

9 laboratorinis darbas

JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

Darbo tikslas

Nustatyti gama spindulių lygiavertės dozės galią; beta dalelių srauto tankį, spinduliuojantį nuo objektų paviršiaus; radionuklido ^{137}Cs (cezio) savitąjį aktyvumą medžiagoje.

Teorinė dalis

Jonizuojančioji spinduliuotė – tai spinduliuotė, kuri jonizuoja aplinką, t.y. iš atomų ir molekulių sukuria teigiamas ir neigiamas daleles, vadinamas jonais. Jonizuojančiąją spinduliuotę sudaro alfa (α) ir beta (β) dalelės, gama (γ) ir rentgeno spinduliai, neutronai, kosminiai spinduliai.

Alfa dalelės tai helio branduolių srautas, kurį skleidžia radioaktyvios medžiagos. Alfa dalelės sudarytos iš dviejų neutronų ir dviejų protonų. Dėl didelės masės jonizuoja daug atomų. Į kūno audinius jos prasiskverbia iki kelių dešimčių mikrometrų, ore lekia ne daugiau kaip 10 cm. Apsisaugoti nuo alfa dalelių nesudėtinga. Jas sugeria drabužiai, rašomojo popieriaus lapas, netgi didesnis oro tarpas. Tačiau dėl didelės jonizuojančiosios galios jos yra labai pavojingos, kai patenka į žmogaus organizmą įkvepiant orą ar su maistu.

Beta dalelės yra elektronų arba pozitronų srautas sklindantis radioaktyvaus skilimo metu. Palyginus su alfa dalelių mase, jų masė apie 7000 kartų mažesnė, todėl ir jonizacijos intensyvumas yra mažas. Beta dalelės ore lekia keletą metrų, į gyvus organizmus prasiskverbia iki vieno centimetro. Jas sulaiko jau ne popieriaus lapas, bet storoka knyga, storesnė kaip 1 cm organinio stiklo plokštė.

Gama ir rentgeno spinduliai – tai labai trumpos, aukšto dažnio ($f=10^{20} \div 10^{22} \text{ Hz}$) elektromagnetiniai spinduliai, atsirandantys atomams pereinant iš vieno energetinio lygio į kitą vykstant branduolinėms reakcijoms arba radioaktyviam skilimui. Rentgeno spinduliai atsiranda stabdant pagreitintus elektronus. Ore sklinda šimtus metrų, žmogaus organizmą praeina kiaurai.

Neutronų spinduliuotę sukelia neutronų srautas. Jų masė artima protonų masei, bet jie neturi krūvio. Sąveikoje su medžiaga neutronai gali ją jonizuoti arba sukelti antrinę spinduliuotę. Susidaro γ spinduliai ir dalelės turinčios krūvį. Neutronų skvarbumas priklauso nuo jų energijos ir medžiagos su kuria jie sąveikauja, atomų sudėties.

Praeidama pro medžiagą jonizuojančioji spinduliuotė jonizuoja medžiagos atomus, prarasdama dalį savo energijos. Jonizacijos laipsnis ir energijos kiekis, kurį sugeria medžiaga, parodo jonizuojančiosios spinduliuotės ir medžiagos sąveiką. Kiekybiniais šios sąveikos charakteristikoms išreikšti nustatytos apšvitos dozės.

Sugertoji (absorbuotoji) apšvitos dozė (D) apibūdina bet kurios spinduliuotės poveikį ir parodo švitinamo kūno sugertos energijos kiekį tenkantį masės vienetui. SI sistemoje sugertosios apšvitos dozės vienetas yra **grėjus (Gy)**. 1 Grėjus prilygsta vienam džauliui, sugertam vieno medžiagos kilogramo:

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}, \text{ Gy}; \quad (9.1)$$

čia $d\bar{\varepsilon}$ - vidutinė perduotoji energija, J;
 dm - švitinamos medžiagos masė, kg.

Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo sugertosios apšvitos dozės. Apšvita gali būti dvejopa:

- išorinė, kai radionuklidai, esantys ore arba nusėdę ant įvairių paviršių, veikia žmogų iš išorės;
- vidinė, kai radioaktyviosios medžiagos patenka į žmogaus organizmą su maistu, kvėpuojant arba tiesiog per kūno odą.

