

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Fizikos fakultetas

Mokomoji atomo ir branduolio fizikos laboratorija

Laboratorinis darbas Nr. 9

ALFA IR BETA DALELIŲ SUGERTIES MEDŽIAGOJE TYRIMAS

Eksperimentinė dalis

Parengė A. Poškus

2020-02-10

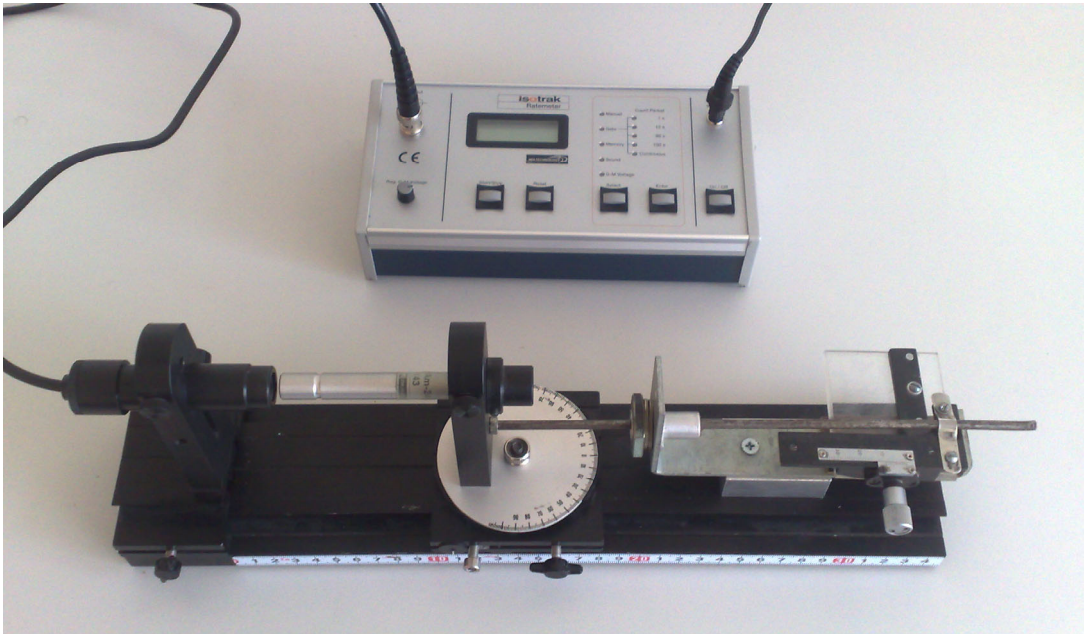
Čia yra tik smulkus matavimo tvarkos aprašas. Ruošiantis darbui, reikia naudoti kitą aprašą, kuriame išdėstyta ne tik darbo metodika, bet ir teorija. Eksperimentinės dalies aprašas visą laiką turi būti prie matavimo įrangos; jo negalima išsinešti iš laboratorijos.

1. Darbo priemonės

1. Alfa dalelių sugerties ore tyrimo priemonės

- 1.1) Atviras ^{241}Am α radioaktyvusis šaltinis (aktyvumas – 3,7 kBq);
- 1.2) Geigerio ir Miulerio 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**);
- 1.3) **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

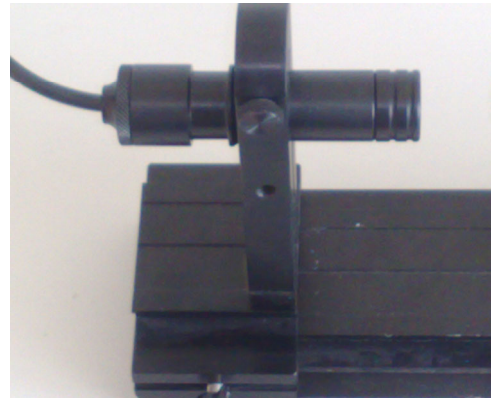
Atviras ^{241}Am α radioaktyvusis šaltinis pavaizduotas 2 pav. iš dviejų pusių. Radioaktyviojo šaltinio korpuso ilgis yra 85 mm, skersmuo yra 12 mm. Šaltinio korpuso galas, kuriame yra radioaktyvioji medžiaga, yra pažymėtas grioveliu aplink korpuso perimetrą (kitame korpuso gale yra sriegis tvirtinimui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

3 pav. pavaizduotas Geigerio ir Miulerio 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).

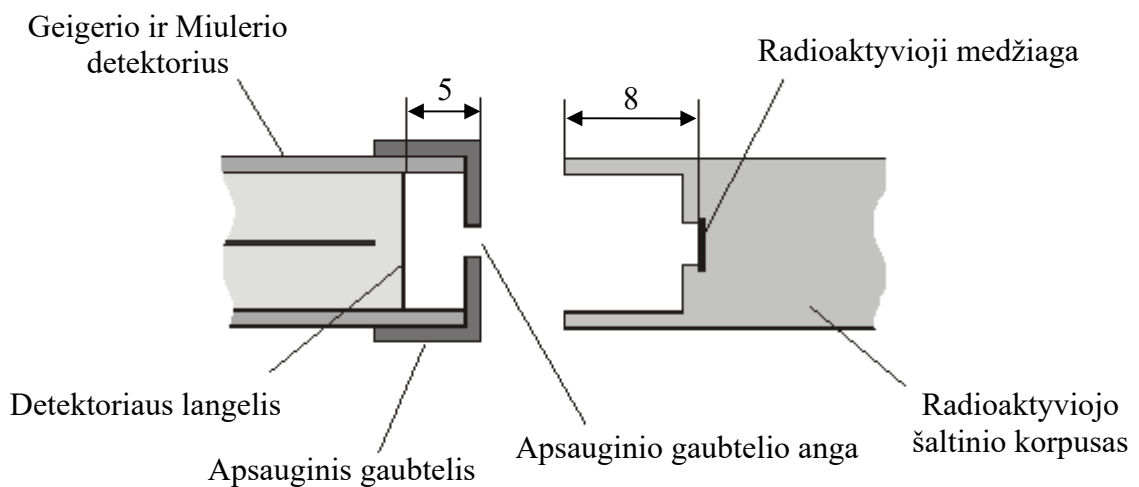


2 pav. Atviro Am-241 šaltinio nuotraukos. Kairiojoje nuotraukoje radioaktyvioji medžiaga yra viršuje

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.]

β dalelių sugerties tyrimui naudojamas kitoks Geigerio ir Miulerio detektorius, kuris čia nepavaizduotas. Beta dalelių šaltinio geometrija taip pat skiriasi nuo alfa dalelių šaltinio geometrijos.

Abiejų Geigerio ir Miulerio detektorių, kurie naudojami šiame darbe, langelio medžiaga yra žėrutis. Langelio masinis storis – $(1,8 \pm 0,2)$ mg/cm^2 ; žėručio tankis yra $1,5 - 2$ g/cm^3 . Vadinasi, langelio storis yra maždaug $0,01$ $\text{mm} = 10$ μm . Taigi, langelis yra labai plonas, ir menkiausias prisilietimas gali jį pažeisti. Todėl draudžiama liesti detektorių langelius.

2. Beta dalelių sugerties tyrimo priemonės

5 pav. parodytas beta dalelių sugerties tyrimo įrangos bendras vaizdas, o 6 pav. pavaizduoti du įrenginiai, kurie reikalingi detektoriaus sąsajai su kompiuteriu. Pagrindinės darbo priemonės yra šios:

- 2.1) $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ β radioaktyvusis šaltinis aliuminio konteineryje;
- 2.2) Geigerio ir Miulerio detektorius (**neveikos trukmė $\approx 0,001$ s**) su švino gaubtu fonui sumažinti;
- 2.3) emiterinis kartotuvas (matomas 6 pav. kairėje);
- 2.4) impulsų skaičiavimo įrenginys su mikrokontroleriu (matomas 6 pav. dešinėje);
- 2.5) personalinis kompiuteris
- 2.6) aliuminio ir organinio stiklo plokštelės (sugėrikliai). Organinio stiklo tankis $\rho = 1,33 \text{ g/cm}^3$.

