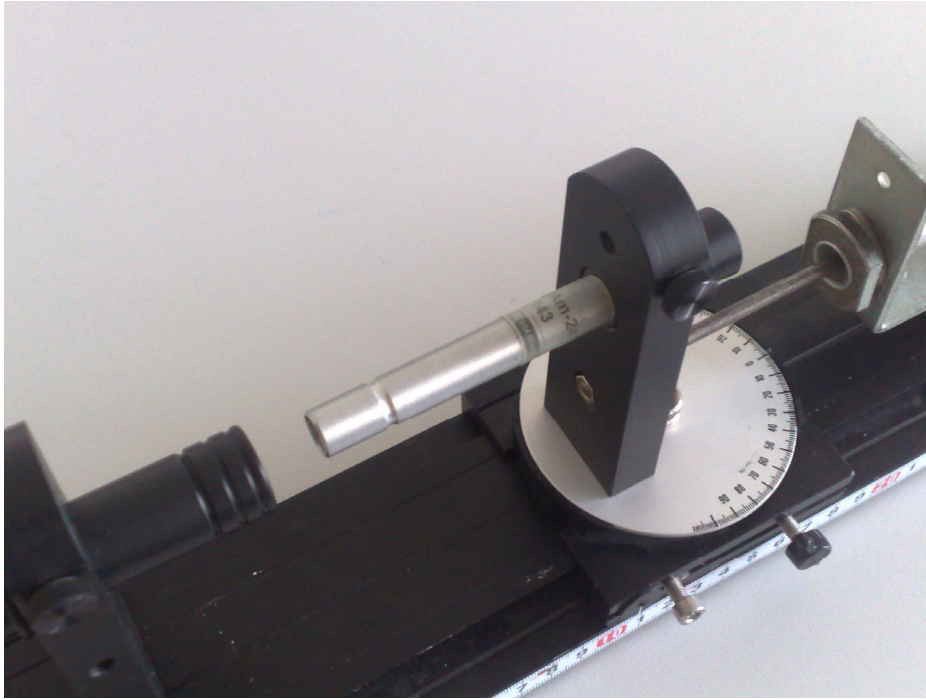


7 pav. Detektoriaus padėtis, kai jis yra šiek tiek patrauktas į kairę, lyginant su matavimų padėtimi

4. Radioaktyvusis šaltinis pritvirtinamas prie stovo taip, kad šaltinio korpuso galas, kuriame yra radioaktyvioji medžiaga, būtų arčiau detektoriaus (žr. 1 pav.). Kitas galas turi būti įkištas į angą, kuri yra ant šaltinio stovo, iš tos pusės, kuri atsukta į detektorių (žr. 8 pav.). Šaltinį reikia įkišti į tokį gylį, kad šaltinio padėtis būtų stabili (nebūtinai iki galo, gali užtekti 1 – 2 mm). Radioaktyviojo šaltinio darbinė padėtis pavaizduota 9 pav.

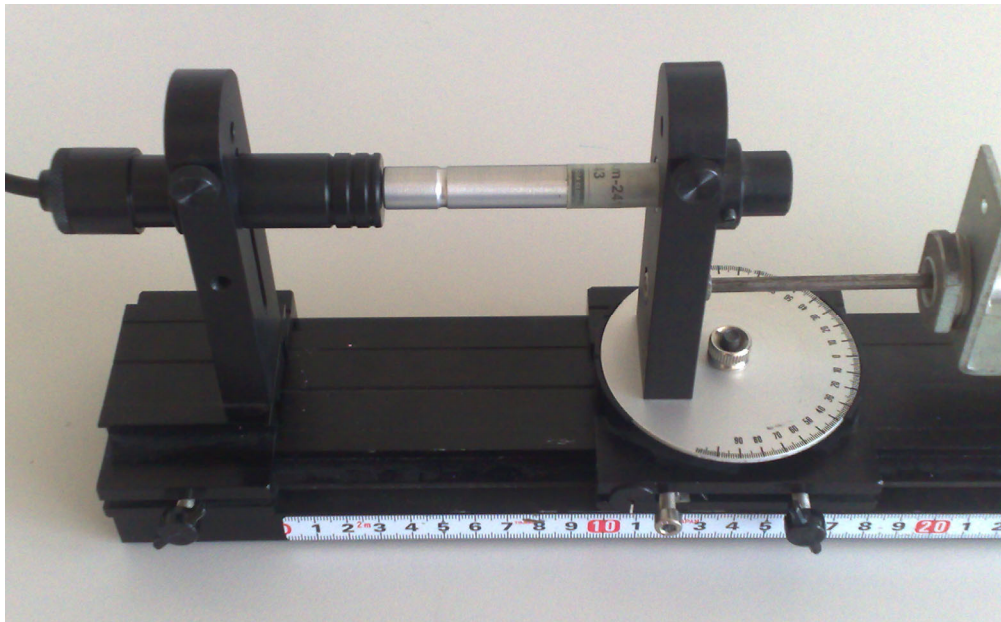


8 pav. Radioaktyviojo šaltinio stovas (čia jis nufotografuotas iš tos pusės, kuri atsukta į detektorių)



