

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Fizikos fakultetas

Mokomoji atomo ir branduolio fizikos laboratorija

Laboratorinis darbas Nr. 11

**ALFA DALELIŲ ENERGIJOS MATAVIMAS
PUSLAIDININKINIŲ DETEKTORIUMI**

Eksperimentinė dalis

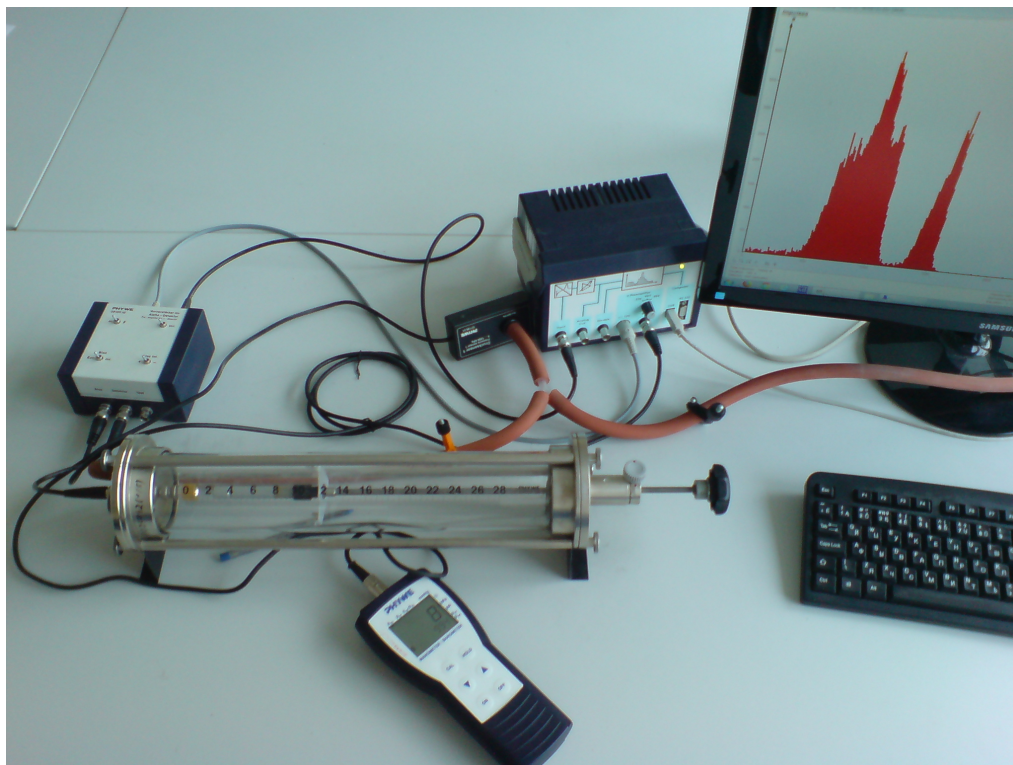
Parengė A. Poškus

2024-10-19

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

Šiam darbui naudojama Vokietijos kompanijos „Phywe Systeme“ mokomoji alfa spektroskopijos įranga. Matavimo įrangos bendras įrangos vaizdas parodytas 1 pav.



1 pav. Matavimo įrangos bendras vaizdas

Darbo įrangos pagrindinės dalys yra šios:

- 1) Daugiakanalis analizatorius (angl. „*multichannel analyzer*“). 1 pav. jis yra monitoriaus kairėje.
- 2) Alfa dalelių detektoriaus priešstiprintuvis (angl. „*preamplifier*“). 1 pav. jis yra į kairę nuo daugiakanalio analizatoriaus.
- 3) Alfa dalelių detektorius (puslaidininkinis silicio detektorius su paviršine barjerine sandūra). Detektoriaus nuotrauka yra 2 pav. Detektorius jautrusis sluoksnis yra padengtas neskaidriu aliuminio sluoksniu, todėl detektorius yra nejautrus šviesai.
- 4) ^{241}Am šaltinis alfa detektoriaus kalibravimui (aktyvumas 3,7 kBq) ir tiriamasis ^{226}Ra šaltinis (aktyvumas 3 kBq). Abu šaltiniai įsigyti 2007 m. Jie parodyti 3 pav. Šaltinio korpuso galas, kuriame yra radioaktyvioji medžiaga, yra pažymėtas griovelio aplink korpuso perimetrą. Radioaktyvioji medžiaga yra plono apskrito sluoksnio pavidalo.
- 5) Stiklinė vakuomo kamera branduolio fizikos eksperimentams (žr. 4 pav.);
- 6) Rankinis barometras/manometras (žr. 5 pav.). Jis turi du slėgio jutiklius – vidinį ir išorinį. Vidinis slėgio jutiklis yra barometro korpuso viduje ir yra naudojamas aplinkos slėgio matavimui. Išorinis pjezovaržinis slėgio jutiklis priklauso vakuuminei sistemai ir yra naudojamas matuojant slėgį vakuomo kameros viduje.