Beta dalelių sugerties tyrimo įrangos apibendrintoji struktūrinė schema pateikta 7 pav. Šiame darbe naudojamas β spinduliuotės detektavimo įrenginys UMF (rus. УМФ, „Устройство малого фона“; „Mažo fono įrenginys“). Jo nuotraukos yra 9 – 11 pav. Detektoriaus, šaltinio ir sugėriklių tarpusavio išsidėstymas įrenginyje UMF pavaizduotas 8 pav. Vienintelis neatitikimas, lyginant su šiuo paveikslu, yra tas, kad konteineris su β radioaktyviu šaltiniu (1) turi būti priglaustas prie sugėriklių laikiklio (3) (ne taip, kaip parodyta 8 pav.). Visas įrenginys patalpintas į metalinį gaubtą, kuris sumažina aplinkos foninio spinduliavimo įtaką matavimo rezultatams.

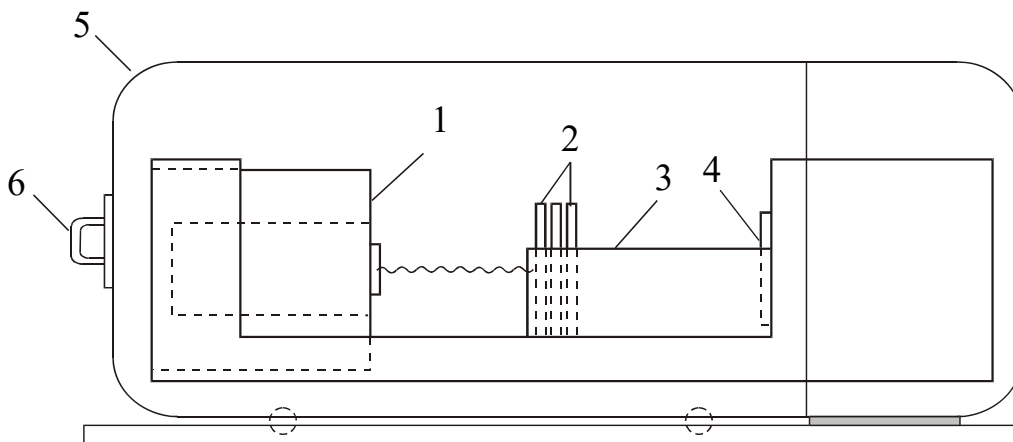
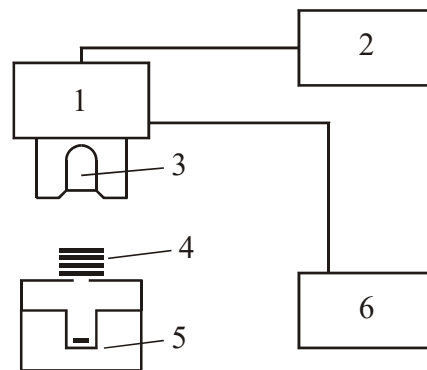


5 pav. Beta dalelių sugerties tyrimo įrangos bendras vaizdas. Detektoriaus blokas (įrenginys UMF) yra ant grindų šalia stalo. Prieš detektorių padėtas aliuminio konteineris su radioaktyviuoju bandiniu. Ant stalo yra matomi dėžutė su aliuminio ir organinio stiklo plokštelėmis bei monitorius, kuriame atvaizduoti valdymo programos pagrindinis langas bei programos „Origin“ lentelės su matavimo duomenimis

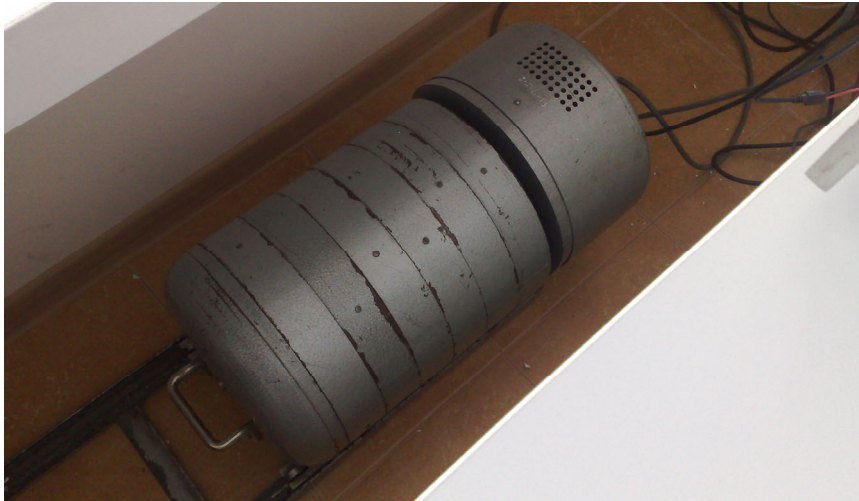


6 pav. Emiterinis kartotuvas (kairėje) ir impulsų skaičiavimo įrenginys su mikrokontroleriu (dešinėje)

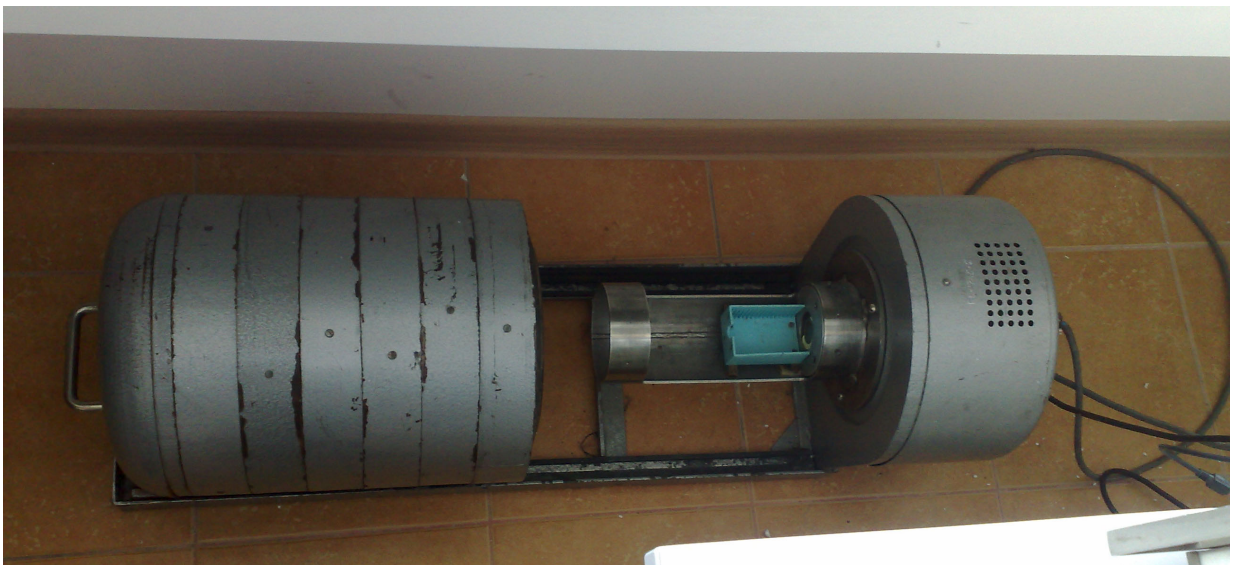
7 pav. β dalelių sugerties tyrimo įrangos struktūrinė schema. 1 – stiprintuvas, 2 – aukštos įtampos šaltinis, 3 – β dalelių (Geigerio ir Miulerio) detektorius, 4 – sugėrikliai, 5 – β dalelių šaltinis, 6 – impulsų skaičiavimo įrenginys. *Pastaba:* Šiame darbe įrenginiai 1, 2 ir 3 yra viename korpuse.