Išorinę jonizuojančiosios spinduliuotės dozę galima nesunkiai išmatuoti tam tikrais prietaisais – **dozimetais**. Vidinės apšvitos dozei įvertinti dažniausiai naudojami skaičiavimo metodai. Tačiau norint juos taikyti būtina žinoti radioizotopų sklidimo žmogaus organizme dėsningumus. Prietaisų, skirtų tiesioginiams vidinės apšvitos matavimams atlikti, yra, bet jie labai sudėtingi ir brangūs.

Alfa ir beta dalelės, kurios nėra tokios kenksmingos vertinant išorinės sugertosios dozės dydį, yra ypač pavojingos vidinės apšvitos atveju.

Lygiavertė apšvitos dozė – tai sugertoji dozė, pakoreguota atsižvelgiant į jonizuojančiosios spinduliuotės biologinio poveikio ypatumus. Esant tai pačiai sugertajai dozei skirtingos spinduliuotės biologinis poveikis nevienodas. Lygiavertė dozė yra lygi sugertajai dozei, padaugintai iš svorinio daugiklio.

SI sistemoje lygiavertės apšvitos dozės vienetas yra **sivertas (Sv)**.

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}, \text{ Sv}; \quad (9.2)$$

čia w_R - svorinis jonizuojančiosios spinduliuotės daugiklis;

$D_{T,R}$ - vidutinė sugertoji dozė T audinyje arba organe, apšvitintame R spinduliuote, Gy.

Svorinis jonizuojančiosios spinduliuotės daugiklis w_R įvertina kiekvienos jonizuojančiosios spinduliuotės jonizuojančiąją galią.

Svorinis jonizuojančiosios spinduliuotės daugiklis w_R lygus:

- neutronams, kurių energija $100 \text{ keV} \div 2 \text{ MeV}$ ($\text{keV} = 10^3 \text{ eV}$ (elektronVoltai)) ir α dalelėms – 20;
- γ spinduliams, β dalelėms – 1;
- neutronams, kurių energija $< 10 \text{ keV}$ ar $> 20 \text{ MeV}$ ir protonams – 5;
- neutronams, kurių energija $10 \text{ keV} \div 100 \text{ keV}$ ir nuo $2 \text{ MeV} \div 20 \text{ MeV}$ – 10.

Vidutinė dozė žmogaus organe ar audinyje D_T (Gy) skaičiuojama pagal tokią formulę:

$$D_T = (1/m_T) \int D dm, \text{ Gy}, \quad (9.3)$$

čia m_T - audinio ar organo masė, kg;

D - sugertoji dozė masės elemente dm , Gy.

Efektinė apšvitės dozė įvertina jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį įvairioms žmogaus kūno dalims. Efektinė dozė lygi lygiavertei dozei padaugintai iš svorinio audinių jautrio jonizuojančiajai spinduliuotei daugiklio w_T . Skirtingoms kūno dalims šie daugikliai skirtingi. Pvz. lyties liaukoms – 0,20, plaučiams, kaulų čiulpams, skrandžiui – 0,12, krūtims, skydliaukei ir kepenims – 0,05 ir t.t

Efektinė dozė E (Sv) skaičiuojama pagal formulę:

$$E = \sum_T w_T H_T, \text{ Sv}; \quad (9.4)$$

čia w_T - svorinis audinių jautrio daugiklis;

H_T - lygiavertė dozė T audinyje ar organe, Sv.

Ekspozicinė apšvitės dozė X apibūdina gama ir rentgeno spindulių jonizacijos efektą ore.

Šios dozės matavimo vienetai:

- SI sistemoje – *kulonas kilogramui* (C/kg). Tai tokia ekspozicinė dozė, kai viename oro kilograme visi elektronai ir pozitronai sukuria vieno kulono krūvį turinčius jonus;
- nesisteminis *rentgenas* (R). Tai toks gama arba rentgeno spinduliavimas, kuris 1 cm^3 sauso oro sukuria maždaug 2 milijardus jonų porų: $1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$.

1 lentelėje pateikta jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio aktyvumo, ekspozicinės, sugertosios ir lygiavertės dozių matavimo vienetai.

