

14-16 metų

14–16 metų mokiniams skirtos aštuonios pamokos

INFORMACIJA	Jų sudėtyje didėjančia tvarka pateikta techninė informacija apie atomo struktūrą, jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo būdus, jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį žmogaus kūnui ir branduolines jėgaines.
<u>Temos 14–16 metų mokinių grupei yra šios:</u>	
TURINYS	<ul style="list-style-type: none"> * Jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai * Atomai ir jonizuojančioji spinduliuotė * Poveikis žmogaus kūnui * Gamtinių šaltinių skleidžiama jonizuojančioji spinduliuotė * Panaudojimas medicinoje ir kitur * Atominė energija
Pagrindinė ir kita informacija pateikiama techniniame priede. Kiekvienos pamokos pradžioje, pateikiamos nuorodos į skyrių ar į skyrius, kur išdėstyta smulkesnė informacija.	

PAMOKOS V LYGIS	<i>Radioaktyvumas bei kiti jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai</i> Mokymo pasiūlymai 1 Dėstymas 4 Svarbiausi klausimai, užduočių klausimai	<i>Radiacinė apsauga</i> Mokymo pasiūlymai 11 Dėstymas 15 Svarbiausi klausimai; užduočių klausimai
	<i>Jonizuojančioji spinduliuotė ir biologinis jos poveikis</i> 5. Pasiūlymai dėstymui 5. Svarbiausi klausimai 10 Svarbiausi klausimai; užduočių klausimai	<i>Kasdienė jonizuojančioji spinduliuotė</i> Mokymo pasiūlymai 17 Dėstymas 21 Svarbiausi klausimai; užduočių klausimai

	<p><i>Taikymas medicinoje ir stomatologijoje</i> Mokymo pasiūlymai</p> <p>23 Dėstymas 26 Svarbiausi klausimai; užduočių klausimai</p>	<p><i>Atomas ir branduolinė energija</i> Mokymo pasiūlymai</p> <p>33 Dėstymas 39 Svarbiausi klausimai; užduočių klausimai</p>
	<p><i>Kitoks pritaikymas</i> Mokymo pasiūlymai</p> <p>27 Dėstymas 31 Svarbiausi klausimai; užduočių klausimai</p>	<p><i>Branduolinė energija ir aplinka</i> Mokymo pasiūlymai</p> <p>41 Dėstymas 44 Svarbiausi klausimai; užduočių klausimai</p>

VERTINIMAS	<p>Išdėstę visas šio lygio pamokas galėsite patikrinti ką vaikai išmoko: pateikite jiems dar vieną užduotį - paprašykite jų parašyti rašinį vienos iš pamokų tema. Kad tą padarytų, jie turės perskaityti ką nors papildomai ar pasikalbėti su tuo, kas išmano šią temą.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Vaikai privalo įsitikinti faktų teisingumu * Susidaryti aiškia nuomonę <p>Šio lygio pamokose galima nurodyti atitinkamas vaizdajuostes ir knygas. Šios knygos ir vaizdajuostės paminėtos ir kurso pabaigoje drauge su adresais, kuriais jas galima būti užsisakyti.</p>
-------------------	---

Radioaktyvumas ir kiti jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai

TIKSLAI

Pamokos pabaigoje mokinys:

- * Įsisąmonina, kad kai kurios medžiagos yra radioaktyvios ir skleidžia jonizuojančią spinduliuotę;
- * Suvokia skirtumą tarp jonizuojančiosios spinduliuotės, sklindančios iš gamtinių ir žmogaus rankomis sukurtų šaltinių;
- * Sužino vidutinę jonizuojančios spinduliuotės dozę, sklindančią iš gamtinių ir žmogaus rankomis sukurtų šaltinių;
- * Gali pateikti keletą pavyzdžių jonizuojančios spinduliuotės, sklindančios iš gamtinių ir žmogaus sukurtų šaltinių.

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ

50 minučių

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

1 skyrius: Istorinis įvadas

3 skyrius: Nejonizuojančioji spinduliuotė

8 skyrius: Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės

TECHNINIAI PASIŪLYMAI

0) Rengiantis šiai pamokai:

- * Be techninių priedų, perskaitykite Europos Bendrijos spaudinį “Spinduliuotė ir tu”, parašytą Peterio Saunderso.
- * Gaukite ir peržiūrėkite vaizdajuostę “Spinduliuotė: kilmė ir kontrolė”- Trevor Moseley, CEC, 201/8

0) Padarykite trumpą įžangą, pagrįstą 1 pamokos teksto pirmąja pastraipa. Patikrinkite klasės žinių lygį, paprašykite pateikti pavyzdžių apie jonizuojančią spinduliuotę, sklindančią iš gamtinių ar žmogaus sukurtų šaltinių, išskirkite tuos, kurie yra vidiniai ir išoriniai mūsų kūnų atžvilgiu.

1) Parodykite vaizdajuostę “Spinduliuotė: kilmė ir kontrolė”.

2) Suteikite klasei galimybę užduoti klausimų.

3) Suskirstykite klasę į mažesnes grupes ir paprašykite, kad mokiniai perskaitytų tekstą. Jei trūksta laiko, pirmą dalį jie gali praleisti. Pabaigoje mokiniai turi

- sudaryti lentelę - pažymėti jonizuojančiąją spinduliuotę, sklindančią iš gamtinių ir žmogaus rankomis sukurtų šaltinių. Nedrauskite jiems šnekėtis tarpusavyje. Nesakykite jiems, koks turėtų būti lentelės maketas (Žr. pirmąją užduotį žemiau).
- 4) Grupės, kurios dirba sparčiau gali imtis daugiau nei vienos iš trijų užduočių.
- 5) Aptarkite rezultatus klasėje. Atkreipkite dėmesį į pagrindinius klausimus.

UŽDUOČIŲ KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI

1. Sudaryti lentelę, apibendrinančią pagrindinius teksto klausimus.

Natūrali Išorinė (spinduliuotė, esanti išorėje mūsų kūnų atžvilgiu)	Skurta žmogaus rankomis
--	-------------------------

Saulė ir kosmosas
Žemė (gama aktyvumas)
Statybinės medžiagos
Vidinė (spinduliuotė mūsų kūno viduje)
Radonas ir toris
Maisto radioaktyvumas

Medicinos: rentgeno
spinduliuotė
Atominės elektrinės

Branduolinė medicina
Krituliai
Atominės elektrinės
Pramonė

2. Taikydami 1 piešinio informaciją, nubraižykite skritulinę diagramą, vaizduojančią vidutinę metinės spinduliuotės dozę. Sužinokite bendrą procentinį jos kiekį - sudėkite spinduliuotės dozes, kurias mes gauname iš gamtinių ir žmogaus sukurtų šaltinių, ir įrašykite duomenis į diagramą.

3. Surašykite spinduliuotės šaltinius, kurie naudojami kasdiniame gyvenime. Ar jus stebina toks skaičius? Ko tikėjotės?
Žr. 4, 5 ir 6 pamokas apie natūralius ir žmogaus sukurtus šaltinius.

4. Parinkite iš laikraščių ir žurnalų straipsnius, kuriuose paminėta spinduliuotė ir radioaktyvumas. Koks procentas šių straipsnių teigiamai mini ir spinduliuotę? Ar sutinkate su juose dėstoma nuomone?

1 PAMOKA

Jonizuojančioji spinduliuote ir radioaktyviosios medžiagos kelia rūpestį žmonėms, kuriuos ypač jaudina branduoliniai reaktoriai bei juose susidarančios radioaktyviosios atliekos. Šios pamokos skirtos tam, kad jūs susidarytumėte savo nuomonę apie energiją ir daugelį kitų žmogaus sukurtų šaltinių, skleidžiančių jonizuojančiąją spinduliuotę bei radioaktyvias medžiagas.

14-16 metų

1

Radioaktyvumas ir kiti jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai

JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS ISTORIJA

Kosminė spinduliuotė Nuo pačių seniausių laikų žmogus susidūria su spinduliuote. Pavyzdžiui, su saulės šviesa, matoma saulės šviesa, skleidžiančia nematomus spindulius, vadinamus ultravioletine ir infraraudonąja spinduliuote. Jis susiduria su kitomis nematomos spinduliuotės formomis, pasiekiančiomis mus iš kosmoso erdvės ir Saulės, vadinamomis *kosmine spinduliuote*. Šiai spinduliuotei būdinga didelė energija, galinti prasiskverbti pro storiausius uolienos sluoksnius. Žemės paviršiuje žmogus niekur negali pasislėpti nuo kosminės spinduliuotės. Ši energinė spinduliuotė gali sąlygoti tam tikrus elektrinius pokyčius bet kuriame kūne, pro kurį prasiskverbai, ir tuomet ją vadiname *jonizuojančiąja spinduliuote*. Egzistuoja ir kitokie jonizuojančiosios spinduliuotės tipai, kurių šaltinis gali būti žemėje slypinčios radioaktyviosios medžiagos. Šį pavadinimą sukūrė Marija Kiur, 1898 metais atradusi radį. *Radioaktyvumas* yra natūrali savybė atomų, iš kurių susideda Žemė.

Jonizuojančioji spinduliuotė

Radioaktyvumas

Rentgeno spinduliuotė

Pirmąją jonizuojančiosios spinduliuotės rūšį 1895 metais atrado Wilhelmas Roentgenas savo sukonstruotu aparatu. Jis nustatė, kad tame aparate aukštos įtampos sąlygomis elektronai „bombarduoja“ plokštelę stiklinio vamzdžio viduje. Atrastąjį reiškinį Roentgenas pavadino X spinduliais. Jis įrodė, kad tie spinduliai gali persmelkti žmogaus kūną, ir fotografinėje plokštelėje išgavo šešėlinį kaulų atvaizdą. Rentgeno spindulius netrukus pradėta taikyti medicinoje, tačiau netrukus daugelis gydytojų ir radiologų pradėjo sirgti. Tuomet buvo aptiktas kenksmingas pernelyg didelio jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis.

Tarptautinė radiologinės saugos komisija

Dabar jau žinome, kad šis poveikis atsiranda dėl jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltų medžiagų elektrinių pokyčių. Siekdami išspręsti šią problemą, 1928 metais radiologai įkūrė Tarptautinę radiologinės saugos komisiją (International Commission on Radiological Protection (ICRP)). ICRP nustatė būdus apšvitos dozei apibūdinti ir rekomendavo maksimalią dozę ypatingais šios spinduliuotės taikymo atvejais, kad be didelės rizikos gūtų galima pasinaudoti jos nauda.

Jonizuojančiajai spinduliuotei tenka svarbus vaidmuo tiriant atomą. Tirdami ją Oto Hanas ir Fridrichas Štrasmanas 1938 metais pirmieji suskaldė atomą. Po to, kai virš Japonijos 1945 metais buvo susprogdinta pirmoji atominė bomba, atsirado nauja grupė žmonių, gavusių dideles apšvitos dozes. Visame pasaulyje iškrito radioaktyviųjų kritulių. Daugelį tų kritulių sukėlė atominių bombų sprogdinimai atmosferoje, tęšėsi iki 1980 metų.

Pirmąjį branduolinį reaktorių 1942 metais sukūrė Enrico Fermis, o elektros energija pirmą kartą išgauta 1951 metais, suskaldžius atomą eksperimentiniame reaktoriuje JAV. Branduolinė energetika labai sparčiai vystėsi ir 1957 metais įkurta „Euratom“ organizacija. 1986 metais įvykus katastrofai Ukrainos Černobylio atominėje elektrinėje, didelis žmonių skaičius gavo didžiules spinduliuotės dozes. Po pasaulį pasklido dar daugiau radioaktyviųjų medžiagų iškritų, ir vėl gimė senoji jonizuojančiosios spinduliuotės baimė.

ŽMOGAUS SPINDULIUOTĖS DOZĖ

Jonizuojančioji spinduliuotė įprastinė mūsų aplinkos dalis. Apskaičiavę sugeriamą spinduliuotės energiją galime nustatyti dozę, gautą iš bet kurio jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio. Didžioji mūsų spinduliuotės dozė gaunama iš natūralių, gamtinių šaltinių, tarp jų kosminės spinduliuotės iš Saulės ir kosmoso erdvės bei spinduliuotės, kurią spinduliuoja esantys žemėje radioaktyvieji atomai.

RADONAS

Svarbiausias radioaktyvusis elementas arba radionuklidas yra radonas. Šios dujos patenka į orą iš gamtinių urano telkinių žemėje ir susikaupia pastatuose, kur jo ir įkvepiame. Radioaktyviosios medžiagos mūsų kūnų viduje laikomos vidiniu šaltiniu. Radonas teikia mums didžiąją spinduliuotės dozę. Ypač daug jo yra tose vietovėse kur uolienos labai radioaktyvios, pavyzdžiui, Kornvalyje.

KALIS

Mūsų kūnuose yra natūralaus radioaktyviojo kalio - mes jį gauname su maistu. Ši radioaktyvioji medžiaga mūsų kūnuose taip pat yra vidinis jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis, toji jos dozė paprastai būna mažesnė nei gaunama iš radono.