8 pav. Radioaktyviojo šaltinio, sugėriklių ir detektoriaus tarpusavio išsidėstymas įrenginyje UMF. 1 – aliuminio konteineris su β radioaktyviu šaltiniu, 2 – sugėrikliai (aliuminio arba organinio stiklo plokštelės), 3 – sugėriklių laikiklis, 4 – Geigerio ir Miulerio detektoriaus langas, 5 – detektoriaus gaubtas, 6 – rankena gaubto slankiojimui. *Pastaba:* Konteineris su β radioaktyviu šaltiniu (1) turi būti priglaustas prie sugėriklių laikiklio (3) (ne taip, kaip parodyta šiame paveiksle)



9 pav. Įrenginio UMF bendras vaizdas, kai jo gaubtas yra uždarytas



10 pav. Įrenginio UMF bendras vaizdas, kai jo gaubtas yra atidarytas



11 pav. Geigerio ir Miulerio detektoriaus langelis ir prieš jį esantis plokštelių laikiklis

Emiterinis kartotuvas yra naudojamas todėl, kad Geigerio ir Miulero skaitiklio išėjimo varža yra daug didesnė už impulsų skaičiavimo įrenginio įėjimo varžą. Todėl, tiesiogiai prijungus impulsų skaičiavimo įrenginį prie Geigerio ir Miulero skaitiklio, didžioji išėjimo impulso įtampos dalis kristų skaitiklio išėjimo varžoje, o skaičiavimo įrenginio įėjimo impulso amplitudė būtų mažesnė už to įrenginio jautrio ribą. Emiterinio kartotuvo paskirtis – sumažinti išėjimo varžą, nekeičiant išėjimo įtampos (jo įėjimo varža yra didelė, o išėjimo varža yra maža). Geigerio ir Miulero skaitiklio išėjimas sujungtas su emiterinio kartotuvo įėjimu, o impulsų skaičiavimo įrenginio įėjimas sujungtas su emiterinio kartotuvo išėjimu.

12 pav. pavaizduotas aliuminio konteineris, kuriame yra ^{90}Sr šaltinis. Nors šią medžiagą yra įprasta vadinti ^{90}Sr arba „Sr-90“, tačiau faktiškai tai yra dviejų radioaktyviųjų nuklidų – stroncio Sr-90 ir itrio Y-90 mišinys. Y-90 susidaro sklytant Sr-90. Taigi, jeigu bandinyje yra Sr-90, tada ten būtinai yra ir Y-90. Šis mišinys yra radioaktyvios pusiausvyros būsenos. Tai reiškia, kad abiejų jo komponentų (Sr-90 ir Y-90) aktyvumai yra vienodi. Tačiau šiame laboratoriniame darbe labiau pasireiškia Y-90 spinduliuotė, nes Y-90 spinduliuoja aukštesnės energijos beta daleles (taigi, Y-90 spinduliuotė yra skvarbesnė negu Sr-90 spinduliuotė).



12 pav. Aliuminio konteineris, kurio viduje yra beta radioaktyvus Sr-90 bandinys. Spinduliuotė išeina pro mažą angą, kuri yra viršuje (ta anga neturi specialaus dangčio ir yra visą laiką atidengta)

2. Matavimo tvarka

Toliau pateiktas alfa dalelių sugerties ore tyrimo tvarkos aprašas, o paskui pateiktas beta dalelių sugerties tyrimo aprašas. Tačiau šiuos du tyrimus galima atlikti ir atvirkščia tvarka. Am-241 šaltinis, kuris naudojamas šiam darbui, yra reikalingas ir laboratoriniam darbui Nr. 11 (ten matavimai su tuo šaltiniu užtrunka maždaug 20 – 30 min). Jeigu, pradėjus daryti darbą Nr. 9, paaiškėja, kad Am-241 yra naudojamas darbui Nr. 11, tada reikia pradėti nuo beta spinduliuotės sugerties tyrimo.

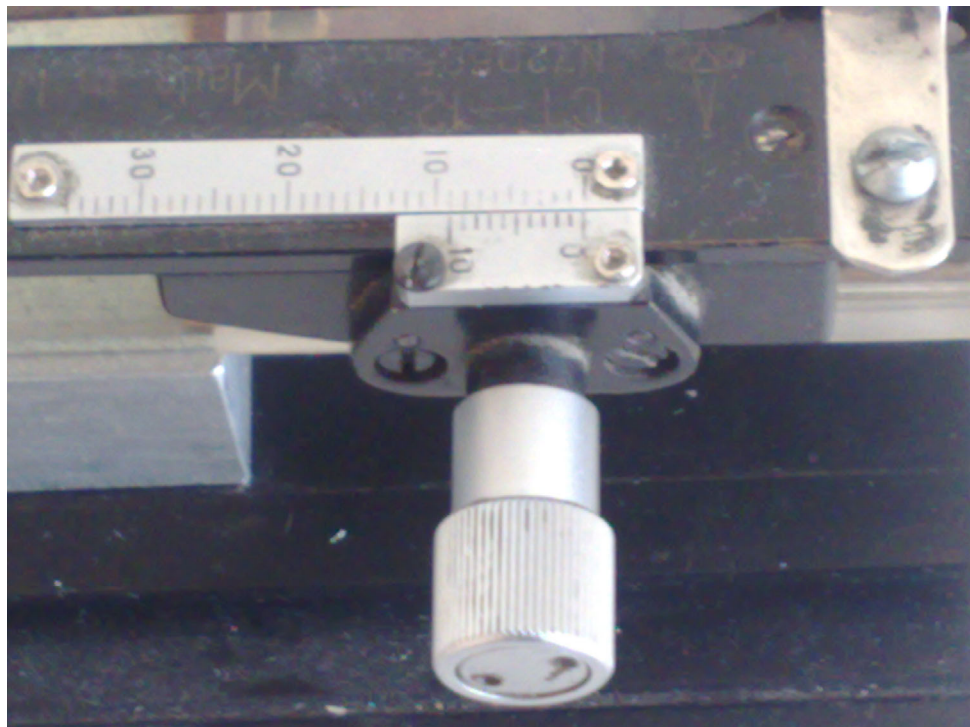
1. Alfa dalelių sugerties tyrimas

1. Įsitikinama, kad detektorius yra uždengtas apsauginiu gaubteliu ir kad du varžtai šaltinio stovo apačioje nėra priveržti (žr. 13 pav.). To reikia, kad būtų galima slankioti šaltinį.



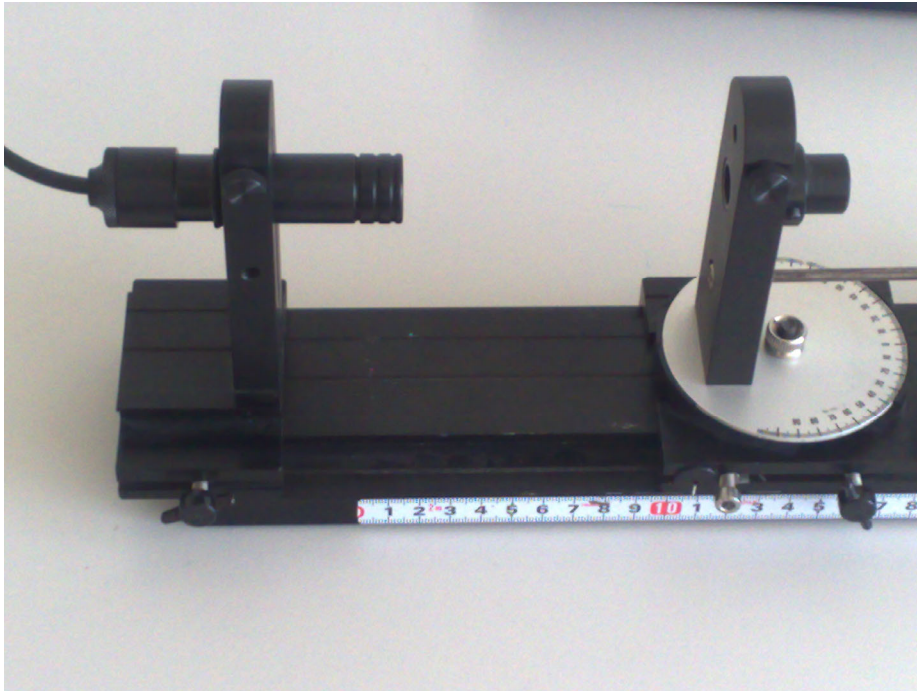
13 pav. Šaltinio stovo tvirtinimo varžtai. Jie turi būti atlaisvinti viso darbo metu