1 lentelė. Jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio aktyvumo, ekspozicinės, sugertosios ir lygiavertės dozių matavimo vienetai

	Šaltinis	Laukas	Dozė	
			gyvieji ir negyvieji objektai	gyvieji organizmai
	aktyvumas (radioaktyvumas)	ekspozicinė dozė	sugertoji dozė	lygiavertė dozė
naujieji vienetai (sisteminis vienetas)	bekerelis (Bq)	kulonas kilogramui (C/kg)	grėjus (Gy)	sivertas (Sv)
senieji vienetai	kiuris (Ci)	Rentgenas (R)	radas (rad)	remas (rem)
	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$ $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$	$1 \text{ R} = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

Jonizuojančioji spinduliuotė veikia žmogaus organizmą jonizuodama audinių molekules ir atomus. Dėl to nutrūksta molekuliniai ryšiai ir pakinta junginių cheminė struktūra. Toks jonizuojančios spinduliuotės poveikis vadinamas tiesioginiu arba pirminiu. Jo pasėkoje po kelių valandų žmogų pradeda pykinti, jis pasidaro vangus, svaigsta galva, padažnėja pulsas, kartais $0,5 \div 1,5^{\circ}\text{C}$ pakyla temperatūra, kraujyje padidėja leukocitų.

Jonizuojančioji spinduliuotė sukelia ir genetinius pakitimus, t.y. jos poveikio rezultatai gali būti perduodami vaikams, anūkams, proanūkams.

Apsauga nuo jonizuojančiosios spinduliuotės

Apsaugai nuo jonizuojančiosios spinduliuotės naudojamos teisinės (normos, taisyklės ir t.t.), fizinės ir technologinės priemonės. Jų tikslas – užtikrinti žmonių apsaugą vežant, saugant, naudojant, remontuojant jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinius bei avarijų atveju.

Lietuvos higienos norma HN73-1997 “Pagrindinės radiacinės saugos normos” nustato radiacinės saugos reikalavimus veikiant visoms jonizuojančiosios spinduliuotės rūšims bei jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių saugumo reikalavimus. Ši norma reglamentuoja gyventojų ir darbuotojų veiklą su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais normaliomis ir avarijų sąlygomis. Normaliomis sąlygomis gyventojų ir darbuotojų sauga turi būti vykdoma laikantis tokių principų:

- *pateisinamos veiklos*: bet kokia veikla, susijusi su dirbtinų šaltinių naudojimu, draudžiama, jeigu tokios veiklos žala, padaryta žmogui ir visuomenei didesnė negu nauda;
- *dozių normavimo*: draudžiama viršyti normomis nustatytas gyventojų ir darbuotojų individualių dozių ribas;
- *saugos optimizavimo*: kiekvieno šaltinio individualiosios dozės turi būti pateisinamos, kuo žemesnio lygio ir kuo mažiau žmonių turi būti apšvitinama.

Veikla, susijusi su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių vežimu, saugojimu, naudojimu, remontu ir t.t., galima tik pagal licenzijas, kurias išduoda valstybės įgaliotos institucijos.

Darbuotojai, vykdanys veiklą su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais, turi būti aprūpinti asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis – darbo drabužiais, avalyne, kvėpavimo takų apsaugos priemonėmis, vienkartiniais rankšluosčiais ir t.t. Už tai atsako darbdaviai ir licenziatai (juridinis asmuo turintis licenziją veiklai su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais). Jie privalo informuoti ir instruktuoti darbuotojus atliekančius veiklą su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais. Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikiui įvertinti turi būti vedamas gyventojų, asmeninis (darbuotojų) ir darbo vietų monitoringas, t.y. sistemingas dozės lygio arba taršos, susijusios su apšvitos arba radioaktyviojo užterštumo poveikiu, matavimas ir gautų rezultatų analizė.

Gyventojams ir darbuotojams, vykdančioms veiklą su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais, yra nustatytos apšvitos dozių ribos.

Darbuotojo apšvita negali būti didesnė kaip:

- 20 mSv ($\text{mSv}(\text{milisivertas})=10^{-3} \text{ Sv}$) metinės efektinės dozės vidurkis per 5 metus iš eilės;
- 50 mSv metinė efektinė dozė, su sąlyga, kad per 5 metus iš eilės vidutinė dozė nebus didesnė negu 20 mSv per metus ir t.t.