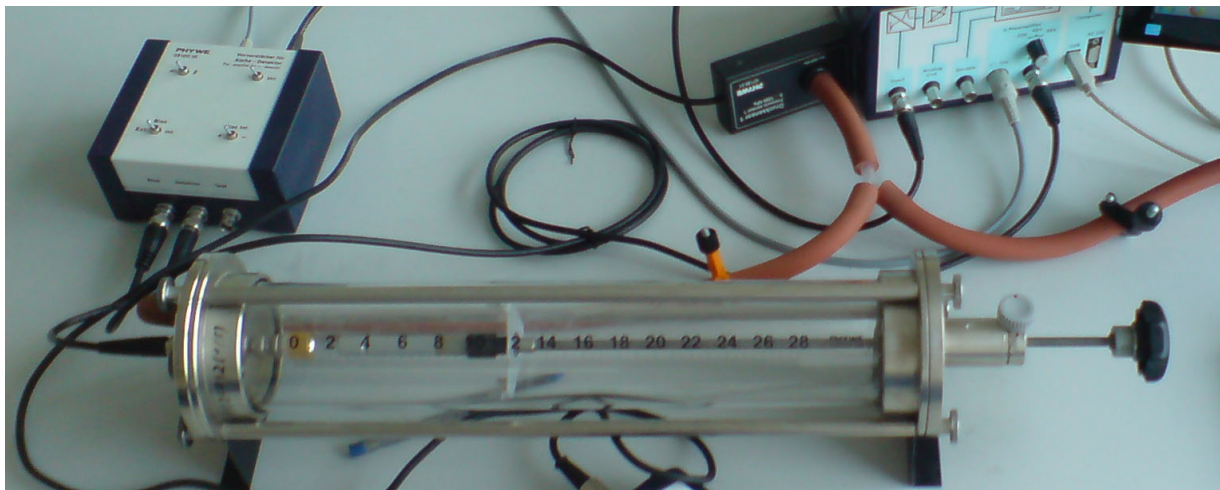
2 pav. Pusalaidininkinis detektorius

- 7) Dviejų pakopų membraninis vakuumo siurblys (žr. 6 pav.).
- 8) Kompiuteris (amplitudžių spektrų atvaizdavimui ir išsaugojimui).

Pastaba: 4 pav. yra matomi guminė žarnelė, kuri jungia vakuumo kamerą ir siurblių, bei „trišakis“, prie kurio prijungtas pjezovaržinis slėgio jutiklis (juodas blokelis su baltu užrašu).



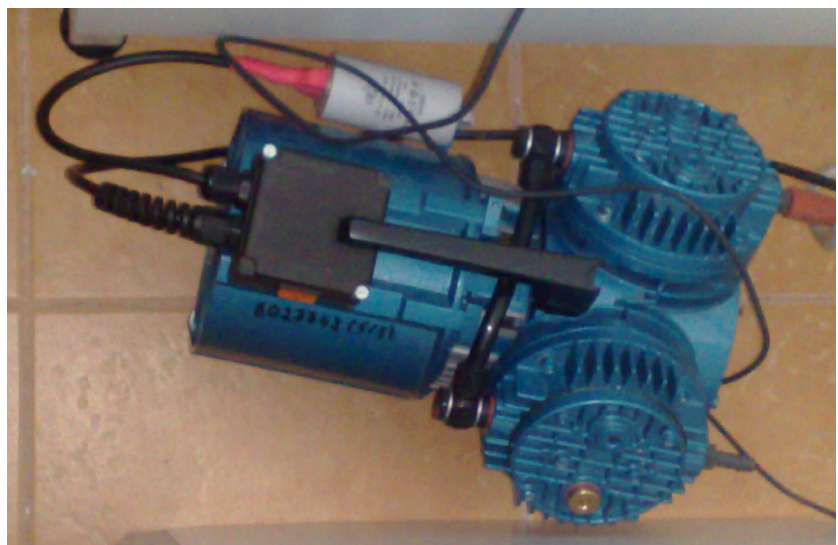
3 pav. ^{226}Ra ir ^{241}Am radioaktyvieji šaltiniai. Kairiojoje nuotraukoje nuotraukoje radioaktyvioji medžiaga yra viršuje. ^{241}Am šaltinis kitame gale turi sriegį pritvirtinimui ant varžto (žr. dešiniąją nuotrauką), tačiau šiame darbe tas šaltinis, kaip ir ^{226}Ra šaltinis, yra tvirtinamas ne ant varžto, o ant specialaus laikiklio (žr. 10–11 pav.)