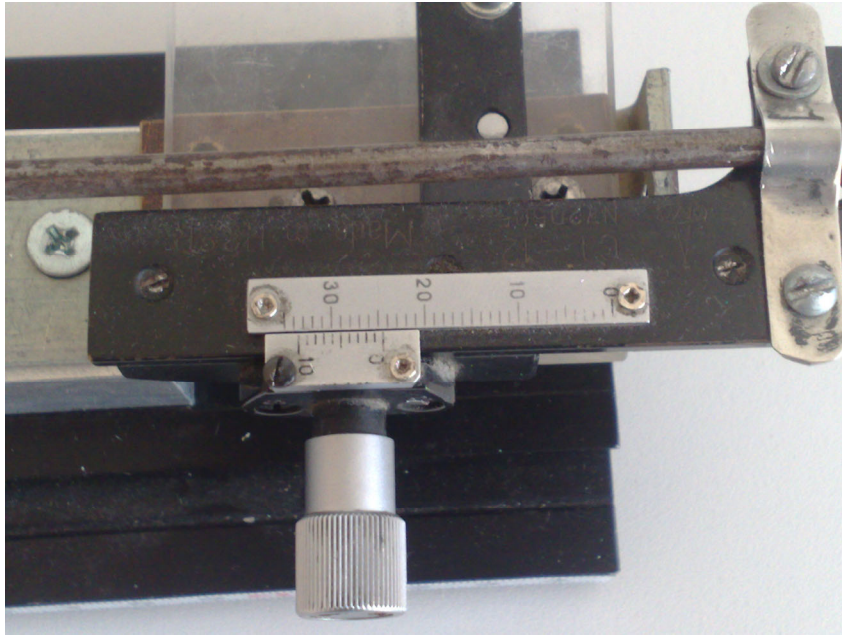
9 pav. Ant stovo pritvirtintas radioaktyvusis šaltinis

4. Detektorius pristumiamas prie šaltinio, kad detektoriaus gaubtelis liestų šaltinio korpusą (žr. 10 pav.). Detektoriaus stovo tvirtinimo varžtas švelniai priveržiamas. Kaip matyti iš 4 pav., tokioje padėtyje atstumas tarp detektoriaus langelio ir radioaktyvios medžiagos yra $5 + 8 = 13$ mm (tai yra pataisa, kurią reikės pridėti prie mikrometrinės skalės parodymų). Jeigu reikia, galima pataisyti šaltinio padėtį, kad jis būtų teisingai centruotas detektoriaus atžvilgiu.



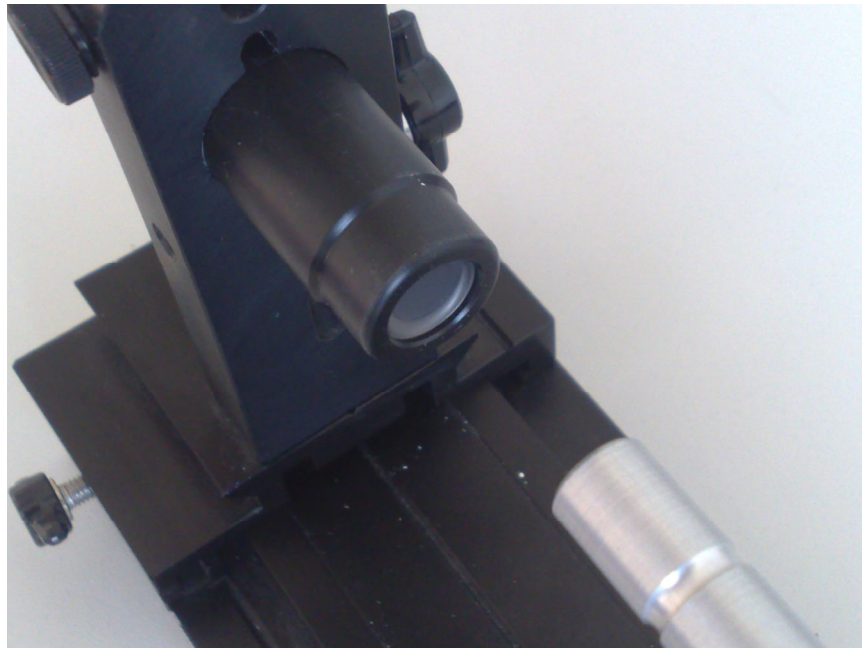
10 pav. Detektoriaus ir šaltinio pradinė tarpusavio padėtis