Be minėtų priemonių apsaugai nuo išorinės jonizuojančiosios spinduliuotės naudojami ekranai. Ekranų gamybai naudojamos medžiagos pasirinkimas priklauso nuo spinduliuotės rūšies, energijos, šaltinio aktyvumo, atstumo nuo šaltinio ir t.t.

Apsaugai nuo α spinduliavimo naudojami kelių milimetrų storio stiklo, aliuminio, popieriaus ir pan. ekranai ar keliolikos centimetrų oro sluoksnis.

Nuo β spinduliavimo efektyviausiai apsaugo mažą atominę masę turinčios medžiagos, pvz. aliuminis.

Dažniausiai gaminami dviejų sluoksnių ekranai. Vidinė ekrano dalis gaminama iš lengvos medžiagos, išorinė – iš sunkesnės. Tai užtikrina patikimą apsaugą nuo β spinduliavimo.

Medžiagos, turinčios didelę atominę masę (švinas, volframas ir t.t.), efektyviausiai sulaiko γ spinduliavimą. Dažnai apsauginių ekranų gamybai naudojamos pigesnės medžiagos – plienas, vario lydiniai, ketus, betonai ir pan. Apžiūros sistemos gaminamos iš skaidrių medžiagų – švinuoto stiklo, stiklo su skystu (bromo, chlorinto cinko) užpildu ir pan. Apsauginiai drabužiai gaminami iš švinuotos gumos.

Apsaugai nuo neutroninės spinduliuotės naudojamos medžiagos, turinčios vandenilio (vanduo, parafinai ir pan.) bei berilis, grafitas ir t.t. Apsaugai nuo neutronų ir γ spindulių naudojami sudėtiniai ekranai, gaminami iš sunkių medžiagų ir vandens, vandeningų ar lengvų medžiagų. Tai – geležis-vanduo, betonai-vanduo, švinas-polietilenas ir t.t.

Jeigu neįmanoma apsaugoti darbuotojų nuo jonizuojančiosios spinduliuotės, būtina kontroliuoti jų buvimo laiką spinduliavimo zonoje.

Radioaktyviosios iškritos po Atominių elektrinių avarijų

Cernobylio AE avarija (1986 m. balandžio 26 d.) – tai 7 lygio (viso 7 lygiai), didžioji avarija, kai suirus branduoliniam reaktoriui į aplinką patenka didelis ilgaamžių ir trumpaamžių izotopų kiekis. Ankstyvoji avarijos fazė – radioaktyviojo jodo periodas. Tarpinė avarijos fazė – ilgaamžiai izotopai. Biologiškai aktyviausi iš jų yra radioaktyvieji ^{137}Cs (cezio, pusamžis 30 metų), ^{90}Sr (stroncio, pusamžis 29 metai) ir ^{239}Pu (plutonio, pusamžis 24390 metų) izotopai. Dėl meteorologinių sąlygų šių radioaktyviųjų medžiagų pernaša buvo tokia, kad Lietuvos dirvožemyje daugiausia padidėjo radioaktyviųjų cezio izotopų – vidutiniškai 4,5 karto. Vėlyvoji (atkuriamoji) fazė tęsiasi nuo tarpinės fazės pabaigos iki tol, kol paskelbiama, kad užterštoje teritorijoje panaikinami visi gyventojų ūkinės ir kt. veiklos apribojimai.

2 lentelėje pateikta Lietuvos Respublikos pastovieji didžiausi leistini maisto produktų ir geriamojo vandens taršos radionuklidais $^{134}, ^{137}\text{Cs}$ ir ^{90}Sr izotopais lygiai.