KOSMOSO SPINDULIUOTĖ

Kai skrendame lėktuvu labai aukštai, juntame intensyvesnę kosminę spinduliuotę. Kadangi šaltinis yra išorinis, gaunama dozė priklauso nuo skrydžio trukmės.

RENTGENO SPINDULIUOTĖ

Spinduliuotė, gaunama iš medicinos rentgeno aparatų, sudaro nemažą mūsų gaunamos spinduliuotės dalį, nors šiuo atveju ji sklinda iš rentgeno aparato, esančio išorėje mūsų kūno atžvilgiu, tad aparatą išjungus spinduliuotė nutrūksta.

Dėl vis aktyvesnio radioaktyviųjų medžiagų naudojimo žmonijos reikmėms tenkinti į mūsų kūnus patenka vis didesnis radioaktyviųjų medžiagų kiekis. Daugiausia radioaktyviųjų medžiagų naudojama medicinos reikmėms. Gerokai mažesnę dalį gauname su radioaktyviaisiais krituliais, atsirandančiais dėl branduolinių bombų bandymų atmosferoje. 1986 metais įvykusi nelaimė Černobylio atominėje jėgainėje dar labiau padidino radioaktyviųjų kritulių kiekį. Jų kiekis kasmet, nors ir nedaug, pagausėja dėl atominių elektrinių veiklos. Apibendrinus galima teigti, kad jonizuojančiosios spinduliuotės dozė gali sudaryti gamtinės ar žmogaus sukurtos radioaktyviosios medžiagos ir spinduliavimo šaltinis gali būti vidinis ar išorinis mūsų kūnų atžvilgiu. Žemiau pateikta lentelė procentais rodo vidutinę spinduliuotės kiekį, kurį gauna Europos gyventojai.

- Radonas iš žemės
- Apšvita iš maisto ir gėrimų
- Apšvita iš žemės ir pastatų
- Kosminė spinduliuotė
- Medicinos mokslas

---- Dėl atominių elektrinių veiklos ir ginkluotės naudojimo atsiradusios iškritos darbe ir namuose

14–16 METŲ

Vidutinės spinduliuotės dozės gaunamos Europoje, pasiskirstymas

ŠALTINIS %

Įkvepiamas radonas iš žemės (vidinis) 51
Gama spinduliuotė iš žemės ir pastatų (išorinis) 14
Radioaktyviosios medžiagos maiste ir gėrimuose (vidinis) 12
Kosminė spinduliuotė (išorinis) 10
Medicinos mokslas 12
Atominių elektrinių ir ginkluotės naudojimo sukeltos iškritos spinduliuotės dozės darbe ir namuose 1

14–16 METŲ

SVARBIAUSI KLAUSIMAI

- Žmogų spinduliuotė veikia nuo neatmenamų laikų.
- Jonizuojančioji spinduliuotė sukelia elektrinius pokyčius bet kurioje medžiagoje, per kurią prasiskverbia.
- Jonizuojančioji spinduliuotė atsiranda daugiausia iš dviejų tipų šaltinių, gamtinių ir žmogaus sukurtų; dozė gali būti gaunama iš vidinio (kūno viduje) ir išorinio (kūno

išorėje) šaltinio.

- Radioaktyvumas - natūrali atomų savybė.
- Apie 87% dozės gaunama iš gamtinių šaltinių ir tik 13% - iš žmogaus sukurtųjų.
- Rentgeno spinduliuotė labai efektyviai buvo pritaikyta medicinos reikmėms.

KLAUSIMAI

1. Sudarykite lentelę, apibendrinančią pagrindines temas.
2. Nubraižykite skritulinę diagramą, rodančią vidutinišką procentinį metinės spinduliuotės dozės pasiskirstymą. Naudodamiesi 3 puslapyje pavaizduota skrituline diagrama, Sudėkite spinduliuotės dozes, kurias per metus gauname iš gamtinių ir žmogaus sukurtų šaltinių, ir bendrą jų procentą įrašykite į diagramą.
3. Parenkite sąrašą spinduliuotės šaltinių naudojamų kasdieniame gyvenime. Ar stebina jų skaičius? Ko jūs tikėjotės?
4. Surinkite laikraščių ir žurnalų straipsnius, kuriuose minima jonizuojančioji spinduliuotė ir radioaktyviosios medžiagos. Koks procentas straipsnių palankiai vaizduoja jonizuojančiosios spinduliuotės ir radioaktyviųjų medžiagų taikymą? Ar sutinkate su tuo?

14–16 METŲ

Jonizuojančioji spinduliuotė ir biologinis jos poveikis

TIKSLAI

Pamokos pabaigoje mokinys gali:

- Išvardyti keturius jonizuojančiosios spinduliuotės tipus
- Remdamasis paprastais pavyzdžiais gali paaiškinti pusinio skilimo laikotarpio sąvoką.
- Gali nubraižyti ląstelės struktūrą ir išvardyti pagrindines jos dalis.

Gali nurodyti skirtumą tarp ankstyvojo ir ilgalaikio jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio žmonėms.

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ
60 minučių (ar 2 x 30 minučių)

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

4 skyrius: Radioaktyviosios medžiagos ir jonizuojančioji spinduliuotė

5 skyrius: Biologinis spinduliuotės poveikis

TECHNINIAI PASIŪLYMAI

0) Ruošiantis šiai pamokai:

- * Mokantis skyrių svarbu pasitelkti garso ir vaizdo medžiagą ir radioaktyviųjų medžiagų demonstravimo komplektais, kadangi tema sudėtinga. Jei turite Geigerio-Miulerio skaitiklį su langeliu gale, galima parodyti, kaip jonizuojančios spinduliuotės skverbiasi per orą, aliuminį ir šviną. Jei tinkamo radioaktyviojo šaltinio nėra galima pasinaudoti dujomis. Šiomis medžiagomis naudokitės atsargiai!
- * Prieš pamoką peržiūrėkite vaizdajuostę “Spinduliuotė: tipai ir poveikis”, parengtą Donald Hughes, CEC Nr. 201/7, 1989. Šią juostą galima panaudoti 3 pamokoje.

- 0) Padarykite trumpą išangą, pagrįstą primąja teksto pastraipa “Jonizuojančioji spinduliuotė ir biologinis jos poveikis.”
- 1) Parodykite vaizdajuostę “Spinduliuotės tipai ir poveikis”.
- 2) Atsakykite į visus mokinių užduotus klausimus.
- 3) Padalykite tekstą į dvi dalis: Spinduliuotės tipai, jonizacija ir radioaktyviosios medžiagos – viena dalis, žmogaus biologija - kita. Paprašykite kiekvieno mokinio perskaityti vieną iš šių dalių ir pateikite jam reikiamus klausimus-užduotis.

1 dalis: psl.

Klausimai/užd.: 1,2

2 dalis: psl.....

Klausimai/užd.: 3,4,5,6

4) Mokiniai pasikeičia informacija: apie spinduliuotės tipus, jų skvarbos galimybes (kaip pademonstruota su Geigerio-Miulerio skaitikliu), pusperiodžio sąvoką, tam tikrą biologinį jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį, spinduliuotės dozę, išreikštą grėjais ir sivertais. Gali prireikti jūsų pagalbos, - pavyzdžiui, apibrėžiant pusperiodžio sąvoką. Pusperiodžio sąvoka apibūdina tokią padėtį, kai kiekybinių pokyčio greitis atitinka gaunamą kiekybę. Tą galima pavaizduoti šitaip:

- a) Vandens tekėjimo greitis per skylę butelio dugne mažėja lašant vandens lašams. Laikotarpis, per kurį išlaša pusė lygio yra toks pat vertinant visus lygius.
- b) Meskite šimtą žaidimo kauliukų ir pašalinkite kiekvieną kauliuką, nukritusį 6 (šešetuku) žemyn (sakykim, kad jis suyra arba sunaikinamas), užrašykite likusių kauliukų skaičių ir meskite juos dar sykį, vėl užsirašykite jų skaičių ir tęskite šiuos veiksmus, kol liks tik 5 kauliukai. Nubraižykite diagramą, vaizduojančią, kaip mažėjo kauliukų skaičius

sulig metimais. Pusperiodis yra metimų skaičius, būtinas tam, kad juos pradinis kauliukų skaičius sumažėtų iki pusės.

UŽDUOČIŲ KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI

1. Paruoškite trijų spinduliuotės tipų sąrašą - pradėkite jį nuo svarbiausio ir taip toliau. Jei galima, patikrinkite duomenis naudodami radioaktyviųjų medžiagų demonstravimo komplektą.

Gama spinduliuotė, beta spinduliuotė, alfa spinduliuotė (kai kurie neutronai labai skvarbūs)

2. Šimtas radionuklido, radono – 222, atomų uždaramė butelyje. Kiek radono atomų liks po vieno pusperiodžio - 3,82 dienų? Ir kiek dar po 3,82 dienos?

Apie 50, apie 25.

3. Nubraižykite ląstelės ir jos dalių diagramą.

4. Kaip galima išvengti ankstyvojo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio?

Stebėti, kad gaunamos dozės būtų mažesnės nei Geigerio slenkstis - apie 0,1 grėjaus (apie 0,1 Sv ar 100mSv), suskaidyti ekspozicijos laiką.

5. Ką gali sukelti per ilgai trunkąs jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis ir kaip galima jį sumažinti?

Toks poveikis gali sukelti vėžį ir turėti įtakos paveldimumui. Jis gali būti sumažintas sumažinus gaunamą dozę.

6. Sugertos dozės vienetas yra grėjus, apibrėžiamas kaip 1

džaulis kilogramui. Kokią energiją sugeria žmogus, sveriantis 70 kilogramų, jei visa kūno sugerta dozė yra 3 grėjai? *Energija apskaičiuojama: $70 \times 3 = 210$ džaulių. Poveikis gali būti mirtinas.*

2 PAMOKA

Spinduliuotė, kurią skleidžia radioaktyvūs šaltiniai, susidaro dėl branduolio skilimo arba transformacijos. Daugiau apie tai sužinosime 7 skyriuje. Taip pat sužinosime, kad atomas turi iš protonų ir neutronų sudarytą branduolį, kurį supa elektronų debesis, kurie dalyvauja visose cheminėse reakcijose. Duosime kiekvienam atomui tinkamą pavadinimą ir numerį, apibūdinantį jo branduolio dydį. Tai svarbu, kadangi kuo sunkesnis branduolys, tuo jis labiau linkęs skilti ir transformuotis.

14-16 METŲ

5

Jonizuojančioji spinduliuotė ir biologinis jos poveikis

Radis Išymusis elementas, atrastas ponios Kiuri ir vadinamas *radžiu*, yra blizgantis baltas metalas. Radžio branduolio dydis nusakomas skaičiumi 226. Yra žymėtasis radis-226 - jis yra svarbiausias, kadangi yra radioaktyvus ir transformuojasi į radioaktyvias dujas, radoną.

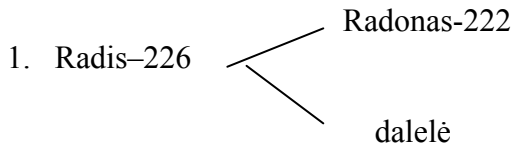
JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS TIPAI

Radis-226 spinduliuoja:

- Alfa daleles:

Didelę branduolio atplaišą, sudarytą iš dviejų neutronų ir dviejų protonų.

Alfa dalelių spinduliuotė

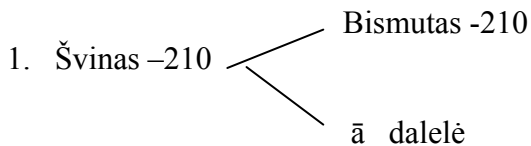


Švinas-210, giminingas radžiui-226, spinduliuoja:

- Beta daleles:

Neigiamo krūvio elektroną - branduolio.

Beta dalelių spinduliuotė

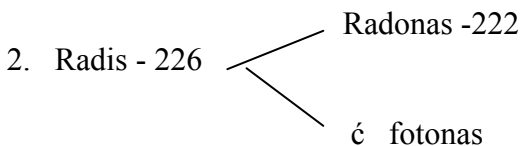


Bet radis-226 taip pat spinduliuoja:

Gama spinduliuotę

Tai elektromagnetinė spinduliuotė, perteklinės branduolio energijos porcija ar fotonas.