4 pav. Stiklinė vakuumo kamera. Jos kairiajame gale matomas detektorius



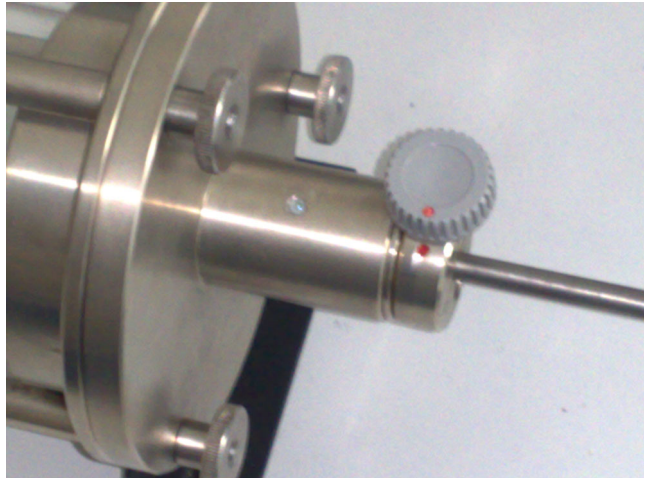
5 pav. Rankinis barometras



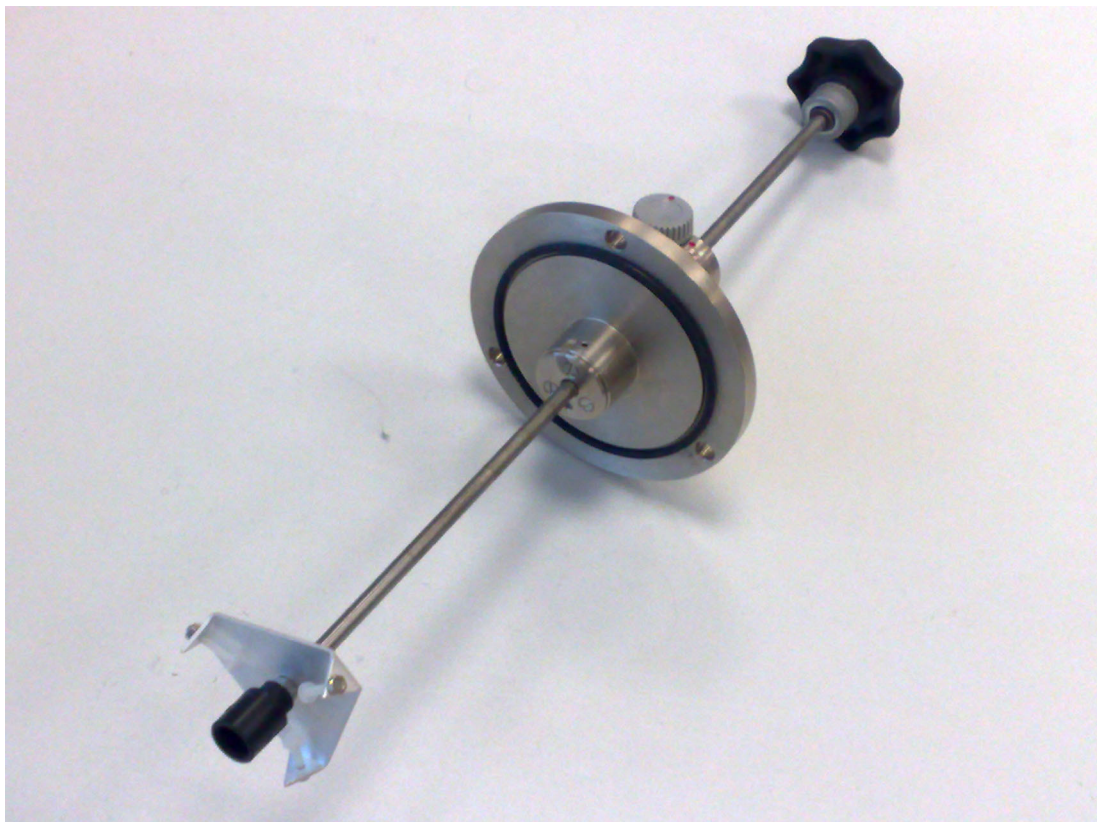
6 pav. Dviejų pakopų membraninis vakuumo siurblys