5. Nuimamas detektoriaus apsauginis gaubtelis. Tuo tikslu reikia visų pirma padidinti atstumą tarp detektoriaus ir šaltinio, sukant mikrometrinį sraigatą. Turėtų užtekti maždaug 20 mm. Didžiausias atstumas, kuriuo galima paslinkti mikrometrinį staliuką, yra maždaug 24 mm (žr. 11 pav.).



11 pav. Mikrometrinio staliuko skalė, kai jis yra maksimaliai pastumtas į dešinę

Detektoriaus gaubtelį reikia nuimti labai atsargiai, kita ranka prilaikant detektorių už jo kito galo (iš kurio išeina kabelis). Detektoriaus vaizdas nuėmus gaubtelį yra parodytas 12 pav.

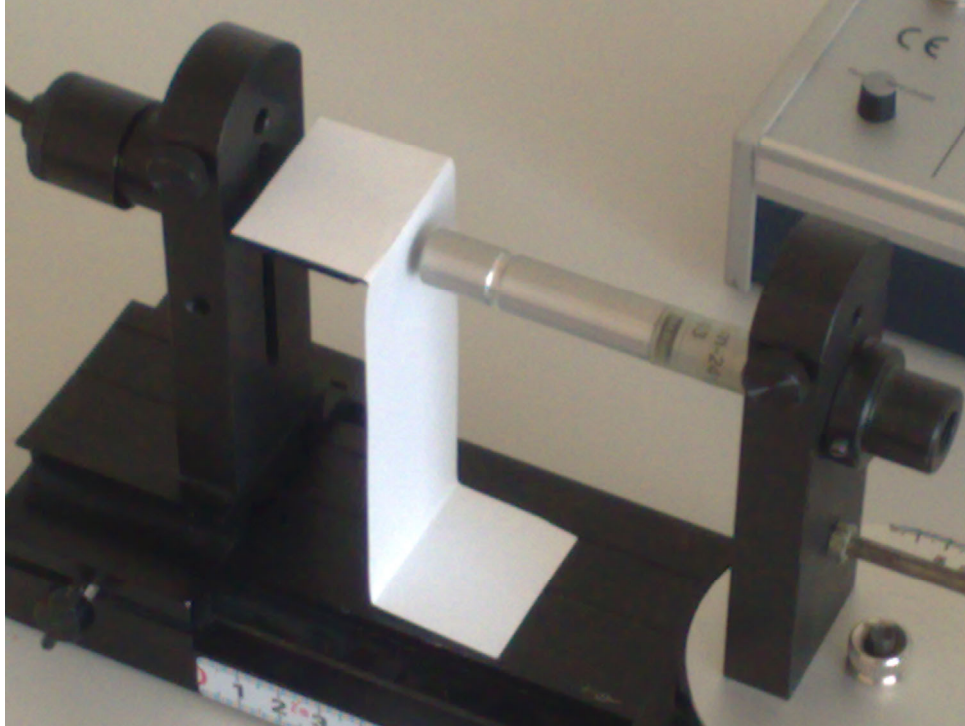


12 pav. Detektorius be apsauginio gaubtelio. Matosi žėručio langelis

6. Sukant mikrometrinį sraigą, radioaktyvusis šaltinis grąžinamas į pradinę padėtį (mikrometrinio staliuko skalė vėl turi atrodyti taip, kaip parodyta 6 pav.). Tai yra pirmojo matavimo padėtis (ji parodyta ir 1 pav.). Įjungiamas **Isotrak** impulsų skaičiavimo įrenginys.

7. Atliekamas vienas 60 s trukmės matavimas (žr. to impulsų skaičiavimo įrenginio instrukciją, kuri pateikta 3 skyriuje). Praėjus šiam laikui, įrenginys automatiškai nustoja skaičiuoti. Tada reikia įrašyti į lentelę atstumą ir atitinkamą detektuotų alfa dalelių skaičių (pirmajame stulpelyje – atstumas, o antrajame – detektuotų dalelių skaičius). Į atstumų stulpelį galima rašyti arba tiesioginį mikrometrinės skalės rodmenį, arba tikrąjį atstumą tarp radioaktyvios medžiagos ir detektoriaus langelio (tas atstumas yra 13 mm didesnis už mikrometrinės skalės rodmenį).