Gama kvanto spinduliavimas



Kad pateiktume visą spinduliuotės tipų sąrašą, privalome pridėti rentgeno spinduliuotę ir neutronus.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rentgeno spinduliai yra žmogaus sukurta elektromagnetinė spinduliuotė, kurią sukelia elektronai, atsimušę į metalinį taikinį. Elektronai reaguoja su elektronais atomo apvalkale, dėl to kinta jų energijos kiekis ir spinduliuojami rentgeno spinduliai. ▪ Neutronai spinduliuojami, kai sunkus branduolys suskyla į dvi dalis. Tai skilimo procesas, kurį 1938 metais atrado Oto Hanas ir Fridrichas Štrasmanas ir kurį aprašome 7 pamokoje. 	<p>Rentgeno spinduliuotė</p> <p>Neutronai</p>
<p>JONIZACIJA Didžiausia tikimybė, kad, dalelei ar gama kvantui atsimušus į kitą atomą, įvyksta jų ir elektrono išorinio apvalkalo sąveika. Jei elektronas išmušamas, atomas praranda neigiamą krūvį ir sakoma, kad jis jonizuojamas. Dėl tuščios vietos išoriniame apvalkale atomas pasidaro chemiškai aktyvus. Jie cheminė reakcija vyksta gyvoje ląstelėje, ji greičiausiai pakenkia ląstelei ir taip sukelia nepageidaujamą biologinį poveikį. Dėl galimos jonizacijos ir biologinio poveikio ir taikomos atsargumo priemonės - jų imamės saugodamiesi bet kokio tipo jonizuojančiosios spinduliuotės.</p>	

Vandens molekulės jonizacija

Prasiskverbimo gylis Žinome, kad jonizuojančioji spinduliuotė skverbiasi gilyn. Kai kuriais atvejais ji gali prasismelkti per kietus kūnus, tokius kaip metalą.

Būdingas *prasiskverbimo gylis* pateikiamas žemiau.

Alfa dalelės – iki 5 cm oro. Labai sunki spinduliuotė

Beta spinduliuotė - iki 1 centimetro aliuminio. Įsismelkia per odą ir sukelia nudegimus.

Gama spinduliuotė - iki keleto metrų betono. Paveikia visus kūno organus.

Skirtingų jonizacijos tipų skvarba

RADIOAKTYVIOSIOS MEDŽIAGOS

Radionuklidai Ties atomai, kurių branduoliai nestabilūs, vadinami radionuklidais. Jie skyla ir transformuojasi į kitus nuklidus - paprastai kitas elementas su skirtingomis cheminėmis savybėmis. Šiems labai nestabiliems radionuklidams būdingas didelis skilimo greitis, o stabilesniems - mažas *skilimo greitis*. Šiuo greičiu vadinamu aktyvumu, galime apibūdinti radionuklidų kiekį. Tokiu būdu lengva aptikti spindulius, pasklindančius transformacijos metu. Tai gali atrodyti keista: tarsi nustatytume vaikų skaičių klasėje iš jų keliamo triukšmo! Aktyvumo vienetas vadinamas *bekereliu*, (Bq) ir yra lygus vienai transformacijai per sekundę.

Skilimo greitis

bekerelis Pusinio skilimo laikotarpis vadinamas laikas būtinas, kad suskiltų pusė radionuklidų; stabilesniems radionuklidams būdingas ilgas pusinio skilimo laikotarpis. Šio laikotarpio negalima pakeisti nei kaitinant, nei cheminėmis reakcijomis. Čia pateikiama keletas pusinio skilimo laikotarpių pavyzdžių:

Pusperiodis

Technecis-99m	6 valandos
Radonas-222	3,82 dienu
Jodas-131	8 dienos
Kobaltas-60	5,2 metų
Švinas-210	22,3 metų
Radis-226	1600 metų
Anglis-4	5739 metai
Uranas-235	700,000,000 metų

8 dienu pusperiodžio radionuklidų suirimas

ŽMOGAUS BIOLOGIJA

Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo to, kokius organus ji apšvitina. Apšvitintų organų ir audinių ląstelės reaguoja į jonizuojančiąją spinduliuotę - tai ir yra biologinis spinduliuotės poveikis. Tipiškoje ląstelėje, pavaizduotoje žemiau, parodyta ląstelės sienelė, arba membrana, citoplazma ir branduolys. Ląstelės branduolyje yra genetinių komponentų, chromosomų, o šiose - DNR molekulių. DNR molekulės neša informaciją - ląstelės biologinius nurodymus dukterinėms ląstelėms. Jei DNR molekulės pažeis jonizuojančioji spinduliuotė, dukterinė ląstelė greičiausiai bus beviltiškai sužalota arba žus. Kai kuriais ląstelių pažeidimo atvejais gali kilti vėžys. Gemalinės ląstelės DNR pažeidimas gali būti perduotas ateities kartoms.

Ląstelė
Ląstelės sienelė
Branduolys
Citoplazma

Chromosomų pora
DNR

Pagrindinė suktoji struktūra

Dydis: 2 nanometrų skersmens

Žmogaus ląstelės struktūra

14-16 METŲ

ANKSTYVASIS JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS POVEIKIS

Grėjus

Kai peržengiama tam tikra riba, ankstyvasis žalingas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis audiniams yra proporcingas sugertos spinduliuotės energijos kiekiui. Sugertos energijos kiekis atitinka sugertos spinduliuotės dozę, kurios matavimo vienetas yra grėjus. Žalos laipsnis priklauso nuo spinduliuotės tipo ir audinio. Jei per trumpą laikotarpį gauta dozė didesnė nei 0,5 grėjaus, per du ar tris mėnesius gali atsirasti pasekmės, vadinamos ankstyvaisiais reiškiniais. Tai - vadinamasis deterministinis žuvusiųjų ląstelių poveikis (ne visada esti ankstyvasis). Be kita ko, sutrinka apšvitinto žmogaus virškinimo sistema: žmones daugelį valandų kamuoja vėmimas. Be to, gali nukentėti kraujo sistema ir parausti oda. Pagal odos reakciją pirmieji radiologai vertindavo apšvitos poveikio lygį. Galimas kitokio pobūdžiui poveikis - nuo 3-5 grėjų dozės apie 50% apšvitintų žmonių gali būti mirtinos. Šių ankstyvųjų reiškinų išvengiama, jei 0,1 grėjaus dozė (gerokai žemiau Grėjaus slenksčio) arba dozė pasiskirsto tolygiai per kelias savaites ar mėnesius, ir ląstelės spėja atsigausti.

Deterministinis poveikis

VĒLYVIEJI JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĒS POVEIKIO REIŠKINIAI

Stochastinis poveikis

Jeigu žmogaus audiniai smarkiai apšvitinti, net ir išvengus ankstyvųjų reiškinų, tikėtina, kad ir po daugelio metų nuo apšvitinimo gali atsirasti, populiariai tariant, vėlyvieji reiškiniai, tai vadinamasis stochastinis poveikis. Ši jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį galima numatyti, jis kiek padidina ligų pasireiškimo galimybę. Mažos dozės poveikio neįmanoma nustatyti. Chromosomų DNR pažeidimas gali turėti įtakos paveldėjimui, taigi ir ateities kartoms.

Stochastinis efektas aptiktas tarp išgyvenusiujų po atominio bombardavimo Japonijoje. Šie žmonės per labai trumpą laiką gavo apie 1 grėjaus jonizuojančiosios spinduliuotės dozę. Sunkiausias vėlyvojo poveikio pasireiškimo rezultatas būna vėžys, kadangi ši liga dažnai esti mirtina. Galimybė, kad žmonėms, gavusiems apie 1 grėjaus dozę, išsivystys vėžys yra nedidelė, ji reali apie 7 metus, po apšvitinimo jonizuojančiąja spinduliuote - tiek laiko vystosi liga. Profesionalai dirbantys radiacinės saugos srityje mano, kad visos, net ir mažos, jonizuojančiosios radiacijos dozė gali sukelti šią ligą. Taigi, nors jonizuojančiąja spinduliuote apšvitinamas didžiulis žmonių skaičius - pavyzdžiui, iš aplinkos radioaktyviųjų medžiagų, - labai maža tikimybė, kad jie gaus visą jonizuojančiosios spinduliuotės dozę. Reikia stengtis, kad bendra spinduliuotės dozė būtų kuo mažesnė.

Tokių pačių nuostatų laikomasi siekiant sumažinti galimą poveikį paveldėjimui ateities kartoms. Faktiškai, nėra duomenų apie tokį poveikį žmonių tarpe. Antra vertus, žinoma, kad vaisius gimdoje jonizuojančiosios spinduliuotės lengvai pažeidžiamas - pavojus yra labai didelis kai kuriose nėštumo stadijose. Dėl šios priežasties labai stengiamasi, kad vaisius išvengtų radioaktyviojo apšvitinimo.

JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS DOZĖ

Deterministinio jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio galima išvengti, jei sugertasis jos kiekis yra mažesnis už tam tikrą lygį. Sugertąja doze išreiškiamas sugertas spinduliuotės energijos kiekis. Siekiant užkirsti kelią radiacinio poveikio stochastiniam efektui, taip pat būtina žinoti spinduliuotės tipą ir kokį organą ji pažeidė.

Sugerti alfa spinduliai sukuria koncentruotą jonizaciją audiniuose - jų poveikis apie 20 kartų sunkesnis negu tos pačios gama spindulių dozės, nes jos spinduliai pasklinda virš audinių.

Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis apšvitinto žmogaus plaučiams yra 10 kartų kenksmingesnis negu tokia pačia doze apšvitintai odai. Tą apskaičiuojame padauginę dozę iš svorinio audinių jautrio daugiklio - jų sandauga proporcinga poveikiui. Koreguotų dozių suma vadinama efektyvine doze. Šis kiekis matuojamas nauju vienetu, vadinamu sivertu (Sv). Daugelis apšvitinimu apibūdinami tik nedidele siverto dalimi, vadinama milisivertu (1/ 1000 siverto, mSv) arba mikrosivertu (1/1 000 000, gSv) - taip patogiau išreikšti šiuos dydžius.

sivertas

IŠORINĖS IR VIDINĖS DOZĖS

Jau išsiaiškinome, kad kai kurios jonizuojančiosios spinduliuotės dozės kūno atžvilgiu yra išorinės - pavyzdžiui, kosminė spinduliuotė, sklindanti iš Saulės. Kitos dozės gaunamos iš radioaktyviųjų šaltinių, esančių kūno viduje, - tai radioaktyviosios medžiagos, patenkančios į plaučius įkvėpus radono. Vidiniai šaltiniai juda kūno viduje ir gali keisti savo vietą valgant, geriant ar įkvėpiant radioaktyviųjų medžiagų. Dozė, kurią mes gauname iš visų šių labai skirtingų šaltinių išreiškiamu pačiu vienetu, sivertu, tačiau nuo to turime apsisaugoti skirtingais būdais.

PAGRINDINIAI MOMENTAI

- Radioaktyvusis skilimas yra branduolyje vykstantis virsmas.
- Yra keturios spinduliuotės rūšys.
- Ši spinduliuotė vadinama jonizuojančiąja, yra energinė, ji gali išmušti elektronus iš atomų.
- Atomui su labai nestabiliu branduoliu būdingas labai trumpas skilimo pusperiodis.
- Jonizuojančioji spinduliuotė gali sukelti biologinius ląstelių ir organų pokyčius.

- Apšvitintiems žmonėms spinduliuotė gali sukelti deterministinį arba stochastinį efektą.
- Spinduliuotės dozė išreiškiama sugertąja doze, grėjais arba veikliaja doze - sivertais.

KLAUSIMAI

1. Sudarykite trijų jonizuojančiosios spinduliuotės tipų sąrašą, pradėkite jį nuo skvarbiausios. Jei įmanoma, patikrinkite jo teisingumą naudodamiesi radioaktyviųjų medžiagų demonstravimo komplektu.
2. Šimtas radionuklido, radono-222 atomų, uždaryti hermetiškame butelyje. Kiek radono atomų liks praėjus vienam pusperiodžiui - po 3,82 dienų? Kiek dar po 3,82 dienų?
3. Nubraižykite ląstelės ir jos dalių diagramą.
4. Kaip galima išvengti ankstyvojo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio?
5. Ką gali sukelti uždelstas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis ir kaip galima jį sumažinti?
6. Sugertos dozės vienetas yra grėjus, apibrėžiamas kaip 1 džaulis kilogramui kūno svorio. Kokią energiją sugeria žmogus, sveriantis 70 kilogramų, jei visa kūno sugerta dozė yra 3 grėjai?

14-16 METŲ

Radiacinė sauga

TIKSLAI

Pamokos pabaigoje mokinys:

- Gali palyginti jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitos keliamą pavojų su kitais pavojais namuose ar pramonėje.
- Gali apibūdinti kai kuriuos apsaugos nuo (vidinių, tiek išorinių šaltinių) spinduliuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės metodus.

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ
60 minučių (ar 2 x 30 minučių)

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

6 skyrius: Apsauga nuo jonizuojančiosios spinduliuotės

TECHNINIAI PASIŪLYMAI

0) Rengdamiesi šiai pamokai:

- * Galite paeržiūrėti tą pačią vaizdajuostę kaip ir 2 pamokoje („Radiacija: tipai ir poveikis“).
- 0) Trumpą įžanginę kalbą skirkite radiacinės saugos poreikiams. Išsiaiškinkite, ką mokiniai jau žino ta tema.
- 1) Vėl galite parodyti vaizdajuostę “Spinduliuotė: tipai ir poveikis”. ICRP teigia, kad apšvita kelia didesnę pavojų, negu pavaizduota vaizdajuostėje. Paaiškinkite, ar tuomet, jei apšvitos pavojus gali būti įvertintas efektinės dozės vienetu sivertu, jonizuojančioji spinduliuotė yra vien pavojus?
- 2) Suteikite vaikams galimybę užduoti klausimus.
- 3) Pasiūlykite vaikams perskaityti tekstą “Radiacinė sauga”. Liepkite jiems perskaityti 1 ir 2 užduotis, kad jie galėtų užsirašyti reikiamą informaciją.
- 4) Liepkite vaikams atlikti užduotis.
- 5) Aptarkite rezultatus
- 6) Apibendrinkite įvairių jonizuojančiosios spinduliuotės skvarbumo savybių panaudojimo savybes žmonių apsaugai. Aptarkite radiacijos sugėriklių panaudojimo galimybes, atsakykite į visus mokinių užduotus klausimus.
- 7) Padalykite tekstą į dvi dalis: spinduliuotės tipai, jonizacija ir radioaktyviosios medžiagos – vienoje dalyje, žmogaus biologija - kitoje. Paprašykite kiekvieno mokinio perskaityti vieną iš šių dalių ir pateikite reikiamus užduočių klausimus.