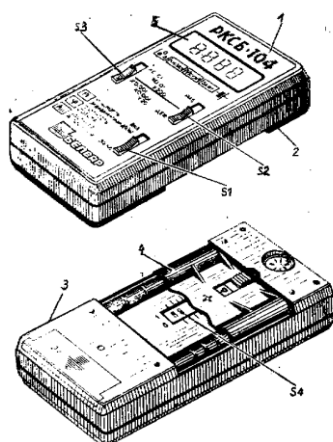
2 lentelė. Lietuvos Respublikos pastovieji didžiausi leistini maisto produktų ir geriamojo vandens taršos radionuklidais $^{134}, ^{137}\text{Cs}$ ir ^{90}Sr izotopais lygiai

Produkto pavadinimas	Savitasis aktyvumas, Bq/kg	
	$^{134}, ^{137}\text{Cs}$	^{90}Sr
Geriamasis vanduo	18,5	3,7
Pienas ir pieno produktai	250	37
Pieno miltai	250	165
Mėsa, kiaušiniai bei jų produktai	370	37
Augaliniai ir gyvuliniai riebalai	185	-
Duona ir duonos kepiniai, miltai, kruopos, cukrus	250	37
Daržovės, žalumynai, kultūrinai bei miško vaisiai ir uogos	250	-
Švieži grybai	600	-
Džiovinėti grybai	3700	-
Arbatžolės (sausos)	1850	
Visų rūšių paruošti specializuoti vaikų maisto produktai	185	3,7

Naudojami prietaisai

Prietaisas PKCB-104 skirtas kontroliuoti radiacinę taršą lauke ir patalpose. Prietaisas atlieka dozometro ir radiometro funkcijas. Prietaisu galima išmatuoti:

- Gama spindulių lygiavertės dozės galią;
 - Beta dalelių srauto tankį, spinduliuojantį nuo objektų paviršiaus;
 - Radionuklido ^{137}Cs (cezio) savitąjį aktyvumą medžiagose.
-
- γ spindulių lygiavertės dozės galios matavimo diapazonas, $\mu\text{Sv/h}$ ($\mu\text{Sv}(\text{mikrosivertas})=10^{-6}\text{Sv}$) **0,1 – 99,99,**
 - β dalelių srauto tankio matavimo diapazonas, $1/(\text{s}\cdot\text{cm}^2)$ **0,1 – 99,99.**
 - radionuklido ^{137}Cs savitojo aktyvumo matavimo diapazonas, Bq/kg **$2\cdot 10^3$ – $2\cdot 10^6$.**
- Matavimo paklaida $\pm 30\%$. Esant temperatūrai nuo 10°C iki 35°C prietaiso PKCB-104 paklaida mažiausia.



2 pav. Prietaisas PKCB-104 jonizuojančiai spinduliutei matuoti: 1 – korpusas; 2 – jungtis išoriniam blokui pajungti; 3 – maitinimo blokas; 4 – nuimama dangtis; 5 – indikatoriaus langas; S1, S2, S3, S4–reguliavimo mygtukai

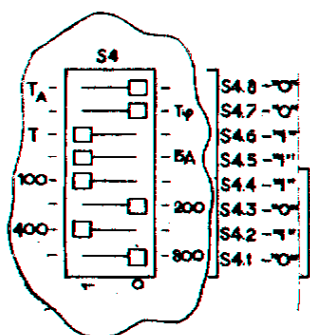
- ' $\dot{H}$ - Gama spindulių lygiavertės dozės galia, $\mu\text{Sv/h}$
- ' Ψ - Beta dalelių srauto tankis, $1/(\text{s}\cdot\text{cm}^2)$
- ' A_m - Radionuklido ^{137}Cs savitasis aktyvumas, Bq/kg

Matavimų atlikimo tvarka

1 užduotis.

Gama spindulių lygiavertės dozės galios matavimas.

Nuimti apatinį dangtį. S4 nustatyti taip, kaip parodyta 3 paveiksle.



S4.1-S4.4 galima nustatyti pagal savo nuožiūra

3 pav. S4 mygtuko reguliatorių padėties matuojant lygiavertės dozės galią.

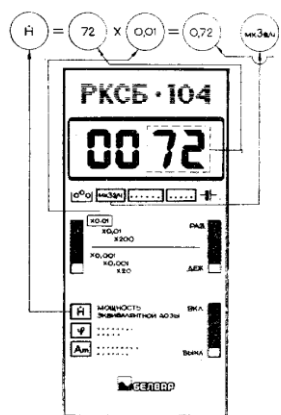
Uždėti apatinį dangtį.

S2 ir S3 nustatyti į padėtį "PAB" ir:

$\times 0,01$	$\times 0,01$	$\times 200$
---------------	---------------	--------------

Nustatyti jungiklį S1 į padėtį "BKJ" – įjungti prietaisą.