2. Sukant mikrometrinį sraigą, pagal mikrometrinę skalę užduodama nulinė mikrometrinio staliuko padėtis (žr. 14 pav.).



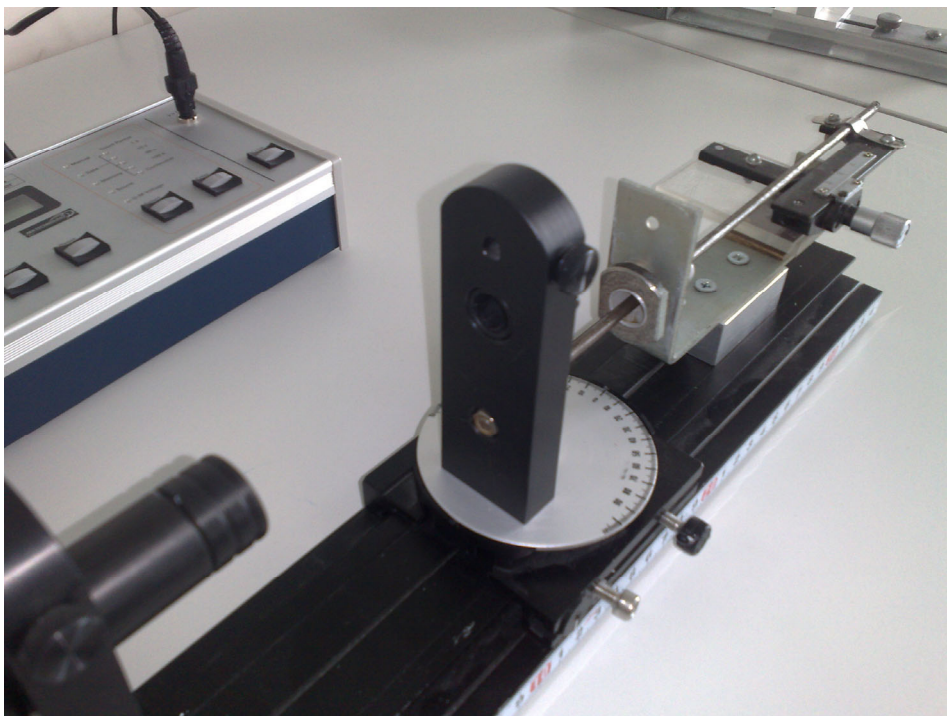
14 pav. Pradinė mikrometrinio staliuko padėtis

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. 15 pav.).

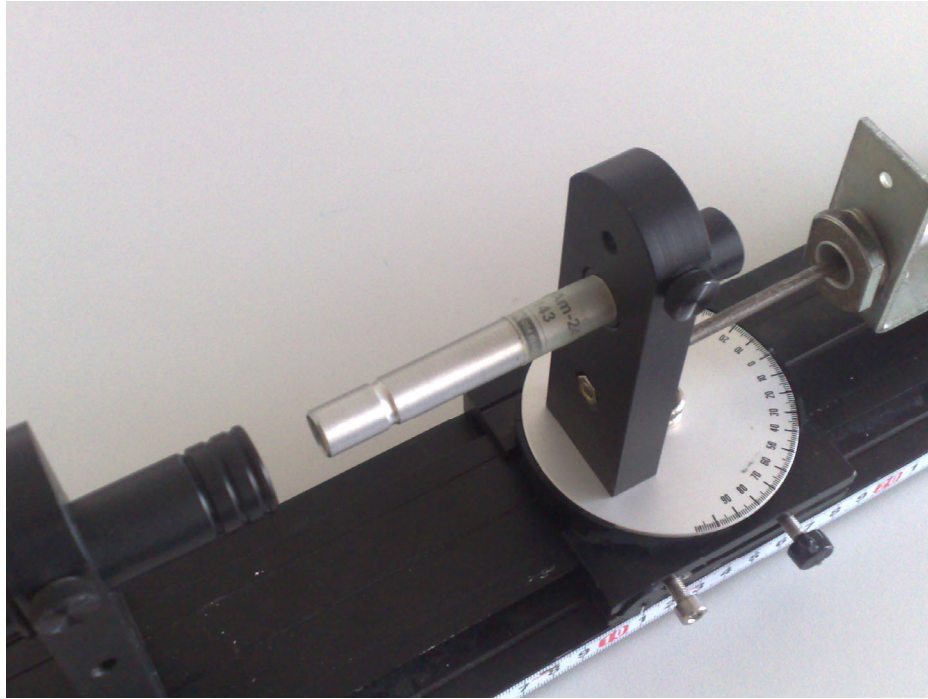


15 pav. Detektoriaus padėtis, kai jis yra šiek tiek patrauktas į kairę, lyginant su matavimų padėtimi

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 detektorius (žr. 16 pav.). Šaltinį reikia įkišti į tokį gylį, kad šaltinio padėtis būtų stabili. Radioaktyviojo šaltinio darbinė padėtis pavaizduota 17 pav.

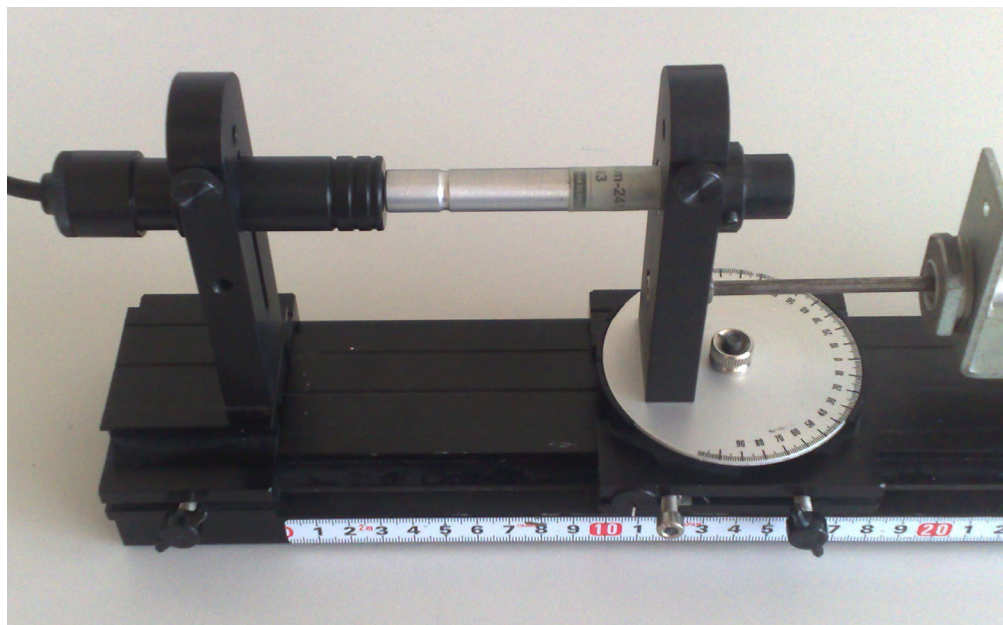


16 pav. Radioaktyviojo šaltinio stovas (čia jis nufotografuotas iš tos pusės, kuri atsukta į detektorius)