1 dalis: psl.

Užduoties klausimai: 1,2

2 dalis: psl.....

Užduoties klausimai: 3,4,5,6

8)

a) Vandens ištekėjimo greitis pro skylę butelio dugne mažėja, vandens lašams lašant.

Laikotarpis, per kurį išlaša pusė lygio yra toks pats visiems lygiams.

b) Meskite šimtą žaidimo kauliukų ir sunaikinkite kiekvieną kauliuką, kuris nukrenta ant 6 (suyra arba sunaikinamas), užrašykite likusių kauliukų skaičių ir meskite likusius kauliukus dar sykį, užsirašykite jų skaičių ir ir tęskite kol liks tik 5 kauliukai. Nubraižykite diagramą, vaizduojančią kaip mažėjo kauliukų skaičius sulig metimais. Pusperiodis yra metimų skaičius būtinas sumažinti kauliukų skaičių iki pusės nuo pradžios.

UŽDUOČIŲ KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI

1. Išvardykite ribines dozes, rekomenduojamas įvairioms grupėms. Ar manote, kad skirtingų spinduliuotės tipų dozės bus skirtingos? Ar galite išvardyti bet kurią kitą pramonės šaką, kurioje pavojus, kylantis darbininkams, koku nors būdu ribojamas?

Ne, kadangi siverto vienetas taikomas visai jonizuojančiajai spinduliuotei.. Visose pramonės šakose pavojus darbuotojams yra kontroliuojamas.

2. Išvardykite tris būdus, kaip apsaugoti žmogų nuo išorinių jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių, ir tris būdus, kaip apsaugoti žmogų nuo atvirų radioaktyviųjų medžiagų.

Sumažinti išorinę dozę mažinant poveikio trukmę, sustiprinti apsauginį ekraną ir padidinti atstumą; sumažinti vidinę dozę mažinant radioaktyvų paviršių ir oro užterštumą

bei naudojantis respiratoriais ir apsauginiais drabužiais.

3. Palyginkite asmens apsaugos nuo ultravioletinių spindulių metodus su apsauga nuo išorinės jonizuojančiosios spinduliuotės.

Atsakymas: palyginamoji lentelė apačioje.

Saugos būdas	Jonizuojančioji radiacija	Ultravioletiniai spinduliai
Ribojama gaunama dozė	Darbas, leidžiantis išvengti ribinės dozės ir deterministinio poveikio (nudegimų)	Kaitinimasis palaipsniui, stengiantis išvengti nudegimų nuo saulės.
Kontroliuojamas atstumas	Nuotolinio valdymo įrankių naudojimas, apsauginiai barjerai	Ultravioletinio apšvietimo lempos taisyklingos pozicijos parinkimas
Ribota poveikio trukmė	Ribojamos darbo valandos	Ribota kaitinimosi trukmė ar laikas, kai lempa įjungta.
Sugeriamą spinduliuotę	Švino prijuostės ir ekranai taikomi rentgenologų apsaugai	Pasilikti pavėsyje, vartoti saulės akinius ir nudegimo aliejus.

3 PAMOKA

Dėl biologinio jos poveikio radiacinė apšvita gali būti kenksminga. Šioje pamokoje aptariamas radiacinės apšvitos pavojus, kurį apibrėžė Tarptautinės radiologinės saugos komisijos (ICRP). Radiacinės saugos priemonės aptariamos atskirai.

14-16 METŲ

Radiacinė sauga

JONIZUOJANČIOS RADIACIJOS PAVOJUS

Dabartiniu metu ICRP vyrauja nuomonė, kad asmuo apšvitintas 1 siverto doze, panašią į tą, kurią gavo japonai išgyvenę po atominės bombos susprogdinimo, turės nuo 25% iki 30% didesnę galimybę mirti nuo vėžio (“natūrali” vėžio išsivystymo tikimybė). Tai yra stochastinis arba tikimybinis poveikis, žmogui mirti nuo vėžio ir papildomas pavojus siekiantis apie 5% prisidedantis dėl vieno siverto dozės. Per trumpą laikotarpį gaunant didesnes dozes stebimas kitoks poveikis, vadinamas deterministiniu, didėjantis per dienas ar savaites. Dozės mažesnės 1 Sv pagrindiniu poveikiu yra papildoma vėžio išsivystymo tikimybė, kurios pasireiškimo galimybė gerokai sumažėja ir praktiškai nepasireiškia, kol apšvitintas asmuo nepasiekia gilios senatvės. Pastebėta, kad vidutiniškai gyvenimo trukmė sutrumpėja vienais metais, maždaug tiek pat, kiek ir surūkius 10 cigarečių per dieną 30 metų. Priedo, prie šio gyvenimo trumpinimo poveikio turėtume atsižvelgti ir į kitas sulėtintas vėžio atsiradimo tikimybes, kurios nėra mirtinos, kaip paveldėjimo tikimybė, perduodama kitoms kartoms ir pereinanti mūsų vaikams. ICRP nustatė, kad suaugusiam asmeniui, kuris susiduria su radiacija, ir kuris pagal įstatymo reikalavimus negali būti jaunesnis negu 18 metų ar vyresnis negu 65 metų, mirtino vėžio išsivystymo pavojaus tikimybė sudaro 4% 1 sivertui, mažesnis negu visai populiacijai bendrai paėmus. Kiekvienam iš šių dviejų faktorių būdingas papildomas pavojus- apie 0,8% 1 siverto dozei ir tokiu būdu bendras sudėtinis efektas siekia $4 + 0,8 + 0,8 = 5,6$ % 1 sivertui.

Antra vertus, visuomenės narys gali būti bet kurio amžiaus ir tokiu būdu gali būti jautresnis vėžiui negu tipiškas darbininkas, todėl mirtino vėžio pavojus nustatoma apie 5%. ICRP mano, kad kiti faktoriai taip pat gali būti didesni, ir 1% paliekamas nemirtinam vėžiui, priedo dar 1,3% paveldėjimo sukeliama pavojui, tad viso ši tikimybė sudaro $5 + 1 + 1,3 = 7,3$ % 1 sivertui.

Įvertinkime dabartinę radiacinio apšvitinimo situaciją. Paimkime, pavyzdžiui, darbininką, kuris gauna po 1 mSv dozę kiekvienais metais. Šiuo atveju pavojus šiam darbininkui mirti nuo vėžio (kažkada ateityje) padidėtų 0,004 kiekvienais metais. Tai atspindi papildomą pavojų 1: 25 000, kuris padidėja labai mažai, vertinant pagal mirties nuo vėžio tikimybę. Tuo pačiu atveju metinė dozė sudaro 0,0008% ar 1: 125 000 susirgti nemirtinu vėžiu ar tiek pa padidina paveldimumo pavojaus tikimybę. Sudedant kartu visus šiuos faktorius ir įvertinant 1 Sv dozės atžvilgiu, darbininkas, susiduriantis su radiacija apskritai patirtų pavojų kaip 1: 17 000. Tai reiškia, kad 17 000 darbininkų grupėje, kurių kiekvienas būtų apšvitinamas 1 mSv doze, vienas asmuo galėtų būti paveiktas radiacijos.

Diagrama: Jonizuojančiosios spinduliuotės lyginamoji lentelė:

Apšvita	Determinis- inis efektas	Dozės mSv (logaritmi- ėje skalėje)	Galimas pavojus		Stochastinis efektas
			Darbininkai	Visuomenė	
Černobylis	Mirtinas Pastovus sterilumas	10 000			
Gojanos avarija		1 080		1: 20	Padidėjusios ergamumo vėžiu įrodymai
Išlikę gyvi po Japonijos bombos sprogimo	Kaulų čiulpų veiklos slopinimas	100		1:200	
Apšvitintų darbininkų dozės riba					
Visuomenės apšvitos fonas (Europa)		10	1:850	1:3 300	Poveikio žmogui nepastebėta
Dozės riba visuomenei (iš žmogaus sukurtų šaltinių)		1	1:17 000	1: 14 000	
Visuomenės apšvita žmogaus sukurtų šaltinių (Europa)		0,1		1:35 000	
1 krūtinės rentgeno- grama		0,01		1:2 milijonais	
Visuomenės apšvita iš branduolini- nės pramonės		0,001		1:20 milijonų	

RADIACINĖ SAUGA

<p>Tarptautinės radiacinės saugos komisija rekomendavo <i>tris principus</i>, kurie gali būti taikomi <i>apsaugoti žmonėms nuo jonizuojančiosios spinduliuotės</i>. Tai:</p>	<p>Trys principai apsaugoti žmones nuo jonizuojančiosios spinduliuotės</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bet kuri praktinė veikla, susijusi su jonizuojančiąja spinduliuotės apšvita, privalo būti pagrįsta įrodymais, kad gaunama nauda yra didesnė už galimą pavojų. 2. Atsižvelgiant į socialinius ir ekonominius veiksnius, bet kurio jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio, naudojamo praktikoje, apšvitos dozė privalo būti kuo mažesnė. Tai vadinamasis ALARA principas. 3. Įprastomis aplinkybėmis, siekiant išvengti individo apšvitinimo, taikomos tokios ribinės dozės, kad individas nepatirtų neleistino pavojaus. <p>Jonizuojančiosios spinduliuotės negalime nei jausti, nei girdėti, nei lytėti, tad visi naudojami jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai žymimi perspėjamu trilapiu ženklu.</p>	<p>Tarptautinis trilapis simbolis</p>
<p align="center">JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS APTIKIMAS</p>	

<p>Fotojuostelės ženklelis</p>	<p>Jonizuojančioji spinduliuotė aptinkama specialiais prietaisais. Taikydami principą, kurį išrado Rentgenas, jonizuojančiąją spinduliuotę galime aptikti fotojuostele. Tai speciali juostelė popieriniu dangalu, saugančiu nuo šviesos. Išryškinta fotojuostelė pajuoduoja proporcingai gautajai dozei.</p>
<p>Geigerio – Miulerio skaitiklis</p>	<p>Dar naudojame Geigerio-Miulerio vamzdelį - prietaisą, išrastą Geigerio 1928 metais. Šiame prietaise yra stiklo arba metalo vamzdelis su žemo slėgio dujomis ir dviem elektrodais. Jonizuojančioji spinduliuotė sukelia elektros iškrovą, kuri pereina dujas, ir tokiu būdu susidaro elektros impulsas. Jei matuoklis per stiprintuvą sujungtas su garsiakalbiu, skaičiuojant daleles bus girdėti traškesiai. Pulsavimo ar traškesių skaičius reikš dozę ir spinduliuotės intensyvumą. Vamzdelis yra labai plonas, kad būtų galima registruoti beta spinduliuotę.</p>

Geigerio – Miulerio skaitiklis

Ypatingos
taisyklės

RADIACINĖS SAUGOS TAISYKLĖS

- Darbininkų ir visuomenės saugai taikomos *Ypatingos taisyklės*:
lėjimas į vietas, kur gali sklisti jonizuojančioji spinduliuotė, yra ribojamas, nebent asmuo dirbtų radiacinėje zonoje ar turėtų specialų leidimą.
- Dirbantis radiacinėje zonoje privalo reguliariai tikrintis sveikatą ir nešiotis jonizuojančiosios spinduliuotės kontrolės prietaisus, kad bendras apšvitos rodiklis galėtų būti įvertintas ir palygintas su leidžiama riba. Šios ribos, pagrįstos ICRP rekomendacijomis, yra 50mSv per vienus metus, tačiau, įvertinus aukščiau minėtus pavojaus veiksnius, ICRP siūlo, kad 100mSv riba per penkerius metus nebūtų peržengta. Daugelis darbuotojų gauna kur kas mažesnes dozes.

Visuomenės nariai paprastai neturėtų patekti į šias kontroliuojamas teritorijas, tačiau kartais tam tikrą jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį jie gali patirti būdami netoli jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių, pvz., lankydami gamykloje ar ligoninėje. Jų gaunama jonizuojančiosios spinduliuotės dozė taip pat gali viršyti ribas. Jiems leidžiama dozė - ne daugiau nei 1 mSv per metus, - mažesnė negu numatyta, su jonizuojančiąja spinduliuote susijusiems darbuotojams. Tačiau, jonizuojančiosios spinduliuotės dozei, kurią gauna ligoninės pacientas, toks apribojimas netaikomas, nes apšvita yra neatskiriama gydymo dalis.