2. Matavimo tvarka

1. Įjungiamas kompiuteris. Atsukami ir išimami trys varžtai, kuriais kameros dešinysis dangtis yra pritvirtintas prie kameros korpuso (žr. 7 pav.), paskui tas dangtis (kartu su slankiuoju strypu) nuimamas (žr. 8 pav.). **Dėmesio!** Su stikline kamera reikia elgtis labai atsargiai, kad ji neskiltų. Pvz., negalima jos atidarinėti pakėlus ją už vieno galo. Kamera turi visada tvirtai stovėti ant stalo ir būti horizontali.



7 pav. Vakuomo kameros dešinysis dangtis su slankiuoju strypu. Ant dangčio matomi trys tvirtinimo varžtai. Pilkas plastikinis varžtas su raudonu tašku yra skirtas slankiojo strypo padėties užfiksavimui



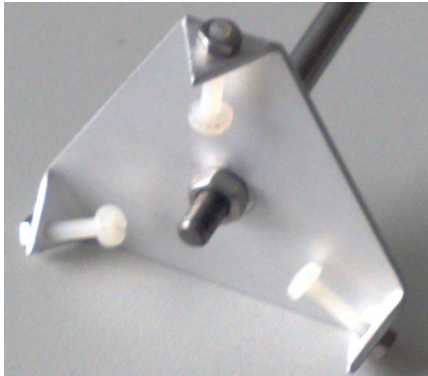
8 pav. Slankusis strypas, prie kurio dar nepritvirtintas radioaktyvusis šaltinis

2. Prie slankiojo strypo pritvirtinamas Am-241 radioaktyvusis šaltinis.

Pastaba: Atviras Am-241 šaltinis, kuris šiame darbe naudojamas detektoriaus kalibravimui, yra reikalingas ir laboratoriniame darbe Nr. 9 (ten matavimai su tuo šaltiniu užtrunka maždaug 40 min). Jeigu, pradėjus daryti darbą Nr. 11, paaiškėja, kad Am-241 yra naudojamas darbe Nr. 9, tada reikia pradėti nuo tiriamojo šaltinio (Ra-226) spektro matavimo.

Šaltinį reikia įkišti į universalųjį radioaktyviųjų šaltinių laikiklį, kuris yra pritvirtintas prie slankiojo strypo (žr. 10 pav. ir 11 pav.). Į tą laikiklį reikia įkišti šaltinio korpuso galą, kuriame nėra radioaktyvios medžiagos (žr. 3 pav.). Įkišti reikia negiliai (tiek, kad šaltinis laikytųsi, pvz. 2 – 3 mm), nes priešingu atveju paskui gali būti sunku tą šaltinį ištraukti iš laikiklio (žr. 12 pav.).

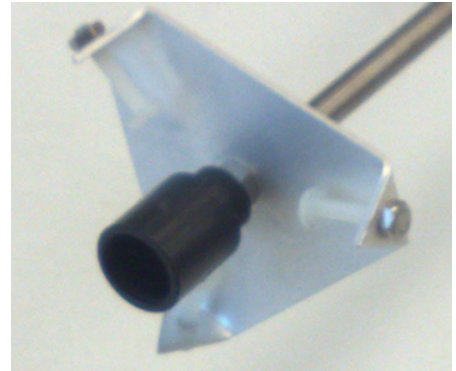
3. Vakuomo kameros dangtis su slankioju strypu ir radioaktyviuoju šaltiniu uždėdamas ant kameros ir priveržiamas varžtais. Uždedant dangtį, reikia patikrinti, ar guminė tarpinė yra teisingoje padėtyje (žr. 13 pav.).