Per (27 – 28) s išgirsite garso signalą ir indikatoriaus lange pamatysite raidę "F" ir keturis skaičius. Pavyzdžiui, indikatoriaus lange skaičius 0072. Skaičių 72 reikia padauginti iš 0,01. Gama spindulių lygiavertės dozės galia bus 0,72 $\mu\text{Sv/h}$. Jeigu indikatoriaus lange skaičius 7850, tai, jį padauginus iš 0,01, gauname 78,5 $\mu\text{Sv/h}$ ir t.t.



4 pav. Gama spindulių lygiavertės dozės galios matavimo pavyzdys.

Norint gauti tikslesnį rezultatą, reikia S3 mygtuką nustatyti į padėtį:

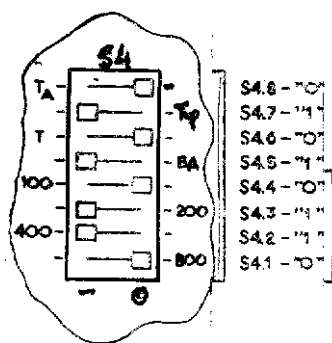
×0,001
×0,001
×20

Pakartuoti matavimus. Matavimo laikas padidės iki (270-280) s. Matavimo rezultatą dauginame iš 0,001. Pavyzdžiui, gavome 0721. 721 padauginus iš 0,001, gauname 0,721 μSv/h. Išjungti prietaisą – “ВЫКЛ”.

2 užduotis.

Beta dalelių srauto tankio, spinduliuojančio nuo objektų paviršiaus matavimas.

Nuimti apatinį dangtį. S4 nustatyti taip, kaip parodyta 5 paveiksle.



S4.1-S4.4 galima nustatyti pagal savo nuožiūra

5 pav. S4 mygtuko reguliatorių padėties matuojant beta dalelių srauto tankį

Uždėti apatinį dangtį.

S2 ir S3 nustatyti į padėtį “РАБ” ir

×0,01
×0,01
×200

Prietaisą atitraukti nuo tiriamojo paviršiaus 110-120 cm atstumu (galima dėti tarp prietaiso ir paviršiaus įpakavimo dėžutę).

Nustatyti jungiklį S1 į padėtį “ВКЛ” – įjungti prietaisą. Maždaug per 18 s išgirsite garso signalą ir indikatoriaus lange pamatysite raidę “F” ir keturis skaičius. Užrašykite prietaiso parodymą (φ_f).

Išjungti prietaisą – “ВЫКЛ”.

Nuimti apatinį dangtį ir laikyti prietaisą virš tiriamojo paviršiaus 1 cm atstumu. Įjungti prietaisą. Užrašyti parodymą (φ_i).

Beta dalelių srauto tankis skaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi = K_I(\varphi_i - \varphi_f), \quad 1/(\text{s} \cdot \text{cm}^2) \quad (9.5)$$

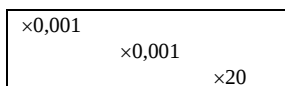
čia K_I – koeficientas, lygus 0,01.

φ_i – prietaiso parodymai su nuimtu dangčiu.

φ_f – prietaiso parodymai, prilygstantys išoriniam gama spinduliavimo radiaciniam fonui.

Norint pereiti prie kitų matavimo vienetų, β -dalelių/(min·cm²), rezultatą reikia padauginti iš 60.

Norint gauti tikslesnį rezultatą, reikia S3 mygtuką nustatyti į padėtį:



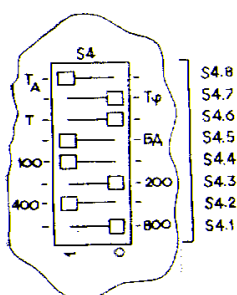
Pakartuoti matavimus. Matavimo laikas padidės iki (175-185) s. $K_I = 0,001$.

Išjungti prietaisą – “БЫКЛ”.

3 užduotis.

Radionuklido ¹³⁷Cs (cezio) savitojo aktyvumo medžiagose matavimas.

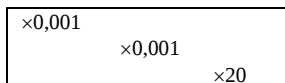
Nuimti apatinį dangtį. S4 nustatyti taip, kaip parodyta 6 paveiksle.