Saugos metodas priklauso nuo jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio. Jis gali būti uždaro tipo ir spinduliuoti išorinę dozę arba atviras - patekti į kūną ir sukelti vidinę apšvitą.

SAUGA NUO UŽDARO JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS ŠALTINIŲ

Uždari jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai gali būti saugiai naudojami taikant šiuos saugos metodus:

1. Ribotas kontakto laikas

Kontaktas su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu nutrūksta, kai šaltinis pašalinamas, be to, ir dozė gali būti sumažinta apribojant laiką, praleistą prie šaltinio. Gautoji dozė apskaičiuojama padauginus asmens kontakto laiką iš spinduliuotės intensyvumo (dozė, gauta per laiko vienetą). Trumpalaikis kontaktas padės palaikyti kuo mažesnę dozę.

Jei dozės intensyvumas prie šaltinio yra pernelyg didelis, asmuo, naudojantis šaltinį, ~~priv~~26 pasišalinti. Dozės intensyvumas mažėja didėjant atstumui nuo šaltinio. Tai vyksta todėl, kad jonizuojanti radiacija iš nedidelio taško plinta plote, kuris yra keturis kartus

2. Atstumas nuo šaltinio

Jei dozės intensyvumas prie šaltinio yra pernelyg didelis, asmuo, naudojantis šaltinį, privalo pasitraukti. Dozės intensyvumas mažėja didėjant atstumui nuo šaltinio. Tai vyksta todėl, kad jonizuojančioji spinduliuotė iš nedidelio taško plinta plote, kuris yra keturis kartus didesnis negu dvigubas atstumas nuo taško.

3. Priedanga nuo jonizuojančiosios spinduliuotės.

PAGRINDINIAI MOMENTAI

- Kontakto su jonizuojančiąja spinduliuote pavojus yra įvertintas ir nenustatomas gyventojų tarpe.
- Metinis su radiacija susijusių darbuotojų patiriamo pavojaus dydis gali būti palygintas su pakrantės vandenų žvejų, tačiau jonizuojančiosios spinduliuotės dozės faktiškai yra labai mažos.
- Jonizuojančiosios spinduliuotės detektoriai ir ankstyvieji simptomai svarbūs saugos sumetimais.
- Egzistuoja praktiški metodai saugiam darbui užtikrinti tiek prie atvirų, tiek prie uždarų radioaktyviųjų medžiagų šaltinių.

KLAUSIMAI

2. Išvardykite dozes, rekomenduojamas įvairioms grupėms. Ar manote, kad skirtingų jonizuojančiosios spinduliuotės tipų dozės turėtų skirtis? Gal galite paminėti kitą pramonės šaką, kurioje darbuotojų patiriamas pavojus turi būti ribojamas?
3. Išvardykite tris būdus apsaugoti žmones nuo jonizuojančiosios spinduliuotės ir tris būdus apsaugoti žmones nuo atvirų jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių?
4. Palyginkite žmonių apsaugos nuo ultravioletinių spindulių būdus su apsauga nuo išorinės jonizuojančiosios spinduliuotės.

14-16 metų

Kasdienė jonizuojančioji spinduliuotė

Tikslai

Pamokos pabaigoje mokinys:

- Sužino, kad žemė visuomet buvo radioaktyvi ir kad mus supa natūrali jonizuojančioji spinduliuotė;
- Sužino, kad metinę vidutinę veikliąją dozę Europos gyventojai daugiausia gauna iš gamtinių jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių (per 80%), o kitą - iš paties žmogaus sukurtų jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių;
- Gali išvardyti keletą gamtinių ir žmogaus sukurtų jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių;
- Sužino, kaip sumažinti veikliąją radono dozę.

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ

60minučių (ar 2 x 30 minučių).

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

8 skyrius: Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės

TECHNINIAI PASIŪLYMAI

0) Pasirengimas :

- * Surasti savo šalies gamtinių jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių žemėlapi.
- * Gauti kai kuriuos biografinius duomenis apie Nobelio premijos laureatą George de Hevesy. Trumpai tariant:

1911 metais George'as de Hevesy's buvo jaunas mokslininkas ir dirbo su radioaktyviosiomis medžiagomis Mančesteryje. Jis gyveno kukliame bute ir valgė pas savo šeiminkę. Maistas dažnai būdavo visiškai vienodas, ir jis įtarė, kad kai kurie patiekalai, pasirodydavę ant jo stalo, būdavo praeitos savaitės likučiai. Vieną kartą į tuos likučius jis įdėjo kiek radioaktyviųjų medžiagų. Po keleto dienų, kuomet ant stalo buvo padėtas tas pats patiekalas, jis išmėgino jonizuojančiosios spinduliuotės detektorių ir nustatė, kad maistas radioktyvus. Taigi tas pats patiekalas jam jau buvo patiektas anksčiau! Šeiminkė nusprendė, kad jaunas mokslininkas naudojasi burtais ir liepė jam išsikelti. G. Hevesy's buvo pirmasis, panaudojęs radioaktyviasias medžiagas biologinių tyrimų srityje, todėl 1943 metais pelnė Nobelio premija.

- 1) Įžangoje pateikite temą, nurodydami šalies gamtinius jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinius. Paklauskite mokinių, kaip pakeisti žmogaus gaunamą dozę galima perkeliant namą į kitą šalies dalį.

- 2) Padalykite klasę į mažas grupes ir paprašykite kiekvienos grupės atlikti keturias užduotis pagal klausimus. Kiekviena grupė privalo perskaityti tekstą rūpestingai, kad galėtų rasti teisingą klausimą.
- 3) Aptarkite mokinių atsakymus. Paprašykite jų pasidalyti iš teksto pasisemta informacija. Pasinaudokite paskutiniąja pamokos lentelę kaip išeities tašku, aptarkite klausimus, pateiktus 1 užduotyje.
- 4) Su paskutiniąja užduotimi galite susieti George'o de Hevesy'o istoriją.

UŽDUOČIŲ KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI

2. Koks skirtumas tarp gamtinių ir žmogaus sukurtų jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių?

Daugeliu atvejų radionuklidų tipai skiriasi, tačiau jų spinduliavimo dozės dydis yra panašus. Poveikis gyvūnams - taip pat. Radiacinės saugos standartai skiriasi, kadangi natūrali jonizuojančioji spinduliuotė jau egzistavo anksčiau, prieš imant radiacinės saugos, tačiau dirbtiniai jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai kuriami apdairiai, tad radiacinę saugą galima įvesti prieš pradėdant juos naudoti..

4. Išvardykite tris svarbiausius natūralios jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinius. Pasiūlykite būdą sumažinti metinę jonizuojančiosios spinduliuotės dozę, gaunamą iš šių šaltinių.

Radonas-222, jonizuojančioji spinduliuotė iš žemės ir kosminė spinduliuotė. Radono-222 dozę galima sumažinti ventiliacijos būdu; didžiausia dozė iš žemės slypi granite, tad galite išsikelti iš tokių vietovių; ir kosminė spinduliuotė sumažėja, jei persikeliate į žemesnes vietas.

5. Kokią metinę jonizuojančiosios spinduliuotės dozę gauna lėktuvo įgulos narys, per metus skrendantis 100 skrydžių po 5000 km?

3mSv.

7. Koks yra šioje pamokoje lėktuvo apšvitos intensyvumas, jeigu jis skrenda 650 km per valandą greičiu?

0,004 mSv per valandą.

10. Naudodamiesi informacija apie kalį-40, apskaičiuokite kalio kiekį piene ir žemės riešutuose. (Toku pačiu būdu, kaip naudojant radioaktyvias medžiagas kitų elementų koncentracijai nustatyti).

Kalio kiekis piene yra 1,45 gramo litrui, žemės riešutuose - 5,8 gramo kilogramui.

[

4 PAMOKA

Jau sužinojote, kad 80% metinės veikliosios dozės Europos gyventojai gaunama iš gamtinių šaltinių. Siekiant apibūdinti šį jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį, reikia paminėti apie nedideles veikliąsias dozes - vieną tūkstantąjį siverto, vadinama 1 milisivertu (mSv), ir vieną milijonąjį siverto dalį (μSv). Šioje pamokoje žodžiu “dozė”, vadinsime veikliąją dozę.

14-16 metų.

KASDIENĖ JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

<p>Metinė dozė</p>	<p>Metinė dozė, rodanti apšvitos intensyvumą, paprastai išreiškiama mSv per metus. Veiklumo vienetas yra bekerelis (Bq) ir Radionuklidų koncentracijai medžiagoje išreikšti naudosime vieneta Bq kubiniam metrui ir Bq kilogramui.</p> <p>Šios pamokos pabaigoje pateiktoje lentelėje apibendrinamos metinės dozės, gaunamos iš gamtinių ir žmonių sukurtų jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių.</p> <p>GAMTINĖ JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ</p> <p>KOSMINĖ SPINDULIUOTĖ</p> <p>Gaunama kosminės spinduliuotės dozė didėja mums kopiant į didesnę aukštį, kadangi netenkame apsauginio Žemės atmosferos skydo. Lėktuvo komanda ir keleiviai per 5000 km lėktuvo skrydį gauna 0,03 mSv dozę, apie 10% šios dozės skleidžia neutronai. Virš jūros lygio gyvenančių žmonių gaunamos dozės intensyvumas didėja 0,03mSv per metus sulig kiekvienu 1000 m.</p> <p>Žmonės, gyvenantys toliau į šiaurę, gauna daugiau kosminės spinduliuotės negu gyvenantys pietuose. Pavyzdžiui, Škotijos gyventojai gauna 20 % didesnę kosminės spinduliuotės dozę negu Graikijos gyventojai.</p> <p>ŽEMĖS JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ</p> <p>Iš gama spinduliuotės, sklindančios iš uolienų po žemės paviršiumi, toje vietoje gyvenantys žmonės gauna dozę, kurios intensyvumas gali siekti iki 10mSv per metus. Dozės intensyvumas didėja artėjant prie vulkaninių uolienų ir mažėja leidžiantis prie nuosėdinių uolienų. Be to, iš granito surešti pastatai savo gyventojams spinduliuoja didesnes jonizuojančiosios spinduliuotės dozes negu mediniai pastatai.</p> <p>RADONAS</p> <p>Radioaktyviosios dujos, radonas - 222, skleidžia pačią didžiausią mūsų gaunamos jonizuojančiosios spinduliuotės dozės dalį. Radono koncentracija patalpų ore svyruoja nuo 20 iki 400 Bq kubiniame metre, o dozė įkvepiamame ore sudaro nuo 1 iki 20 mSv per metus.</p> <p>Radonas- 222 patenka į mūsų namus iš žemės ir, kaip parodyta žemiau, suskyla į radioaktyviasias sudedamąsias dalis - į trumpo pusperiodžio radionuklidus, spinduliuojančius alfa radioaktyviasias daleles. Mūsų plaučiuose išlieka Kai kurie iš šių radionuklidų kaupiasi mūsų plaučiuose ir mes tokiu būdu gauname jonizuojančiosios spinduliuotės dozę. Radono–222 koncentracija per dieną varijuoja ir būna mažiausia, kai atveriami langai bei durys ir namas vėdinamas. Taigi radono koncentraciją namuose galime sumažinti didindami ventilaivimo dažnį ventiliacijos dažnį. Namai, kuriuose radono- 222 koncentracijos viršija 400 Bq kubiniame metre, turėtų būti apsaugoti nuo radono patekimo užsandarinant grindis ar ištraukiant orą po grindimis kaip parodyta sekančioje schemoje. Kai kurie oro valytuvai gali pašalinti radioaktyviuosius skilimo produktus.</p>
--------------------	--

Radono šeimos medis	URANAS – 238 4,47 MILIJARDO METŲ į TORAS- 234 24,1 DIENOS ā	PROTAKTINI S –234\ 1,17 MINUTĖS	URANA S- 234 0,24 MILIJO NO METŲ į TORAS- 230 80 TŪKST ANČIŲ METŲ į RADIS – 226 1600 METŲ RADONAS- 222 3,8 DIENOS į POLONIS- 218 3,05 MINUTĖS į ŠVINAS - 214 26,8 MINUTĖS	BISMUTA S- 214 19,3 MINUTĖS ā	POLONIS 214 1,64 X 10 ⁻⁴ SEK. į ŠVINAS 210 22,3 METŲ ā	BISMUTAS - 210 5,01 DIENOS ā	POLONIS 210 138 DIENOS į ŠVINAS 206 STABILUS

Namas apsaugotas nuo radiacijos	Namas <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> Membrana Perdanga Ventiliatorius Tuštuma Oringa plyta Žemė </div>
--	--

VIDINIAI JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS ŠALTINIAI

Faktiškai visuose maisto produktuose yra kalio, dalis jo - gamtinis radioaktyvusis kalis-40. Pavyzdžiui litre pieno yra apie 510Bq kalio-40, kilograme žemės riešutų - apie 5000 Bq kalio-40. Tai - vidinis gamtinis jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis, - jos išvengti negalime, kadangi kalis yra neatskiriama mūsų maisto sudedamoji dalis. Vis dėlto stengiamės nenaudoti daugiau kalio nei mums iš tiesų reikia.