9 pav. Slankiojo strypo galas, prie kurio turi būti tvirtinamas radioaktyvusis šaltinis arba universalusis šaltinių laikiklis. Yra matomas tvirtinimo varžtas



10 pav. Universalusis radioaktyviųjų šaltinių laikiklis (nufotografuotas iš tos pusės, iš kurios jis užsukamas ant slankiojo strypo)



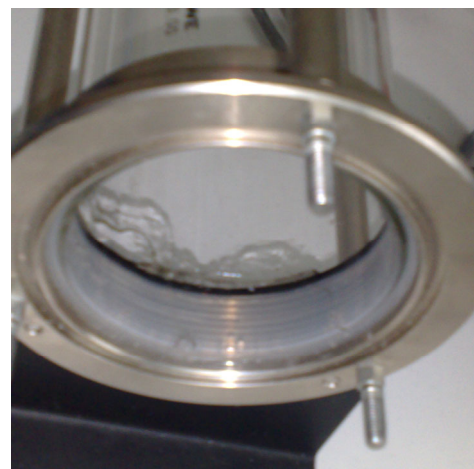
11 pav. Slankiojo strypo galas su pritvirtintu universaliuoju radioaktyviųjų šaltinių laikikliu



12 pav. Radioaktyviojo šaltinio pritvirtinimas prie universaliojo radioaktyviųjų šaltinių laikiklio



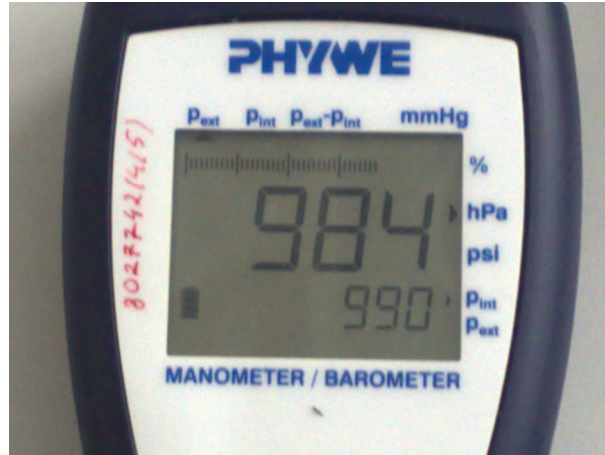
(a)



(b)

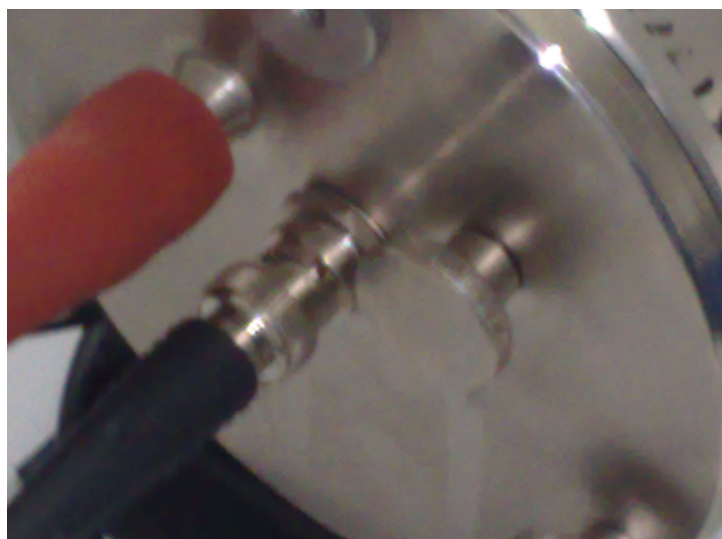
13 pav. (a) Vakuomo kameros dangtis iš tos pusės, kuri atsukta į kamerą. Čia matoma juoda apskrita guminė tarpinė (nuėmus dangtį, tarpinė gali likti ant kameros). (b) Vakuomo kameros dešinysis galas, nuo kurio nuimtas dangtis. Matomas apskritas griovelis, kuriame, uždarius kamerą, turi būti guminė tarpinė

4. Įjungiamas rankinis barometras. Jis turi du slėgio jutiklius – vidinį ir išorinį, todėl vienu metu rodo dvi slėgio vertes. Išorinis jutiklis kabeliu prijungtas prie barometro ir gumine žarnele sujungtas su vakuumo kamera. Vidinis jutiklis rodo aplinkos slėgį. Rodyklė, kuri yra barometro rodytuvo viršuje, turi būti nukreipta į užrašą „P_{ext}“. Jeigu taip nėra, tada ją reikia nukreipti į tą užrašą, naudojant mygtuką „▼“. Tokioje veikoje didesnis skaičius barometro rodytuve rodo išorinio jutiklio matuojamą slėgį (t. y. slėgį matavimų kameros viduje), o mažesnis skaičius rodo aplinkos slėgį (žr. 14 pav.). Slėgio matavimo vienetas – hektopaskalis (1 hPa = 100 Pa).