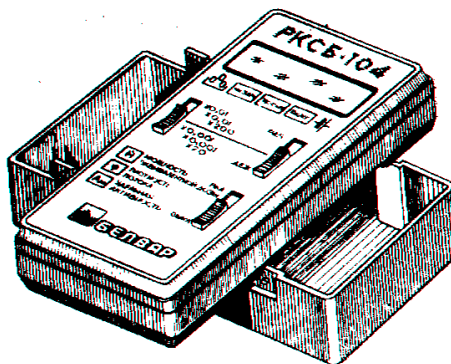
S4.1-S4.4 galima nustatyti pagal savo nuožiūrą

6 pav. S4 mygtuko reguliatorių padėtys matuojant radionuklido ¹³⁷Cs savitąjį aktyvumą medžiagose

S2 ir S3 nustatyti į padėtį “PAB” ir



Užpildyti įpakavimo dėžutę švriu vandeniu. Prietaisą padėti taip, kaip parodyta 7 paveiksle.



7 pav. Prietaiso padėtis matuojant radionuklido ¹³⁷Cs savitąjį aktyvumą medžiagose

Nustatyti jungiklį S1 į padėtį “БКЛ” – įjungti prietaisą.

5 kartus matuoti ir užsirašyti parodymus ($A_{f1}, A_{f2}, A_{f3}, A_{f4}, A_{f5}$). Po kiekvieno matavimo išjungti prietaisą ir vėl įjungti. Užbaigus matuoti išjungti prietaisą.

$$A_f = \frac{A_{f1} + A_{f2} + A_{f3} + A_{f4} + A_{f5}}{5}; \quad (9.6)$$

Išpilti vandenį ir užpildyti dėžutę tiriamąja medžiaga. Prietaisą padėti taip, kaip parodyta 7 paveiksle. 5 kartus matuoti ir užrašyti rezultatus (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5).

$$A_{mat} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{5}; \quad (9.7)$$

Radionuklido ^{137}Cs (cezio) savitasis aktyvumas medžiagoje apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A_m = K_2 (A_{mat} - A_f), \text{ Bq/kg} \quad (9.8)$$

čia K_2 – koeficientas, lygus 20.

Jeigu indikatoriaus lange gaunamas skaičius, o prieš jį yra ženklas “÷”, tai matavimus reikia pakartuoti, nustačius S3 mygtuką į padėtį

×0,01		
	×0,01	
		×200

Šiuo atveju koeficientas K_2 bus lygus 200.

Išjungti prietaisą. Sutvarkyti darbo vietą.

Palyginti gautus rezultatus su Lietuvos Respublikos didžiausiais leistiniais maisto produktų taršos radionuklidu ^{137}Cs izotopu lygiais (2 lentelė).

9 laboratorinio darbo ataskaita

1 užduotis. Gama spindulių lygiavertės dozės galios matavimas.

Gama spindulių lygiavertės dozės galia ____ $\mu\text{Sv/h}$

2 užduotis. Beta dalelių srauto tankio, spinduliuojančio nuo objektų paviršiaus matavimas.

Beta dalelių srauto tankis, spinduliuojantis nuo objekto (nurodyti) paviršiaus $\varphi = K_1 (\varphi_i - \varphi_f) = \text{____ } 1/(\text{s}\cdot\text{cm}^2)$

3 užduotis.

Radionuklido ^{137}Cs (cezio) savitojo aktyvumo medžiagose matavimas.

$$A_f = \frac{A_{f1} + A_{f2} + A_{f3} + A_{f4} + A_{f5}}{5} =$$

$$A_{mat} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{5} =$$

$$A_m = K_2 (A_{mat} - A_f) =$$

Radionuklido ^{137}Cs savitasis aktyvumas medžiagoje (nurodyti medžiagą) ____ Bq/kg
Išvados.

Kontroliniai klausimai

1. Kas yra jonizuojančioji spinduliuotė?
2. Sugertosios, lygiavertės ir ekspozicinės apšvitos dozių matavimo vienetai.
3. Apsauga nuo jonizuojančiosios spinduliuotės.
4. Radioaktyviosios išskyros po Atominių elektrinių avarių.