8. Tarp detektoriaus ir šaltinio patalpinamas popieriaus lapas (galima naudoti bet kokį popierių). Kad būtų patogiau, patartina iškirpti popieriaus juostelę ir ją sulenkti taip, kad ji stabiliai uždengtų detektoriaus langelį (pvz., taip, kaip parodyta 13 pav.). Vėl atliekamas 60 s trukmės matavimas. Šio matavimo rezultatas įrašomas į trečiąjį lentelės stulpelį. Šis matavimas yra reikalingas, nes kartu su α spinduliuote ^{241}Am spinduliuoja ir γ kvantus bei vidinės konversijos elektronus. Popierius beveik nesugeria γ kvantų ir aukštos energijos elektronų, tačiau pilnai sugeria α daleles. Taigi, uždengus detektorius, gaunamas vadinamasis „fonas“ (jį sąlygoja pašalinė spinduliuotės komponentė). Atėmus foną iš 7 punkte detektuotų dalelių skaičiaus, gaunamas tik α dalelių skaičius, kuris ir turi būti tiriamas šiame darbe.



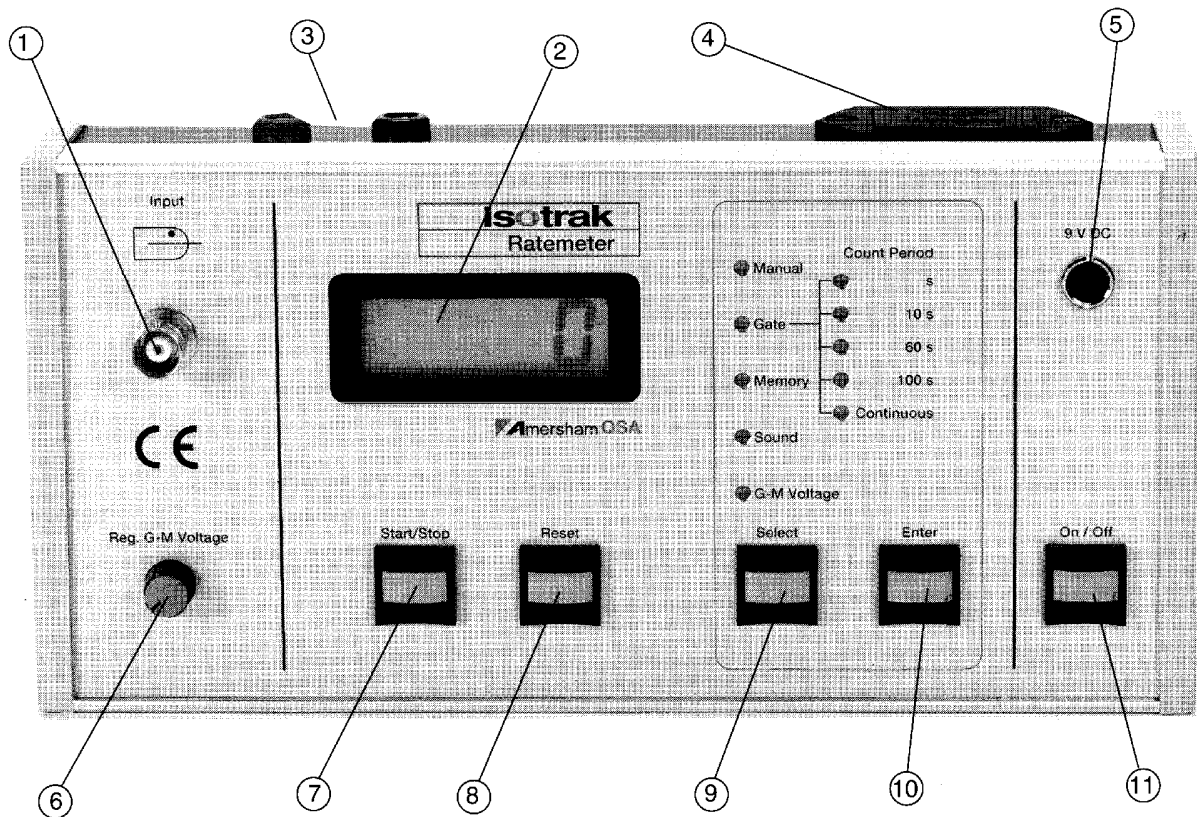
13 pav. Fono matavimas. Detektorius uždengtas popieriaus lapu, kuris pilnai sugeria tiriamąją (alfa) spinduliuotę. Lieka tik pašalinė (beta ir gama) spinduliuotė, kuri beveik nesušilpnėja praėjus popieriaus lapą. Ta pašalinė spinduliuotė sąlygoja vadinamąjį „fono“ dėmenį, kurį paskui reikės atimti iš dalelių skaičiaus, kuris buvo detektuotas atidengus detektorius ir esant tam pačiam atstumui