14 pav. Barometro parodymai, kai kameroje nėra vakuumo

5. Įsitikinama, kad oro įleidimo varžtas, kuris yra ant kameros kairiojo galo (prie detektoriaus), yra užsuktas (žr. 15 pav.). Įjungiamas siurblys. Juodos spalvos spaustukas, kuris yra ant siurblių ir slėgio jutiklį jungiančios žarnelės (žr. 4 pav.), atlaisvinamas. Taip pat atlaisvinamas oranžinis spaustukas, kuris yra ant vakuumo kamerą ir slėgio jutiklį jungiančios žarnelės (žr. 4 pav.). Palaukiama, kol slėgis kameros viduje taps 10 hPa arba mažesnis. Pasiekus reikiamą slėgį, abi minėtos žarnelės užspaudžiamos spaustukais: pirmiausia priveržiamas oranžinis spaustukas, o paskui – juodasis (spaustukų nereikia veržti labai stipriai, kad nebūtų pažeistos guminės žarnelės). Siurblys išjungiamas. **Pastabos:** a) Veikiant siurbliui, dėl vibracijos jis gali pasislinkti ir pradėti liesti stalą. Siekiant sumažinti triukšmą darbo vietoje ir siurblio dėvėjimąsi, jį reikia patraukti toliau nuo stalo. b) Priveržus abu spaustukus, barometro parodymai pradės sparčiai augti, tačiau reikia turėti omenyje, kada dabar barometras rodo ne vakuumo kameros slėgį, o slėgį trišakyje, kuris nėra hermetiškas. Vakuumo kamera yra atskirta nuo trišakio oranžiniu spaustuku, ir joje slėgis didėja daug lėčiau. c) Kairysis vakuumo kameros dangtis (15 pav.) viso darbo metu turi būti priveržtas prie kameros. Todėl negalima sukioti trijų varžtų, kurie prilaiko kairįjį vakuumo kameros dangtį. Kai buvo rašomas šis aprašas, vienas iš tų varžtų buvo sulūžęs, t. y. neprisiveržė iki galo. Tačiau nereikia į tai kreipti dėmesio, nes, išsiurbus orą iš vakuumo kameros, dėl slėgių skirtumo dangtį prie kameros spaudžia maždaug 60 kg jėga, kuri užtikrina pakankamai gerą kameros sandarumą matuojant.



15 pav. Vakuumo kameros kairysis dangtis. Matosi vakuuminė žarnelė, detektoriaus kabelis ir oro įleidimo varžtas. Be to, viršuje yra matomas vienas iš trijų tvirtinimo varžtų

6. Alfa detektoriaus priešstiprintuvio (angl. „*preamplifier*“) jungiklis „ α/β “ turi būti padėtyje „ α “, jungiklis „Inv“ turi būti išjungtas (t. y. kairiojoje padėtyje), o jungiklis „Bias“ turi būti padėtyje „Ext“.

7. Perjungiklis „Bias“, kuris yra ant daugiakanalio analizatoriaus (angl. „*multichannel analyser*“, „*MCA*“), turi būti padėtyje –99 V. Įsitikinus, kad to perjungiklio padėtis yra teisinga, įjungiamas daugiakanalis analizatorius (elektros tinklo jungiklis yra ant jo užpakalinės sienelės). **Pastaba:** Kai daugiakanalis analizatorius yra įjungtas, turi nuolat šviesti žalias indikatorius, kuris yra ant jo priekinės sienelės (žr. 1 pav.). Jeigu jis nešviečia, tai dažniausiai reiškia, kad daugiakanalio analizatoriaus elektros tinklo jungiklyje nėra elektrinio kontakto. Tada jį reikia išjungti ir vėl įjungti (stipriau paspaudus).

8. Startuojama programa „Measure“ (jos piktograma yra darbastalyje; be to, ji yra „Start Menu“ programų grupėje „PHYWE“).