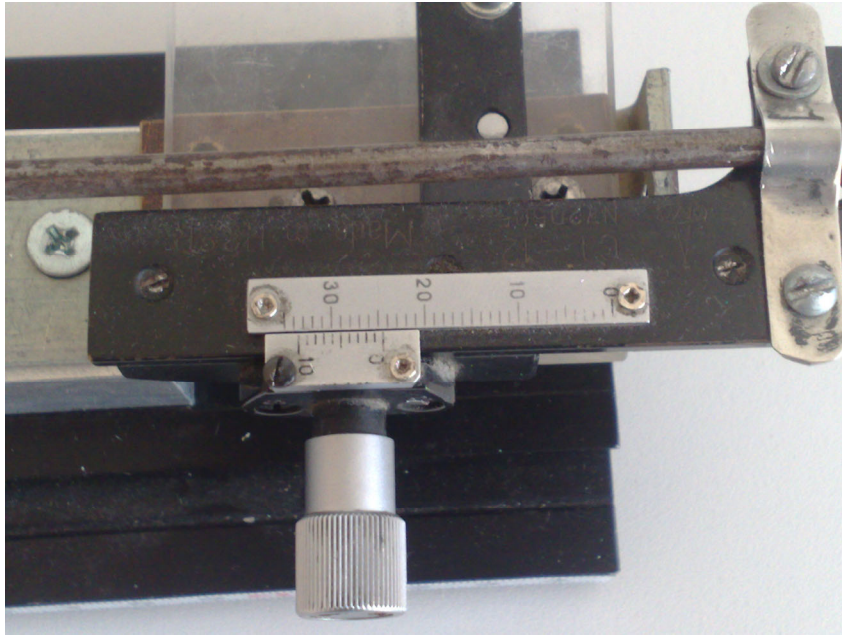
17 pav. Ant stovo pritvirtintas radioaktyvusis šaltinis

4. Detektorius pristumiamas prie šaltinio, kad detektoriaus gaubtelis liestų šaltinio korpusą (žr. 18 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.



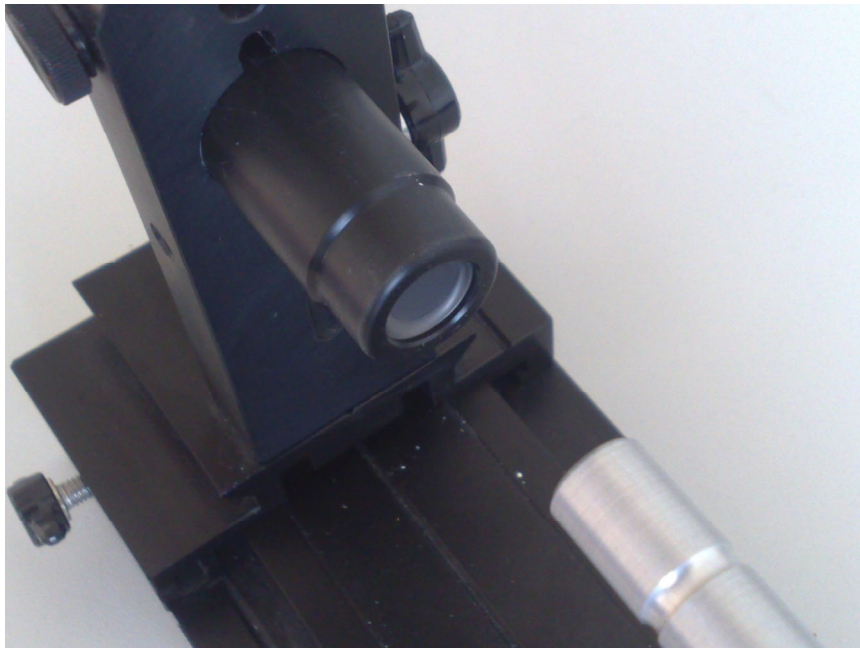
18 pav. Detektoriaus ir šaltinio pradinė tarpusavio padėtis

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. 19 pav.).



19 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 20 pav.

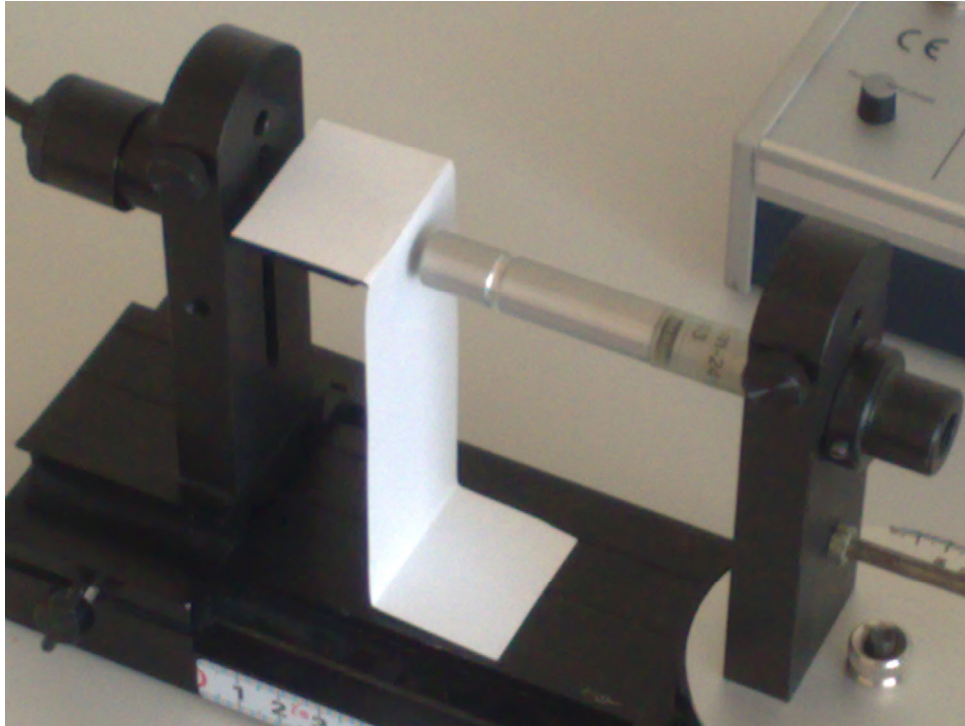


20 pav. Detektorius be apsauginio gaubtelio. Matosi žėručio langelis ir prieš jį esantis radioaktyvusis bandinys

6. Sukant mikrometrinį sraigatą, radioaktyvusis šaltinis grąžinamas į pradinę padėtį (mikrometrinio staliuko skalė vėl turi atrodyti taip, kaip parodyta 14 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 21 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.



21 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 2 mm ir pakartojami 7 ir 8 punktai. Taip atstumas keičiamas nuo 0 iki 18 mm kas 2 mm (čia turimi omenyje mikrometrinės skalės rodmenys; tikrasis atstumas kinta nuo 13 mm iki 31 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!** Apsauginį gaubtelį ant detektoriaus reikia uždėti *prieš ištraukiant radioaktyvųjį šaltinį* iš laikiklio, nes priešingu atveju rizikuojama išdažyti žėručio langelį, jeigu į jį atsiremtų šaltinio korpuso galas (žr. 20 pav.). 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.).

2. Beta dalelių sugerties tyrimas

Tiriant beta dalelių sugertį, reikia išmatuoti tris duomenų rinkinius:

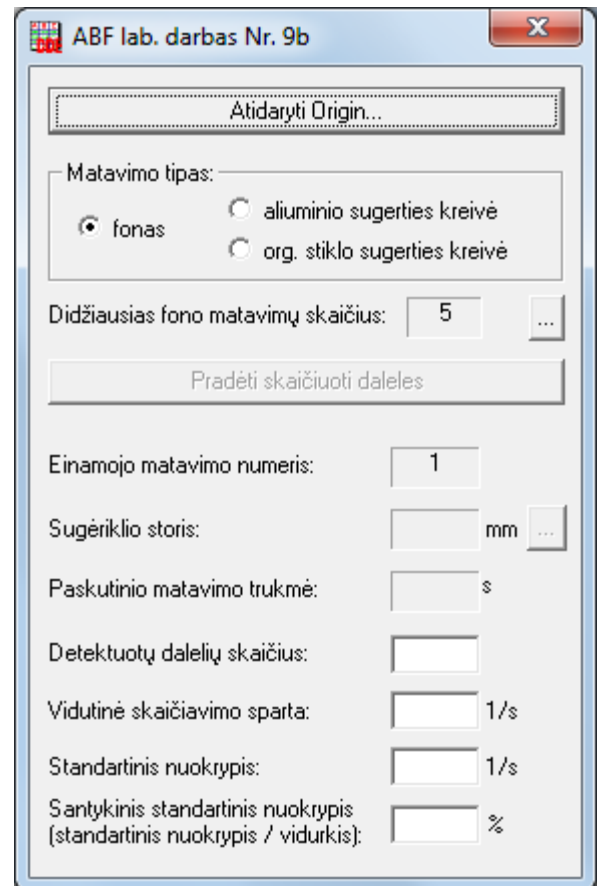
- 1) aplinkos fonas;
- 2) pro įvairaus storio aliuminio sluoksnius perėjusių beta dalelių skaičius per laiko vienetą;
- 3) pro įvairaus storio organinio stiklo sluoksnius perėjusių beta dalelių skaičius per laiko vienetą.