9. Detektorius vėl atidengiamas, atstumas padidinamas 1 mm ir pakartojami 7 ir 8 punktai. Taip atstumas keičiamas nuo 0 iki 16 mm kas 1 mm (čia turimi omenyje mikrometrinės skalės rodmenys; tikrasis atstumas kinta nuo 13 mm iki 29 mm). Esant kiekvienam atstumui, reikia atlikti vieną matavimą su atidengtu detektoriumi (7 punktas) ir vieną matavimą su uždengtu detektoriumi (8 punktas).

10. **Isotrak** įrenginys išjungiamas, detektorius atsargiai uždengiamas apsauginiu gaubteliu. **Dėmesio!** Uždedant apsauginį gaubtelį ant detektoriaus, negalima pirštu uždengti angos, kuri yra tame gaubtelyje, nes priešingu atveju žėručio langelis gali trūkti dėl padidėjusio oro slėgio ertmėje tarp gaubtelio paviršiaus ir langelio (žr. 4 pav.).

3. Isotrak dalelių skaičiavimo įrenginio naudojimo instrukcija

1. Skaičiavimo įrenginio priekinė sienelė



24 pav. Skaičiavimo įrenginio priekinė sienelė

- 1) Geigerio ir Miulerio detektoriaus prijungimo lizdas,
- 2) 4 skaitmenų skystakristalis rodytuvas,
- 3) TTL sąsaja (šiam 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 indikatorius. Indikatorius "Memory" šviečia tada, kai atmintyje yra duomenų. Jeigu atmintis pilnai užpildyta (50 matavimų), tada šis indikatorius mirksi. Vykstant matavimui, indikatorius "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 indikatorius pradeda mirksėti. Pasirinktoji veika aktyvuojama, nuspaudžiant mygtuką “Enter” (tada atitinkamas valdymo indikatorius nustoja mirksėti ir pradeda šviesti pastoviai). Dar kartą nuspaudus “Enter”, pasirinktoji veika nustoja būti aktyviaja (atitinkamas valdymo indikatorius vėl pradeda mirksėti), ir galima pasirinkti kitą veiką.

4. Geigerio ir Miulerio detektoriaus darbo įtampos nustatymas (veika “G-M Voltage”)

Anksčiau aprašytu būdu aktyvavus veiką “G-M Voltage”, Geigerio ir Miulerio detektoriaus įtampą rodo skystakristalis rodytuvas. Reikalinga įtampa nustatoma, sukant reguliatorių “Reg. G-M Voltage”. Šio tipo detektorių optimali darbo įtampa yra 500 V (tačiau detektorius 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”, išjungžiama arba įjungžiama impulsų garsinė indikacija (skystakristalis rodytuvas atitinkamai rodo “OFF” arba “ON”). Norint išeiti iš šios veikos, reikia nuspausti mygtuką “Enter”.

Pastaba: Įjungus skaičiavimo įrenginį, garsinė indikacija visada būna įjungta. Tačiau du iš trijų Isotrak skaičiavimo įrenginių, kurie naudojami branduolio fizikos laboratorinių darbų metu, yra nežymiai modifikuoti: jie turi dar vieną mechaninį jungiklį, kurį išjungus, yra nutraukiama garsinės indikacijos elektrinė grandinė. Kai tas jungiklis yra išjungtas, tada garso nebus net ir įjungus garsinę indikaciją anksčiau aprašytu būdu.

6. Impulsų skaičiavimas (veika “Gate”)

Spaudžiant mygtuką “Select”, pasiekžiama, kad mirksėtų valdymo indikatorius “Gate”. Tada nuspaudžiamas mygtukas “Enter”. Po to, spaudžiant mygtuką “Select”, pasirenkžiama 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 pasirenkžiama, spaudžiant mygtuką “Select” (tada indikatorius “Continuous” užgęsta). 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 pasirenkžiama, 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 nepasiekia 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”.