9. Programa paruošiama darbui. Tuo tikslu: **a)** pasirenkamas meniu „Gauge“ punktas „Multi Channel Analyser“ (jeigu po šio veiksmo programa praneša, kad nėra ryšio su MCA, nors jis yra įjungtas į elektros tinklą ir sujungtas USB kabeliu su kompiuteriu, tada reikia iš naujo startuoti Windows), **b)** pasirenkama veika „Spectra recording“ ir pele nuspaudžiamas mygtukas „Continue“ (veiką „Spectra recording“ reikia naudoti matuojant abu spektrus – ir kalibracinį, ir tiriamąjį), **c)** atsidiariusiame spektro lange, sąrašė „X-Data“ pasirenkamas punktas „Channel number“ (t. y. ant abscisių ašies turi būti atidėtas kanalo numeris); **d)** lauke „Interval width [channels]“ surenkamas skaičius „10“ ir nuspaudžiamas klaviatūros klavišas „Enter“ (tai reiškia, kad kiekvienas spektro stulpelis atitinka 10 gretimų kanalų sumą); **e)** slankiklis „Gain“ turi būti dešiniojoje kraštinėje padėtyje; **f)** teksto laukelyje, kuris yra šalia slankiklio „Offset“, reikia surinkti skaičių „6“ ir nuspusti klaviatūros klavišą „Enter“; **g)** jeigu žymimasis laukelis „Start/Stop“ nėra pažymėtas „varnelė“, tada jį reikia spustelėti pele. Priešingu atveju reikia spustelėti mygtuką „Reset“. Tada programa pradeda registruoti impulsų amplitudžių spektrą.

10. Stumiant slankųjį strypą gilyn į kamerą, šaltinis priartinamas prie detektoriaus. **Dėmesio!** Slankųjį strypą reikia stumti atsargiai ir iš lėto, kad šaltinio korpusas neatsiremtų į detektorius (priešingu atveju detektorius galėtų būti pažeistas).

11. Atstumas tarp šaltinio ir detektoriaus lemia vidutinę skaičiavimo spartą (taip vadinamas vidutinis per sekundę detektuotų dalelių skaičius): kuo mažesnis atstumas, tuo didesnė skaičiavimo sparta. Programos „Measure“ amplitudžių spektro lango apačioje yra atvaizduota vidutinė skaičiavimo sparta per paskutines dvi sekundes („Impulse rate“). Remiantis ta verte, galima pataisyti atstumą tarp šaltinio ir detektoriaus. Matuojant kalibracinį spektrą, atstumas tarp šaltinio ir detektoriaus turi būti toks, kad skaičiavimo sparta būtų tarp 30 ir 200 dalelių / s, o matuojant tiriamąjį spektrą, tas atstumas turi būti toks, kad skaičiavimo sparta būtų tarp 100 ir 200 dalelių / s.

Pastaba: Kadangi branduolių skilimas yra atsitiktinis vyksmas, skaičiavimo sparta per paskutines dvi sekundes, kurią rodo programa „Measure“, svyruoja gana plačiose ribose. Tačiau, nustatant optimalų atstumą tarp šaltinio ir detektoriaus, užtenka žinoti tik apytikslę skaičiavimo spartą. Nesvarbu, kad kartais ta skaičiavimo sparta išeina iš minėto optimalaus intervalo (užtenka, kad *dauguma* parodymų priklausytų tam intervalui).

12. Jeigu yra matuojamas kalibracinis spektras (su ^{241}Am šaltiniu), tada matavimas sustabdomas tada, kai pilnutinis detektuotų dalelių skaičius pasiekia arba viršija 20 000, o jeigu yra matuojamas tiriamasis spektras (su ^{226}Ra šaltiniu), tada matavimas sustabdomas tada, kai pilnutinis detektuotų dalelių skaičius pasiekia arba viršija 200 000. Pilnutinis detektuotų dalelių skaičius rodomas programos lango kairiajame apatiniame kampe („Total impulses“). Norint sustabdyti matavimą, reikia spustelėti mygtuką „Accept data“. Tada atsидaro naujas langas, kuriame pavaizduotas galutinis spektras. **Pastabos:** **1)** ^{241}Am spektre turėtų matytis viena siaura smailė, o ^{226}Ra spektre turėtų matytis keturios plačios smailės, kaip parodyta 1 pav. (trys kairiosios smailės turi dalinai persikloti viena su kita). **2)** Kuo didesnis pilnutinis impulsų skaičius, tuo mažesnės santykinės paklaidos. Todėl impulsų skaičius nėra ribojamas iš viršaus; vienintelis reikalavimas yra tas, kad jis neturi būti mažesnis už nurodytąjį skaičių.

13. Patikrinama, ar per matavimo laiką slėgis kameros viduje netapo per didelis. Tam reikia vėl sujungti trišakį su vakuomo kamera, t. y. atlaisvinti oranžinį spaustuką (esantį tarp kameros ir slėgio jutiklio). Nors tada į kamerą pateks oras iš nesandarios vakuomo sistemos dalies, tačiau slėgio padidėjimas kameroje bus nežymus (mažesnis negu 10 hPa), nes vakuomo sistemos dalies, kuri yra tarp dviejų spaustukų, tūris yra daug mažesnis už vakuomo kameros tūrį. Jeigu barometro parodymai atlaisvinus oranžinį spaustuką yra mažesni už 100 hPa, tai reiškia, kad matavimo metu slėgis kameros viduje beveik nepadidėjo ir matavimo duomenys nėra iškraipyti. **Pastaba:** Barometro parodymus reikia fiksuoti iš karto po oranžinio spaustuko atlaisvinimo, nes slėgis kameros viduje pradės iš lėto didėti dėl pablogėjusio sistemos sandarumo.