Urano ir jo šeimos elementų kartu su svarbiu radionuklidu radžiu aptinkama daugelyje uolenų žemėje ir jūros vandenyje. Kai kuriuose natūraliuose vandens šaltiniuose yra radžio, kurio veikioji koncentracija sudaro 1Bq litrai, o kai kuriuose riešutuose jo yra 100 Bq kilogramui.

Atmosferoje yra natūralaus radionuklido anglies-14, - ji susidaro dėl kosminės spinduliuotės poveikio atmosferoje, apie 200 Bq jos yra kiekviename kilograme visos anglies. Vidutiniškai tai sudaro

120 $\frac{1}{10^6}$ $\frac{1}{10^6}$ $\frac{1}{10^6}$ $\frac{1}{10^6}$

ŽMOGAUS SUKURTA JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

Kitoje pamokoje sužinosite apie jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimą medicinos tikslais. Jos dozės pateiktos lentelėje šios pamokos gale. Lentelėje pateikiama iš rentgeno spindulių ir kitų žmogaus sukurtų jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių, sklindančios dozės intensyvumas Europoje. Medicininiai rentgeno spinduliai yra antras pagal dydį jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis.

Tam tikrą apšvitą sukelia radioaktyviosios iškritos. Atominių bombų bandymai atmosferoje nutraukti 1980 metais, ir metinė dozė, seniau gauta su krituliais, dabar gerokai sumažėjo. Radioaktyviosios atominės energetikos panaudojimo atliekos sudaro apie 0,001 mSv per metus, radioaktyviosios medžiagos, išsiskiriančios deginant anglies turinčias medžiagas, sudaro apie 0,2 ġSv per metus.

Daugelis namų apyvokos prietaisų skleidžia jonizuojančiąją radiaciją. Pavyzdžiui, dūmų detektorius jūsų kambaryje išspinduliuoja jums apie 0,01 ġSv dozę per metus. Televizorius spinduliuoja nedidelį rentgeno spindulių kiekį - vidutinė dozė, kurią iš jo gauname, sudaro apie 0,004ġSv per metus.

BŪDINGA METINĖ VIENO ŽMOGAUS DOZĖ EUROPOJE

BŪDINGA ASMENS METINĖ DOZĖ EUROPOJE

Informacija, panaudota šioje lentelėje paimta iš "Radiacijos atlaso: gamtiniai Jonizuojančios radiacijos šaltiniai Europoje" (EUR 14490) parengtos B M R Green, J S Hughes ir P R Lomas NPRB Chilton, Didcot, Oon, parengta Vyriausiajam Aplinkos, Branduolinio Saugumo ir Civilinės Saugos direktorato komisijai, Europos Bendrijoje, Liuksemburge.

Atlase parodyta, kad žmonių apšvitinimo dozė gali kisti ir labai priklauso nuo radono koncentracijos. Metinė dozė ir jos pasiskirstymo procentinis santykis vertinami dviem atvejais:

a) asmenų gyvenančių žemos radono koncentracijos srityje, būdingoje Jungtinėje Karalystėje (ši dozė panaši į pasaulinį vidurkį) ir b)

Žmonių
gaunama dozė

Metinių dozių lentelė	DOZĖS mSv per metus							
	TIPAS	KIL- MĖ	IŠORINĖ	VI- DINĖ	(A) MAŽOS RADONO KONC. ZONA		(B) VIDUTINĖS RADONO KONC. ZONA	
					mSV/ y	%	mSV/y	%
	GAM- TINĖ	RAD- ONAS (1-400 Bq/m ²)	0,18- 0,5	1-20	1	38	3	65
		TO- RAS (gana pasto- vus)		0,15	0,15	6	0,15	3
		MAI- STAS		0,35	0,35	13	0,35	8
		GA- MA (viduje ir išorė- je)		0,4	0,4	16	0,4	9
		KOS- MINĖ (poky- čiai prikl. Nuo aukš- čio)		0,26- 0,32	0,29	11	0,29	6
		Iš viso gamti- nės			2,2	84	4,2	91

	Žmogaus sukurtų šaltinių	MEDICININĖS (daugiausiai rentgeno spindulių) ĮVAIRIOS ATLIEKOS: branduolinės-0.001, anglies-0,0002; oro kelionių, TV ir t.t. – 0,01; Iškritos: bombų bandymų: 0,01; darbo kontaktai 0,008	0,33 0,018	0,03 0,011	0,36 0,03	15 <1	0,36 0,03	8 <1
		Iš viso: žmogiškos arba dirbtinės kilmės			0,39	16	0,39	9
	VISO				2,6	100	4,6	100

Susiduriantys su jonizuojančiąja spinduliuote darbuotojai didžiausias jonizuojančiosios spinduliuotės dozes gauna iš išorinių šaltinių. Apskaičiavus vidurkį visai populiacijai, jos yra labai nedidelės, kadangi darbuotojai, susiduriantys su jonizuojančiąja spinduliuote, sudaro nedidelę dalį ir jų gaunamų dozių dydis griežtai kontroliuojamas.

PAGRINDINIAI MOMENTAI

- Mažiausiai 80% metinės vidutinės jonizuojančiosios dozės Europos gyventojai gauna iš gamtinių šaltinių.
- Natūralieji jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai yra: radonas (kartu su gana pastoviu torio kiekiu), gamtinės radioaktyviosios medžiagos mūsų kūnuose, gaunamos su maistu, gama spinduliuote iš pastatų ir žemės, kosminė spinduliuotė iš Saulės ir kosmoso.
- Žmogaus sukurta jonizuojančioji spinduliuotė susideda iš medicininės jonizuojančiosios spinduliuotės ir vidinės dozės, gaunamos per branduolinę mediciną. Labai nedidelė, bet svarbi jonizuojančiosios spinduliuotės dozė gaunama per iškritas, susidarančias dėl atominių bombų bandymų, branduolinių atliekų ir radioaktyviųjų atliekų iš anglimi kūrenamų jėgainių, kontakto darbo metu ir įvairių šaltinių, pv.: oro kelionės ir kontaktas su rentgeno spinduliais, kurios skleidžia televizoriai. Jonizuojančiosios spinduliuotės, gaunamos darbo metu, dažniausiai sklinda iš išorinių šaltinių ir turi labai mažą įtaką visai populiacijai, kadangi darbuotojai susiduriantys su jonizuojančiąja spinduliuote sudaro labai nedidelę visuomenės dalį.

KLAUSIMAI

1. Koks yra skirtumas tarp gamtinių ir žmogaus sukurtų jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių?
2. Išvardykite tris svarbiausius gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinius.
3. Kokią metinę jonizuojančiosios spinduliuotės dozę, gauna lėktuvo įgulos narys, s 100 kartų per metus skrendąs po 5000 km?
4. Kokia dozė tenka lakūnui, jei lėktuvas, paminėtas šioje pamokoje, skrenda 650 km per valandą?
5. Naudodamiesi informacija apie kalį-40, apskaičiuokite kalio kiekį piene ir žemės riešutuose (Taikomas toks pat metodas, kaip ir radioaktyviosiomis medžiagomis nustatant kitų elementų koncentraciją).

Mokytojo knyga

14-16 metų

V lygis

Taikymas stomatologijos ir medicinos reikmėms

Tikslai

Pamokos pabaigoje mokinyms:

- Sužino, kad jonizuojančioji spinduliuotė naudojama mūsų sveikatos labui, nustatant medicininę diagnozę, branduolinėje medicinoje ir radioterapijoje.
- Gali išvardyti du jonizuojančiosios spinduliuotės taikymo būdus medicininėje diagnostikoje.
- Gali išvardyti du jonizuojančiosios spinduliuotės taikymo būdus radioterapijoje,

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ

45 minutės.

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

7 skyrius: Jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimas bei veiklumas.

TECHNINIAI PASIŪLYMAI

0) Pasirengimas :

- * Gauti garsinės ir vaizdinės medžiagos, ypač rentgeno nuotraukų ar branduolinės medicinos tyrimų.
- 2) Parodykite rentgenogramas (Žr. taip pat 4 pav.) arba branduolinės medicinos tyrimų vaizdo medžiagą. Paskatinkite diskusiją apie mokinių ar jų šeimos narių patyrimą taikant jonizuojančiąją spinduliuotę medicinoje.
- 3) Pateikite mokiniams pirmąją užduotį. Paašškinkite, kad jie privalo pateikti atsakymus dviem stulpeliais: diagnostikos ir radioterapijos tikslams (Žr. atsakymus, pateiktus žemiau). Moksleiviai privalo surasti atsakymus skaitydami tekstą.
- 4) Aptarkite 2 ir 3 užduotis diskusijoje, klasėje.
- 5) Būtų įdomu, jei klasė galėtų apsilankyti ligoninėje, rentgenologijos ar radiologijos skyriuje. Pasiruoškite apsilankymui, pavyzdžiui, surinkite iš moksleivių klausimus apie jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimą medicinoje.

KLAUSIMAI/ UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

2. Surašykite vieną sąrašą jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių, taikomų diagnostikai, kitą sąrašą - taikomų radioterapijai.

Diagnozė	Radioterapija
Rentgeno aparatas Technecis- 99m	Rentgeno aparatas Kobaltas- 60 Radis- 226 Iridis- 192 Jodas- 131

5. Radioterapijoje jonizuojančioji spinduliuotė taikoma vėžiui gydyti. Kaip atsitinka, kad jonizuojančioji spinduliuotė neskatina vėžio?

Auglio ląstelės žudomos, dozė, tenkanti kitiems organams, minimalizuojama taikant apsaugą tiesioginiame spindulių kelyje. Pavojus, kad pacientui gali išsivystyti kitas vėžys, yra labai nedidelis.

7. Kodėl svarbu apsaugoti gydytoją ir seselę, kuomet jonizuojančioji spinduliuotė taikoma pacientui gydyti ar eigai diagnozuoti?

Gydytojas ir medicinos seselė dirba greta jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio kiekvieną dieną, todėl turi elgtis taip, kad jų gaunama jonizuojančiosios spinduliuotės dozė būtų kuo mažesnė, - riboti gaunamos metinės dozės dydį.

5 PAMOKA

(Įvadas)

Medicinos diagnostika ir radioterapija yra pagrindiniai žmogaus rankomis sukurtos jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai, tačiau jie taikomi tiesiogiai paciento sveikatos reikmėms. Medicininėje direktyvoje (97/43/Euratom) reikalaujama, kad visi paciento apšvitos atvejai būtų mediciniškai pagrįsti. Šioje pamokoje apžvelgiamos gydytojų bei stomatologų taikomos jonizuojančiosios spinduliuotės rūšys.

(pavadinimas)

Panaudojimas medicinos ir stomatologijos reikmėms

Rentgeno spindulius, taikomus medicinos tikslais, gerai sugeria kaulai, regimi šešėlio pavidalu ypatingoje fotografinėje plokštelėje, apšvitinamoje spinduliais. Galima regėti kaulų formą ir padėtį; kitiems organams tirti taikomi kiti pažangūs metodai.

Radioaktyviosios medžiagos gali būti naudojamos įvertinti mūsų kūnų veiklą, radioterapijoje naudojamos abi šios technologijos. Medicininė apšvita neribojama, tačiau siekiant klinikinės informacijos reikia skirti kaip galima mažesnę dozę. Medicininėje direktyvoje numatyti reikalavimai kompetentingiems valdžios organams laikytis griežtos radiologinės saugos reikalavimų.

Jonizuojančiąją spinduliuotę galima taikyti daugeliu naudingų tikslų. Svarbus pavyzdys - jos taikymas medicinos diagnostikos ir gydymo reikmėms. Tekste nuodugniau aprašytas jos panaudojimas gydytojų ir dantistų darbe.

14-16 metų.

Jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimas medicinos ir stomatologijos reikmėms

<p>Rentgeno spinduliai</p> <p>Du pagrindiniai jonizuojančiosios radiacijos panaudojimo būdai</p>	<p>Vilhelmas Rentgenas išrado savuosius Rentgeno spindulius 1895 metais ir aptiko, kad jie gali persmelkti žmogaus kūną. Spindulius, kuriuos jis atrado, kaulai sugerdavo tokiu būdu, kad fotografinė plokštelė, padėta priešais spindulių šaltinį, rodė kaulų šešėlių, iš kurio buvo galima susidaryti išpūdį apie jų formą ir padėtį kūne. Nuo tų laikų išrasta geresnė įranga, leidžianti smulkiai išnagrinėti kitus organus kūno viduje. Radioaktyviosios medžiagos dabar padeda įvertinti, kaip veikia mūsų kūnas, o jonizuojančioji spinduliuotė taikoma vėžiui gydyti. Apibendrinus <i>galima pareikšti, kad jonizuojančioji spinduliuotė medicinoje taikoma dviem tikslais: diagnostikos ir radioterapijos.</i></p> <p>DIAGNOSTIKA</p> <p>RENTGENO SPINDULIAI</p> <p>Daugiau nei pusė rentgeno spindulių panaudojimo atvejų tenka stomatologijai: padėti dantų gydytojams taisyti ir pagerinti mūsų dantų būklę ir aptikti ertmes ar pažeidimus. Kiekvieną kartą rentgeno spindulius panaudojus burnos ertmėje pacientas apšvitinamas apie 0.02 mSv. Daugeliui žmonių atliekamos krūtinės rentgenogramos, leidžiančios gydytojui ieškoti galimos ligos plaučiuose ar širdyje. Pacientas gauna apie 0,05 mSv dozę kiekvienos krūtinės rentgenogramos metu, panašią dozę - kiekvienos galūnių rentgenogramos atveju. Rentgeno aparatai pagaminti taip, kad užtikrintų, jog paciento gaunama radiacijos dažnai atliekamų tyrimų atveju dozė būtų kuo mažesnė.</p> <p>KONTRASTINĖS MEDŽIAGOS</p> <p>Skrandį ar žarnyną galima pripildyti maisto ar medžiagų, pavyzdžiui, bario, sugeriančių rentgeno spindulius, - tuomet šių organų būklę gydytojas gali įvertinti stebėdamas tuos organus fluoroskopiniame ekrane. Dozė, kurią gauna pacientas, sudaro apie 3mSv.</p>
--	---

Krūtinės rentgenograma

	<p>KŪNO SKANAVIMAS (KOMPIUTERINĖ TOMOGRAFIJA)</p> <p>Rentgenoskopinių kūno skanerių taikymas leidžia kurti naujus diagnostikos metodus, leidžiančius pamatyti skersinį kūno pjūvį - labai aiškų organų bei audinių vaizdą. Jonizuojančiosios spinduliuotės dozė, kurią gauna pacientas šio tyrimo metu, sudaro apie 3mSv (galvos skanavimo atveju). Šis galvos traumų ir vėžio diagnostikos tyrimų metodas įgalino išgelbėti daugelį gyvybių.</p> <p>BRANDUOLINĖ MEDICINA</p> <p>Kai ligoniui sušvirksčiama radioaktyviųjų medžiagų, taikant jonizuojančios spinduliuotės detektorius, galima aptikti jų pėdsakus ir pamatyti vaizdą organo, kuriame jos susikaupia. Šių medžiagų judėjimą kūno viduje galima sekti - taip aptinkama auglio vieta. Viena iš tam tinkamiausių medžiagų yra technecis-99, naudojamas smegenų, kaulų ir kepenų tyrimams. Technecis-99 greitai suyra, jo skilimo pusperiodis sudaro apie 6 valandas, tad dozė, kurią gauna pacientas, yra nuo 1 iki 5 mSv.</p>
--	--

Gama skanavimas

	<p>RADIOTERAPIJA</p> <p>Jonizuojančioji spinduliuotė leidžia padėti sergančiam vėžiu pacientui - suardyti vėžio auglį, nesukeliant didelio pavojaus visam organizmui. Auglys veikiamas didelėmis ir koncentruotomis dozėmis iš išorinių bei vidinių radioaktyviųjų medžiagų šaltinių. Auglio ląstelės yra nenormalios ir labai greitai dalinasi. Tačiau jos yra labai jautrios, ir jei jonizuojančioji spinduliuotė pažeidžia jų chromosomas, jos žūsta greičiau negu normalios ląstelės. Labai svarbu skirti augliui gydyti reikiamą jonizuojančiosios spinduliuotės dozę - ji sudaro apie 50 grėjų - ir kad aplinkiniai audiniai gautų kuo mažiau jonizuojančiosios spinduliuotės. Skiriama kuo intensyvesnė jonizuojančios spinduliuotės dozė, ir, jei šaltinis yra išorinis kūno atžvilgiu, jonizuojančiosios spinduliuotės pluoštas nukreipiamas tokiu kampu, kad kuo mažiau pažeistų aplinkinius audinius.</p>
--	---

Gama radioterapija

	<p>Naudojami šie jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai:</p> <p>RENTGENO APARATAI IR GREITINTUVAI Jonizuojančioji spinduliuotė iš rentgeno vamzdelio gali būti sukelta įvairiais energijos šaltiniais, kad skvarbioji jonizuojančiosios spinduliuotės galia būtų nukreipta į tą gylį, kuriame yra navikas. Rentgeno aparatai veikia esant iki 250 000 voltų įtampai. Aukštesnę įtampą galima sukurti linijiniu greitintuvu, kuris tam tikrose apšvitos stadijose sukuria didelę energiją iki 20 milijonų voltų.</p> <p>KOBALTO RADIOTERAPIJA Kobaltas-60 naudojamas labai kompaktiškuose apie 1 cm pločio uždaruose talpintuvuose. Juose yra tiek radioaktyviosios medžiagos, kad į naviką išspinduliuojama apie 1 grėjaus intensyvumo dozė per minutę.</p> <p>KIURI RADIOTERAPIJA Beta ir gama radioterapijos pagrindą sudaro izotopai, - juos galima panaudoti iš vidaus, kaip vidinius šaltinius, o kartais - kaip išorinius. Principas - kuo labiau priartinti šaltinį prie auglio, kad apatinės dalies dozė patektų į likusią kūno dalį. Pradžioje buvo naudojamas radis-226 - sandariame butelyje arba adatų pagalba, kartais patalpintų į aukso apvalkalą, ir panėrus į paciento kūną taikoma speciali įranga, kuri užtikrina, kad aparato operatorius būtų apsaugotas. Dabar radij pakeitė cezis-137. Jai apsaugoti sunku, galima naudoti iridij-192, jis spinduliuoja mažiau energijos turinčią gama spinduliuotę, todėl nuo jo lengviau apsaugoti.</p> <p>BRANDUOLINĖ MEDICINOS TERAPIJA Kartais radioizotopai gali būti išvirkščiami į paciento kraujotakos sistemą - tokio gydymo efektyvumas priklauso nuo kūno gebėjimo sukcentruoti izotopą auglio audinyje. Šis būdas efektyvus gydyti skydliaukės auglius, kuriuose susikoncentruoja jodas-131. Jodas-131 yra skilimo produktas, susidarantis branduoliniuose reaktoriuose.</p>
--	---

PAGRINDINIAI KLAUSIMAI

- Jonizuojančioji spinduliuotė taikoma medicinos diagnostikai ir radiologiniam gydymui.

- Medicinos diagnostikai taikomi rentgeno spinduliai - rentgeno nuotraukos, fluoroskopija ar kūno skaneriai vidaus organams tyrti. Kai kuriems branduolinės medicinos tyrimams radionuklidai išvirkščiami tiesiog į kūną.
- Radioterapijos esmė yra ta, kad augliai sunaikinami jonizuojančiąja spinduliuote - rentgeno aparatais, greitintuvais ar radionuklidais.

KLAUSIMAI

2. Surašykite atskirai jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinius, taikomus diagnostikai ir radioterapijai.
3. Radioterapijoje jonizuojančioji spinduliuotė taikoma vėžiui gydyti. Kodėl jonizuojančioji spinduliuotė neapsunkina vėžio padarinių?
4. Kodėl svarbu apsaugoti gydytoją ir seselę, kai jonizuojanti radiacija taikoma pacientui gydyti ir ligoms diagnozuoti?

Mokytojo knyga

14-16 metų

V lygis

Kiti panaudojimo būdai

Tikslai

Pamokos pabaigoje mokinius:

- Gali išvardyti tris jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo sritis.
- Gali išvardyti bent du panaudojimo kiekvienoje srityje būdus.
- Gali parengti modelį ar sužymėtą panaudojimo būdo eskizą.
- Gali paaiškinti jonizuojančiosios spinduliuotės taikymo priežastį.

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ

50 minučių.

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

7 skyrius: Jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimas bei veiklumas.

PASIŪLYMAI DĖSTYMUI

0) Pasirengimas :

- * Gauti kopiją filmo apie radioizotopų panaudojimą ar radioaktyviųjų atliekų kenksmingumo likvidavimą (iš kompanijų, naudojančių branduolinę energiją).
- 4. Pasiremti 5 pamoka ir medicininiais jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo būdais. Paklausti mokinių, ar jie žino kokių nors kitų nemedicininį jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo būdų. Paprašykite jų sudaryti sąrašą jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo būdų, kuriuos jiems teko regėti ar skaityti laikraščiuose.
- 5. Paprašykite mokinių perskaityti tekstą ir pavaizduoti ar aprašyti radiacijos panaudojimo būdus.

Galima rinktis tokias antraštes:

- 1) Pramonės
 - a) Energetikos
 - b) Radiografijos
 - c) Tyrimų
 - d) Aktyvumo analizės
 - e) Perdirbimo
 - f) Maisto apšvitos
- 2) Tyrimų
 - g) Amžiaus nustatymas pagal anglį

- h) Pėdsakų nustatymas
- 3) Namų
 - i) Dūmų detektoriai
 - j) Liuminescuojantys ciferblatai
- 4) Kariniai
- k) Atominės bombos.

Taip pat paprašykite mokinių surašyti kai kuriuos reikšminius žodžius po kiekvieno pavyzdžio.

- 3) Patikrinkite rezultatus ir parodykite filmą.
- 4) Skirkite dvi užduotis diskusijos klasėje metu.
- 5) Jei galima, surenkite ekskursiją į pramonės ar mokslinių tyrimų laboratoriją, kurioje naudojami radionuklidai.

KLAUSIMAI /UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

- 4) Parenkite sąrašą jonizuojančiosios spinduliuotės taikymo būdų sąrašą, kuriuo regėjote ar apie kuriuos teko skaityti laikraščiuose. Aptarkite šių būdų taikymo privalumus ir trūkumus.
- 5) Paprašykite mokinių perskaityti tekstą ir pavaizduoti ar aprašyti jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo būdus.
- 6) Kodėl maistas netampa radioaktyviu paruošiamas taikant jonizuojančiąją spinduliuotę?
Maistas apšvitinamas gama spinduliuotė, o ji maiste nesukuria radioaktyviųjų medžiagų.
- 7) Daugelis žmonių linkę prieštarauti prieš radioaktyviųjų medžiagų perdirbimo gamyklų statybą netoliese jų būstų. Aptarkite tokio pasipriešinimo priežastis.

6 PAMOKA

Pagrindiniai nemedicininiai jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo būdai ir radioaktyviosios medžiagos yra:

- a) pramoninės, elektros energijos gamyba ir tyrimai.
- b) Moksliniai tyrimai, universitetuose ir mokslinių tyrimų centruose.
- c) Namuose, namų tikslams.
- d) Kariniams tikslams, povandeniniuose laivuose ir ginkluotei.

Visi šie radioaktyviųjų medžiagų panaudojimo būdai turi būti taikomi saugiai, o jos - saugiai pašalinamos. Nesuskilusios radioaktyviosios medžiagos privalo būti išvežtos neutralizuoti kaip radioaktyviosios atliekos.

14-16 metų.

Kiti panaudojimo būdai

<p>Branduolinio skilimo procesas</p>	<p>PRAMONINIAI</p> <p>ENERGIJA <i>Branduolinio skilimo procesas</i> yra šilumos šaltinis, sukeliantis garo susidarytą branduolinės energijos reaktoriuose. Garsas taikomas turbogeneratoriams, elektros energijai gaminti bei kituose elektros energijos gamybos objektuose. Procesas branduolinėse elektrinėse labai skiriasi nuo kuro degimo įprastose elektros jėgainėse. Neutronai yra būtini skilimo procesui pradėti, kuomet sunaudojamas uranas. Skilimo proceso metu išsilaisvina vis daugiau neutronų. daugiau urano gali būti sunaudota palaikyti proceso vyksmui, tačiau skilimo produktai yra radioaktyvūs, be to susidaro radioaktyviosios atliekos. Antra vertus, šio proceso metu nedeginama anglis ar nafta ir, aišku, nereikia deguonies. Branduolinė energetika bus aprašyta 7 pamokoje.</p> <p>RADIOGRAFIJA Jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimas radiografijai pramonėje remiasi tais pačiais moksliniais principais kaip ir jų panaudojimas rentgenografijai. Inžinierius ieško metalo, naudojamo laivams, tiltams, lėktuvams ir kitiems dalykams, įtrūkimų, nes jie gali sukelti ypač pavojingus padarinius. Jei objektų storis nedidelis, naudojama tokios pat rūšies rentgeno spinduliuotė kaip ir medicinos diagnostikai, tačiau greitintuvais galima sukurti daugiau energijos turinčią rentgeno spinduliuotę. Gama spinduliuotė panaši kaip ir taikomoji radioterapijai - ji naudojama tuo atveju, kai metalo sluoksnio storis siekia 50 cm.</p> <p>TYRIMAS Naudodamiesi radioaktyviųjų šaltinių gama spinduliuote, inžinieriai gali „žiūrėti kiauurai“ vamzdžių ir konteinerių sienelių ir aptikti tų sienelių storio ir skysčio tėkmės pokyčius.</p>
--------------------------------------	---