Fonas matuojamas maždaug 5 min (penki matavimai, kurių kiekvieno trukmė 1 min), kai prieš detektoriaus langelį nėra nei radioaktyviojo šaltinio, nei sugėriklių. Matuojant sugerties kreives, sugėriklio (aliuminio arba organinio stiklo) sluoksnio storis yra keičiamas dedant vieną šalia kitos sugėriklio plokštelės (pirmasis matavimas atitinka nulinį storį, kai tarp šaltinio ir detektoriaus nėra sugėriklio). Esant kiekvienam storiui atliekamas vienas matavimas, kurio trukmė turi būti tokia, kad vidutinės skaičiavimo spartos (išreikštos, pvz., dalelių skaičiumi per sekundę arba minutę) santykinis standartinis nuokrypis neviršytų 7%. Kadangi detektuotų dalelių skaičius pasiskirstęs pagal Puasono skirstinį, tai vidutinės skaičiavimo spartos santykinis standartinis nuokrypis yra lygus $1/\sqrt{N}$, čia N yra pilnutinis detektuotų dalelių skaičius. Vadinasi, kad santykinis standartinis nuokrypis būtų mažesnis negu 7%, dalelių skaičius N turi būti didesnis negu 204.

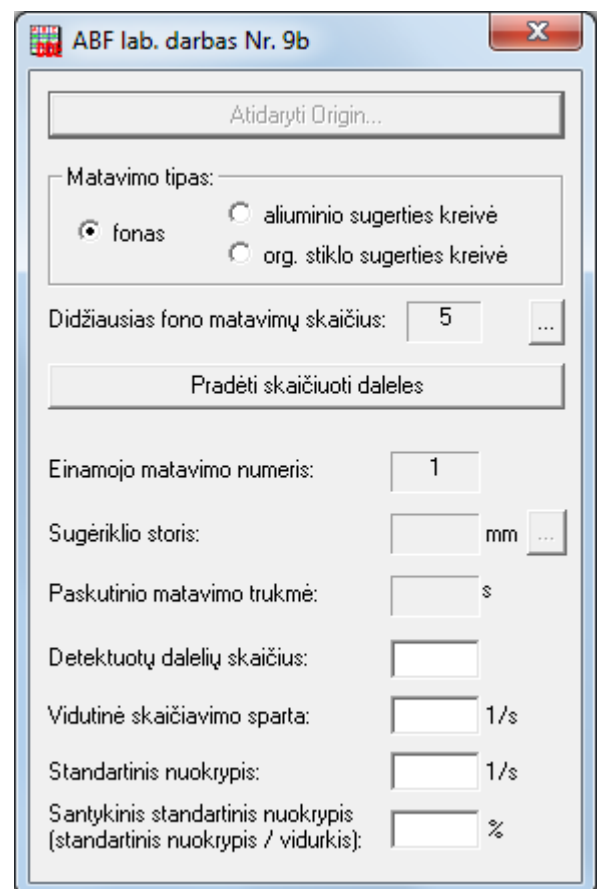
Kompiuterinė programa, kuri priima duomenis iš impulsų skaičiavimo įrenginio, realiu laiku siunčia tuos duomenis į programą „Origin 6“. Programa „Origin 6“ atvaizduoja duomenų lenteles.

Toliau aprašyta matavimo tvarka:

- 2.1. Įjungiami Geigerio ir Miulerio skaitiklis, emiterinis kartotuvus, skaičiavimo įrenginys ir kompiuteris. Emiterinis kartotuvus neturi atskiro elektros tinklo jungiklio (užtenka prijungti emiterinio kartotuvo elektros tinklo adapterį prie ilgiklio). Geigerio ir Miulerio skaitiklio elektros tinklo jungiklis yra sunkiai prieinamas, todėl jis visą laiką turi būti įjungtoje padėtyje ir, įjungiant Geigerio ir Miulerio skaitiklį, taip pat užtenka tik įjungti ilgiklį, prie kurio jis prijungtas. Impulsų skaičiavimo įrenginio elektros tinklo jungiklis yra ant to įrenginio priekinės sienelės.
- 2.2. Atidaromas detektoriaus gaubtas (žr. 10 pav.). Visi tolimesnieji matavimai bus atliekami su atidengtu gaubtu. **Dėmesio!** Geigerio ir Miulerio detektoriaus langelis yra labai trapus, todėl negalima jo liesti.
- 2.3. Startuojama programa „Beta.exe“, kuri priima duomenis iš impulsų skaičiavimo įrenginio ir siunčia juos į programą „Origin 6.1“ (nuoroda į failą „Beta.exe“ yra matoma „Windows“ darbastalyje). Programos „Beta.exe“ lango pradinis pavidalas parodytas 22a pav. **Pastaba:** Darbastalyje yra ir nuoroda į anglišką tos programos versiją „Beta_EN.exe“.



(a)



(b)

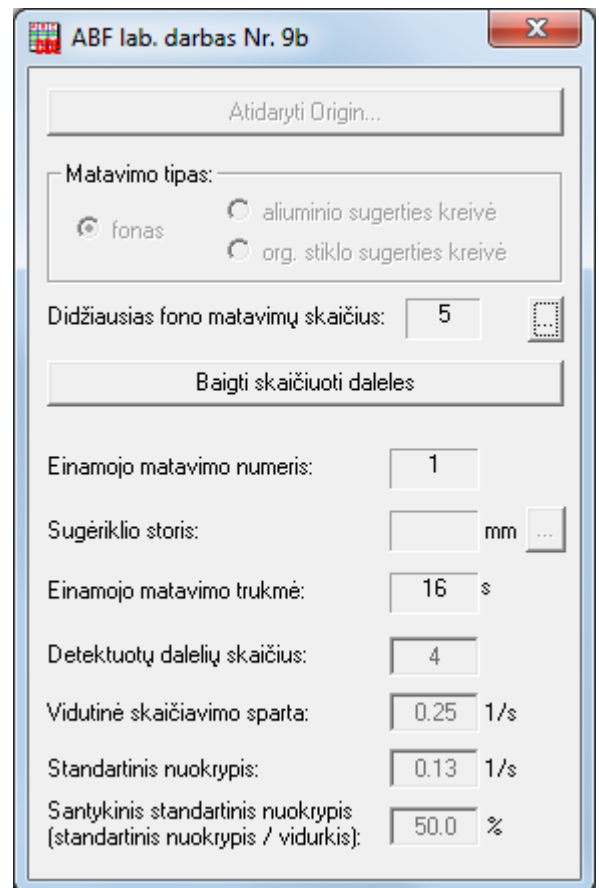
22 pav. Programos „Beta.exe“ lango pavidalas: (a) pradinis langas; (b) esant ryšiui su „Origin“

2.4. Jeigu programa „Origin“ yra atidaryta, ją reikia uždaryti. Paskui reikia spustelėti mygtuką „Atidaryti Origin...“. Tada atsiranda dialogo langas „Create or open an Origin project“, kuriame galima pasirinkti reikalingą „Origin“ duomenų failą arba sukurti naują failą. Norint sukurti naują failą, reikia dialoge „Open“ pasirinkti reikalingą katalogą, o paskui laukelyje „File name:“ surinkti norimą failo vardą (jis turi skirtis nuo visų kitų tame kataloge esančių „Origin“ failų vardų) ir spustelėti mygtuką „Open“. Tada programa „Beta.exe“ tame kataloge sukurs ir atidarys tuščią failą, kurio formatas optimizuotas šiam laboratoriniam darbui. **Dėmesio!** Jeigu mygtuko „Atidaryti Origin...“ spustelėjimo momentu jau buvo atidaryta programa „Origin“, tada, nepriklausomai nuo to, koks failas buvo pasirinktas dialogo lange „Open“, tas failas nebus atidarytas, o duomenys bus siunčiami į jau atidarytą „Origin“ failą. Jeigu tuo metu buvo aktyvūs keli „Origin“ projektai, tada duomenys bus siunčiami į failą, kuris buvo atidarytas anksčiausiai.