14. Spektras išsaugomas diske. Tam atliekama meniu komanda „Measurement/Export data...“. Atsidariusiame dialogo lange „Export data“ reikia pažymėti laukelius „Copy to clipboard“ ir „Export as metafile“. Po to reikia sukurti Microsoft Word failą ir atlikti Word meniu komandą „Edit/Paste“. Galima dar pagedaguoti spektrą, įterpiančiais paaiškinančius užrašus (tai galima atlikti ir „Word“ aplinkoje, ir programoje „Measure“, naudojant pastarosios programos meniu komandą „Measurement/Labels...“).

15. Spektro duomenys išsaugomi teksto faile (skaičių stulpelių pavidalu) vėlesnei analizei. Tuo tikslu vėl atliekama meniu komanda „Measurement/Export data...“, tačiau šį kartą reikia pažymėti laukelius „Save to file“ ir „Export as numbers“. Po to reikia įvesti failo vardą su plėtiniu „.txt“ (failų ir aplankų varduose neturi būti lietuviškų rašmenų). Tame faile duomenys išdėstyti dviejų stulpelių pavidalu: pirmajame stulpelyje – kanalo numeris, o antrajame – atitinkamas impulsų skaičius. **Pastaba:** kadangi matavimų metu po 10 kanalų buvo sujungti į vieną kanalą, tai visi kanalų numeriai yra skaičiaus 10 kartotiniai.

16. Išjungiamas daugiakanalis analizatorius (kad matavimų kameros ventiliavimo metu prie alfa detektoriaus nebūtų prijungta įtampa).

17. Kad būtų lengviau atidaryti kamerą, kai į ją bus įleistas oras, iš dalies atlaisvinami trys varžtai, kurie prilaiko dešinįjį vakuomo kameros dangtį (prie jo yra pritvirtintas šaltinio laikiklis). [Jeigu tie varžtai nebūtų atlaisvinti, tada galėtų būti sunku juos atsukti, kai į kamerą bus įleistas oras.] Kol kas nereikia pilnai atsukti tų varžtų.

18. Į vakuomo kamerą įleidžiamas oras. Tam atsukamas oro įleidimo varžtas, kuris yra ant kameros kairiojo dangčio (žr. 15 pav.).

19. Kamera atidaroma (iš šaltinio laikiklio pusės).

20. Pakeičiamas radioaktyvusis šaltinis ir pakartojami visi matavimai (3 – 20 punktai).

21. Radioaktyvusis šaltinis nuimamas nuo laikiklio. Kamera uždaroma.

22. Lentelės su abiejų spektrų duomenimis atspausdinamos. Šiame darbo etape užtenka atspausdinti tik lenteles su detektuotų dalelių skaičiais kiekviename kanale (grafikus reikės atspausdinti vėliau, ruošiant darbą grynymui). Prieš spausdinant lenteles, jas reikia suformatuoti taip, kad jos būtų aiškios ir kad užimtų kuo mažiau vietos (patartina spausdinti keliais stulpeliais). Be to, nereikia spausdinti visų 4000 kanalų duomenų: juk spektras užima mažiau negu pusę X ašies (žr. vaizdą monitoriaus ekrane, kuris parodytas 1 pav.), t. y. daugumos kanalų duomenys yra nuliniai arba labai maži (pvz., kelios dešimtys impulsų). Galima ištrinti visą spektro dalį, kurią sudaro kanalai su mažesniais už 10 impulsų skaičiais. Lentelių apiforminimui galima naudoti bet kokią tam tinkamą programą (pvz., „Word“, „Excel“ arba „Origin“). 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.

23. Ant lapų su atspausdintais duomenimis reikia užrašyti savo vardą ir pavardę. Atspausdintą duomenų lentelę reikia įklijuoti į darbo žurnalą. Po atspausdinta duomenų lentelė turi pasirašyti darbo vadovas arba laborantas (jeigu duomenų lentelę sudaro daugiau negu vienas lapas, tada darbo vadovas arba laborantas pasirašo ant kiekvieno lapo).