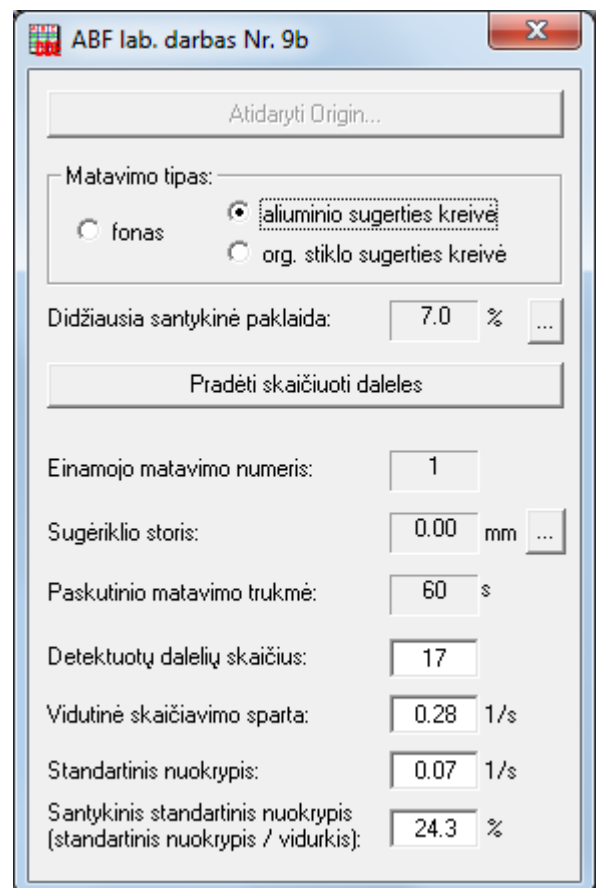
2.5. Jeigu programa „Beta.exe“ sėkmingai užmezga ryšį su programa „Origin“, tada mygtukas „Atidaryti Origin...“ tampa neaktyvus, o mygtukas „Pradėti skaičiuoti daleles“ tampa aktyvus (žr. 22b pav.). Tada reikia pradėti matuoti foną, t. y. pastoviąją impulsų skaičiavimo spartos komponentę (foną sąlygoja aplinkos spinduliuotė). Tam reikia pažymėti programos „Beta.exe“ laukelį „fonas“ (kaip 22b pav.) ir spustelėti mygtuką „Pradėti skaičiuoti daleles“. Tada prasideda automatinis duomenų perdavimas į „Origin“ failo lentelę „Fonas“ (toje lentelėje yra dalelių skaičiai, kurie buvo detektuoti per 1 min trukmės matavimus). Jeigu yra atjungtas duomenų kabelis tarp kompiuterio ir skaičiavimo įrenginio, tada programa „pakibs“. Jeigu taip atsitiktų, tada reikia prijungti minėtą kabelį, uždaryti programą „Beta.exe“ naudojant Windows „Task Manager“ ir vėl startuoti programą „Beta.exe“. Be to, programa gali „pakibti“ ir dėl kitų priežasčių. Tada reikia perkrauti Windows operacinę sistemą. Matavimo metu apatiniuose penkiuose teksto laukuose yra atvaizduojami einamojo matavimo numeris, detektuotų dalelių skaičius, vidutinė skaičiavimo sparta bei jos standartinis nuokrypis (žr. 23a pav.). Atlikus 5 fono matavimus, programa pati sustabdys duomenų perdavimą.

2.6. Prieš detektoriaus langelį padedamas ^{90}Sr – ^{90}Y β radioaktyvusis šaltinis. Šaltinio konteinerio padėtis turi būti tokia, kaip parodyta 24 pav. (čia šaltinis nufotografuotas iš tos pusės, kuri atsukta į detektorius). Tokioje padėtyje konteineris yra horizontalus, o beta dalelių pluoštas krinta į detektoriaus langelio centrą. Programos „Beta.exe“ lange užduodama aliuminio sugerties kreivės matavimo veika. Tuo tikslu reikia pažymėti laukelį „aliuminio sugerties kreivė“ (žr. 23b pav.).

2.7. Išmatuojama skaičiavimo sparta, atitinkanti nulinį sugėriklio storį (kai tarp detektoriaus ir radioaktyviojo

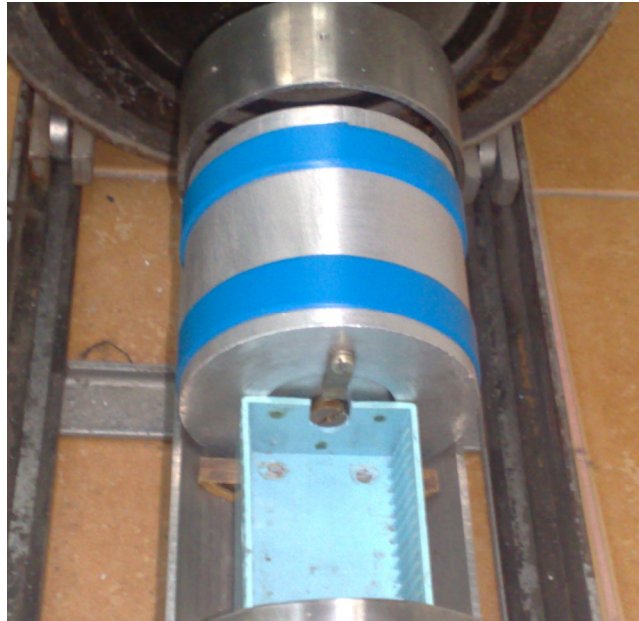


(a)



(b)

23 pav. Programos „Beta.exe“ lango pavidalas: (a) matuojant foną; (b) prieš pradėdant matuoti aliuminio sugerties kreivę



24 pav. Beta radioaktyviojo šaltinio padėtis matavimo metu (čia šaltinis nufotografuotas iš tos pusės, kuri atsukta į detektorius)

šaltinio nėra jokio sugėriklio). Tuo tikslu reikia spustelėti mygtuką „Pradėti skaičiuoti daleles“. Tada atsidaro dialogo langas „Naujas matavimas“, kuriame reikia įvesti sugėriklio storį (šiuo atveju – 0). Tame lange spustelėjus „Gerai“, bus atliktas vienas matavimas. To matavimo rezultatas, jo standartinis nuokrypis ir atitinkamas sugėriklio storis bus įrašyti į „Origin“ lentelę „Aliuminis“. Programa „Beta.exe“ sustabdo matavimą, kai pilnutinis jo metu detektuotų dalelių skaičius tampa didesnis negu 204 (tada vidutinės skaičiavimo spartos santykinis standartinis nuokrypis yra mažesnis negu $1/\sqrt{204} = 7\%$).

- 2.8. Dedant aliuminio folijas ir plokšteles tarp šaltinio ir detektoriaus langelio, išmatuojama β dalelių sugerties kreivė aliuminyje. Kiekvienas matavimas pradedamas spustelėjus mygtuką „Pradėti skaičiuoti daleles“, įvedus sugėriklio storį ir spustelėjus mygtuką „Gerai“. Sugėriklis (aliuminis) turi būti kuo arčiau šaltinio (t. y. kuo toliau nuo detektoriaus langelio). Keičiant sugėriklius, negalima liesti šaltinio konteinerio, kad nepasikeistų jo padėtis, ir negalima laikyti pirštų prieš angą, iš kurios išeina spinduliuotė. Aliuminio sluoksnio storis d didinamas nuo 0 iki 1 mm kas 0,1 mm, o paskui nuo 1,2 mm iki 2 mm kas 0,2 mm. Yra tik 5 storių plokštelės (0,1 mm, 0,2 mm, 0,5 mm, 1 mm ir 2 mm). 0,1 mm ir 0,2 mm storio folijos yra plastikiniuose rėmeliuose (ant rėmelių užrašyti jų storiai). 0,5 mm, 1 mm ir 2 mm storio plokštelės yra be rėmelių (ant tų plokštelių storiai neužrašyti, nes kitokio storio plokštelių nėra ir labai lengva jas vizualiai išdėstyti storio didėjimo tvarka). Jeigu į laikiklį įdėtos kelios plokštelės, tada efektas toks pats, lyg būtų įdėtas vienas sluoksnis, kurio storis yra lygus įdėtų plokštelių storių sumai. Naudojant įvairias minėtųjų penkių storių plokštelių kombinacijas, galima užduoti bet kokį storį nuo 0 iki 2 mm 0,1 mm tikslumu. Taigi, optimali yra tokia sugėriklių seka:

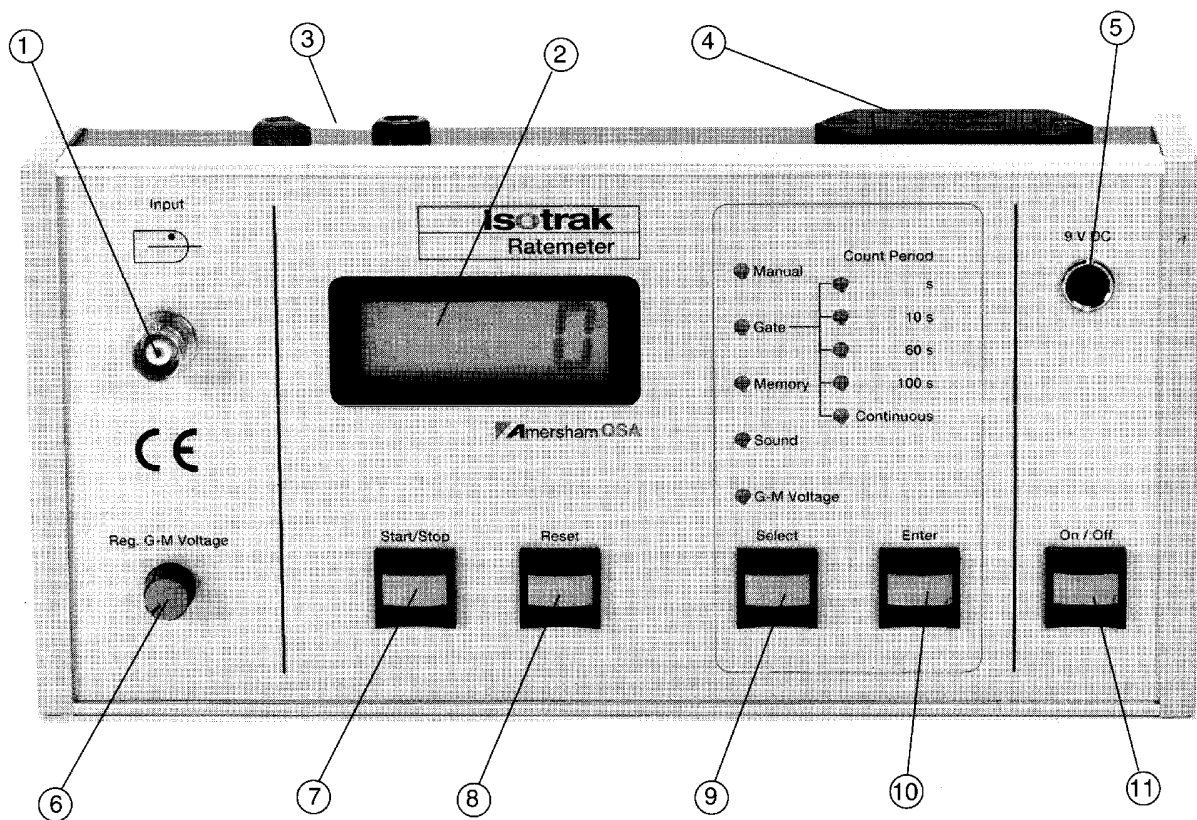
0,0 mm (nėra nė vienos plokštelės tarp šaltinio ir detektoriaus)
 0,1 mm ($1 \times 0,1$ mm),
 0,2 mm ($1 \times 0,2$ mm),
 0,3 mm ($1 \times 0,2$ mm + $1 \times 0,1$ mm),
 0,4 mm ($2 \times 0,2$ mm),
 0,5 mm ($1 \times 0,5$ mm),
 0,6 mm ($1 \times 0,5$ mm + $1 \times 0,1$ mm),
 0,7 mm ($1 \times 0,5$ mm + $1 \times 0,2$ mm),
 0,8 mm ($1 \times 0,5$ mm + $1 \times 0,2$ mm + $1 \times 0,1$ mm),
 0,9 mm ($1 \times 0,5$ mm + $2 \times 0,2$ mm),
 1,0 mm (1×1 mm),
 1,2 mm (1×1 mm + $1 \times 0,2$ mm),
 1,4 mm (1×1 mm + $2 \times 0,2$ mm),
 1,6 mm (1×1 mm + $1 \times 0,5$ mm + $1 \times 0,1$ mm),
 1,8 mm (1×1 mm + $1 \times 0,5$ mm + $1 \times 0,2$ mm + $1 \times 0,1$ mm),
 2,0 mm (1×2 mm),

- 2.9. Išmatuojama organinio stiklo sugerties kreivė. Prieš matuojant organinio stiklo sugerties kreivę, programos „Beta.exe“ lange reikia pažymėti laukelį „org. stiklo sugerties kreivė“ (žr. 23b pav.). Matavimo tvarka yra tokia pati, kaip ir atliekant 2.7 – 2.8 punktus, tačiau turi būti įvedamos kitokios storio vertės. Visų 9 organinio stiklo plokštelių storis yra vienodas ir lygus 0,47 mm. Taigi, pilnutinis storis d turi būti keičiamas nuo 0 iki 4,23 mm kas 0,47 mm.
- 2.10. „Origin“ projektas išsaugomas („Origin“ meniu komanda „File / Save Project“ arba „File / Save Project As...“). Atspausdinami fono ir abiejų sugerties kreivių matavimo duomenys. Tuos duomenis reikia perkelti į vieną lentelę, ją suformatuoti taip, kad ji būtų aiški, o paskui atspausdinti. Tai nebūtinai turi būti „Origin“ lentelė; duomenis galima nukopijuoti ir į kitą programą (pvz., „Excel“ arba „Word“). Dialogo lange, kuris atsidaro įvykdžius komandą „File/Print“, turi matytis spausdintuvas, kuris yra laboratorijoje. **Pastaba:** Spausdintuvas, kuris šiuo metu naudojamas laboratorijoje, nėra tinklo spausdintuvas. T. y. jis prijungtas ne tiesiog prie kompiuterinio tinklo, o prie kompiuterio, kuris prijungtas prie kompiuterinio tinklo. Jeigu sistema negali užmegzti ryšio su spausdintuvu, tai gali reikšti, kad tas kompiuteris arba spausdintuvas nėra įjungtas.
- 2.11. Kompiuteris ir impulsų skaičiavimo įrenginys išjungiami iš elektros tinklo. Išjungiamas ilgiklis, prie kurio prijungti Geigerio ir Miulerio skaitiklis ir kiti šio laboratorinio darbo įrenginiai. Uždaromas detektoriaus gaubtas.

Baigus visus matavimus, po lentelėmis su matavimo duomenimis pasirašo darbo vadovas arba laborantas.

3. Isotrak dalelių skaičiavimo įrenginio naudojimo instrukcija

1. Skaičiavimo įrenginio priekinė sienelė



25 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

Skaiciavimo 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”.