Žolio ir Kiuri	<p>AKTYVUMO ANALIZĖ</p> <p>1934 metais Žolio Kiuri nustatė, kad neutronai įvairius daiktus gali padaryti radioaktyvius. Kad šis metodas duotų naudos tyrimama, inžinieriams teko palaukti, kol bus patobulinti branduoliniai reaktoriai ir sukurtas reikiamas neutronų kiekis. Matuojant radioaktyviųjų medžiagų prietaisais, tarp milijono smėlio dalelių galima aptikti net ir vieną geležies dalelę, jeigu ji paveikta neutronų.</p> <p>APRUOŠIMAS</p> <p>Kai kurios medžiagos, ypač plastikai, gali būti gaminamos taikant gama spinduliuotę. Šiam procesui, kurio metu apšvitinamos žaliavos, reikia labai didelių kobalto-60 šaltinių. Kitas šio pobūdžio pavyzdys - medicinos įrangos apšvitinimas, kad ji taptų sterili. Šiuo sterilizacijos būdu užtikrinama, kad tarp milijono medicininės įrangos vienetų, tvarsčių ir vystyklų liktų gyvybingas ne daugiau kaip 1 gyvas mikroorganizmas. Mikroorganizmus sudaro bakterijos, grybeliai, pelėsiai, sporos ir kiti mikroorganizmai. Labai panašu, kad veik visad apsilankius ligoninėje gydymo tikslais, neapsieinama be jonizuojančiosios spinduliuotės sterilizuotų tvarsčių. Tvarsčiai nukenčia, kadangi jonizuojančioji spinduliuotė nužudo tik gyvas bakterijas.</p>
Gama spinduliuotė	<p>MAISTO APŠVITA</p> <p>Gama spinduliuotė taikoma maistui apdoroti - jis dėl to NETAMPA radioaktyvus ir vartotojui netenka patirti jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio. Šiuo atveju maistą paveikia apšvitinimas, išorinio šaltinio apšvita, tad radioaktyviosiomis medžiagomis jis neužteršiamas. Maistas tampa saugus vartoti, nes sunaikinami mikroorganizmai, pvz., salmonelės, kampilobakterijos, listerijos ir t.t. Apšvita taip pat sulėtina bulvių bei kitų šakniagumbių dygimą (pvz., svogūnų ir česnakų), todėl pailgina daržovių bei vaisių laikymo laikotarpį. Ir vis dėlto, žmonės labai apdairiai taiko jonizuojančiąją spinduliuotę maistui ruošti, nors ji padėtų išvengti didelių nuostolių.</p>

Maisto apšvita

	<p>RADIOAKTYVUSIS ŽYMĖJIMAS</p> <p>Radioaktyvumas - tai atomo branduolio savybė, ir jo cheminėms savybėms turi įtakos tik išoriniai elektronai. Radionuklidas elgiasi kaip normalus atomas tol, kol įvyksta jo skilimas, o tada jis išspinduliuoja jonizuojančiąją spinduliuotę. Tą spinduliuotę galima aptikti. Ši savybė panaudojama nustatyti medžiagų pokyčius tam tikrose vietose, pvz., aukštakrosnėse, automobilio padangų gumoje, guolių metale, taip pat naftos tėkmės pokyčius požeminiame vamzdyne.</p>
--	---

Sienelių storio įvertinimas

<p><i>Injekcija</i> <i>Skystis</i> <i>Pirmasis detektorius</i> <i>Atstumas antrasis detektorius</i></p>	<p>Jeigu vamzdyne vyksta nuotėkis, nedidelis radioaktyviojo žymeklio kiekis, įdėtas į naftą, ištekės pro susidariusią kiaurymę ir liks grunte. Taip galima aptikti jonizuojančiąją spinduliuotę ant žemės paviršiaus ar net paties vamzdžio viduje.</p> <p><i>Žymeklio metodas srovės matavimui</i></p>
---	---

Beta radiacija	<p>MOKSLINIAI TYRIMAI</p> <p>AMŽIAUS NUSTATYMAS ANGLIES METODU Labai jautria įranga galima nustatyti natūraliai radioaktyvios anglies-14 kiekį organinėse medžiagose. Kol gyvi, visi organizmai ir augalai turi tokią pačią šio elemento koncentraciją kaip ir ore. Jiems žuvus, anglis per apykaitą nebeįsiburiama iš oro ir tas lygis, iki kurio sumažėja anglies- 14 kiekis, suteikia informaciją apie laiką, kada organizmas žuvo.</p> <p>ŽYMEKLIAI Gausi šiuolaikinė informacija apie biologiją susijusi su radioaktyviųjų atomų, kaip žymeklių, panaudojimu, jie gali būti įterpti į molekules, net ir DNR. Tokiu būdu galima nustatyti, kokį vaidmenį gyvybės procesuose atlieka molekulė.</p> <p>BUIITYJE Daugelyje namų apyvokos prietaisų yra radioaktyviųjų dalelių.</p> <p>DŪMŲ DETEKTORIAI Tai prietaisas, galintis išgelbėti gyvybę, - jame panaudotas jonizuojančiosios spinduliuotės detektorius ir radioaktyvusis šaltinis, americis-241, kurio skilimo pusperiodis yra 432 metai. Dūmų dalelės ore sąveikauja su jonizuojančiosios spinduliuotės detektoriumi, su dūmų detektoriumi, ir tokiu būdu įjungiamas aliarmo signalas.</p> <p>LIUMINESCUOJANTYS EKRANAI Atradus radiją, mokslininkai išmoko ją aptikti, kadangi jonizuojančioji spinduliuotė veiksma kai kurias žinomas medžiagas, pvz., fosforą, verčia ją išspinduliuoti šviesos žybsnį. Ši savybė pradėta naudoti laikrodžiuose - jų rodyklės buvo imta dažyti radžio ir fosforo mišiniu, kad jos šviestų tamsoje. Deja, žmonės, dažę tas rodyklės, prarydavo radžio dalelių ir apsinuodydavo. Šiuo metu vietoj radžio naudojamas tritis - jis taip pat sukelia fosforo žybsnius; tačiau nuo beta spinduliuotės nesunku apsisaugoti, taigi tritį galima naudoti saugiai.</p> <p style="text-align: right;"><i>Dūmų detektorius</i></p> <p>KARINĖ PASKIRTIS ATOMINĖS BOMBOS Atominės bombos buvo naudojamos 1945 metais - dvi tokios bombos buvo susprogdintos virš Hirosimos ir Nagasakio. Didžiulę žalą gyvybei bei turtui padarė galinga smūgio banga. Kai kurie iš išgyvenusiųjų, nepaisant atominės bombos poveikio, gavo radiacijos dozę siekiančią apie 1 gręjį (lygią maždaug 1 sivertui). Pavojus susirgti vėžiu jų tarpe apie 10% didesnis negu kitų Japonijos žmonių tarpe. Atominės bombos bandymai 1960 metais buvo atliekami tolimose vietose, tačiau radioaktyvūs krituliai iškrito visame pasaulyje ir 4 pamokoje įsitikinome, kad nedidelis jų kiekis vis dar iškrenta.</p> <p style="text-align: center;">53</p> <p style="text-align: right;"><i>Atominės bombos sproginimas</i></p>
----------------	--

	<p>ATOMINIAI POVANDENINIAI LAIVAI Jie varomi energija, kurią gamina branduoliniai reaktoriai. Šiems reaktoriams nereikia oro, kaip nafta ar anglimi varomiems varikiams, jie paprastai veikia suslėgto vandens principu, taikomu sausumoje elektros energijai gaminti.</p>
Tarptautinė atominės energijos agentūra	<p>APTARNAVIMAS TRANSPORTAS</p> <p>Radioaktyviųjų medžiagų transportavimas griežtai kontroliuojamas pagal taisykles, kurias parengė Tarptautinė atominės energijos agentūra. Priklausomai nuo radioaktyviųjų medžiagų rūšis ir kiekio, naudojamos specialios pakuotės. Ant didesnių pakuočių pritvirtinama trilapė etiketė. Panaudotas uranas perdirbamas ir vežamas cisternose specialiomis mašinomis. Šios cisternos išbandomos - panardinamos į vandenį bei ugnį siekiant įsitikinti, ar nelaimingo atsitikimo metu jos liktų sandarios. IAEA taisyklės taikomos ir transportuoti kitus, mažesnius šaltinius lignoninėse bei pramonėje.</p>
Radioaktyviųjų atliekų kategorijos	<p>RADIOAKTYVIOSIOS ATLIEKOS Radioaktyviųjų atliekų neutralizavimas taip pat kontroliuojamas laikantis griežtų taisyklių. Visos radioaktyviosios medžiagos iš lignoninių, gamyklų ir net seni liuminescuojantys laikrodžiai privalo būti saugiai neutralizuoti. Branduolinio skilimo produktai sudaro didžiąją neutralizuojamų radioaktyviųjų medžiagų dalį. Yra trys <i>radioaktyviųjų atliekų kategorijos</i>.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mažo intensyvumo radioaktyviosios medžiagos, kurių radioaktyviojo skilimo periodas yra trumpas ir kurių dideli kiekiai susidaro branduolinės energijos gamybos metu, užkasamos metaliniuose būgnuose numatytose vietose. Maždaug trečdalis viso metinio kiekio gaminama lignoninėse bei pramonėje. 3. Vidutinio intensyvumo atliekos turi būti saugomos užbetonuojant. 4. Didelio intensyvumo atliekos perdirbamos į stiklą saugoti nuolatinai. <p>Kietos atliekos būgninėse kapsulėse. Būgnai sustiprintoje pakuotėje. Pakuotė slėptuvėje. Slėptuvė gilioje, stabilioje geologinėje formacijoje.</p>
Daugiabarjerė radioaktyviųjų atliekų apsauga	

PAGRINDINIAI KLAUSIMAI

- Pagrindinės jonizuojančiosios spinduliuotės ir radioaktyviųjų medžiagų panaudojimo sritys yra: medicina, pramonė, moksliniai tyrimai, buitinis ir karyba.
- Pateikiama kiekvienos sritys pavyzdžių.

- Maistas, tapęs saugus vartoti apšvitintas gama spinduliuote, nepasidaro radioaktyvus ir jo vartotojas neapšvitinamas jokia jonizuojančiąja spinduliuote.

KLAUSIMAI

4. Parenkite sąrašą jonizuojančiosios spinduliuotės panaudojimo būdų, kuriuos taikant regėjote ar apie kuriuos teko skaityti laikraščiuose. Aptarkite šių būdų taikymo privalumus ir trūkumus.
5. Paprašykite pavaizduoti ar aprašyti radiacijos panaudojimo būdus.
6. Daugelis žmonių linkę prieštarauti prieš radioaktyviųjų medžiagų perdirbimo gamyklų statybą netoli jų būstų. Aptarkite tokio pasipriešinimo priežastis.

Mokytojo knyga

14-16 metų

V lygis

Atomas ir branduolinė energija

Tikslai

Pamokos pabaigoje mokinius:

- Gali paaiškinti supaprastintą atomo struktūrą
- Gali apibūdinti skilimo procesą.
- Gali išvardyti tris atominių elektrinių tipus.
- Gali supaprastintai paaiškinti, kaip veikia suslėgto vandens reaktorius

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ

60 minučių (ar 2 x 30 minučių).

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

2 skyrius: Atomo struktūra.

PASIŪLYMAI DĖSTYMUI

0) Pasirengimas :

- * Pamėginkite gauti tam tikrą garsinę vaizdinę medžiagą, demonstruojančią, kaip veikia branduolinis reaktorius.
- 2) Pradėkite pamoką nuo diskusijos apie elektros energijos svarbą mūsų gyvenime. Paprašykite mokinių suskaičiuoti, kiek elektrinių variklių jie turi namuose (pvz.: ventiliatoriai, siurbliai ir t.t.). 3 klausimas turėtų būti sukoncentruotas į šią sritį.
- 3) Paaiškinkite atomo struktūrą remdamiesi pirmąja teksto dalimi. Pasiremkite 19 ir 20 paveikslais. Grįžkite prie 1 klausimo.
- 4) Paprašykite mokinių perskaityti antrąją teksto dalį (Uranas - atominių elektrinių degalai).
- 5) Paprašykite mokinių papasakoti savais žodžiais, kaip veikia suslėgto vandens reaktoriai (Žr. 2 klausimą).
- 6) Leiskite mokiniams atsakyti į 4 ir 5 klausimus.
- 7) Europos šalies valstybė nori pastatyti naują atominę elektrinę. Pagrindinė problema - surasti tinkamą vietą. Vieta, kurią norėtų parinkti vyriausybė, nepatinka vietos gyventojams. Surežisuokite vaidinimą, kur vyriausybė ir vietos gyventojai yra priešiniai: vieni mokiniai atstovauja vyriausybei, kiti - vietos gyventojams. Prieš vaidinimą duokite mokiniams laiko pasiruošti argumentus.

- 8) Po vaidinimo paprašykite likusią klasės dalį nuspręsti, kurios šalies argumentai buvo įtikinamesni.

UŽDUOČIŲ KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI

- 1) Kodėl radionuklidas su neutronų pertekliumi branduolyje spinduliuoja beta daleles, bet ne neutronus?

Kai spinduliuojama beta dalelė, neutronas transformuojamas į protoną, tad neutronų pertekliaus nebėlieka.

- 2) Paaiškinkite, kokios saugos priemonės taikomos suslėgto vandens reaktoriuje.

Urano oksido tabletės dedamos į nerūdijančio plieno vamzdžius, kad šie sulaukėtų skilimo produktus.

- 3) Kodėl nelaukiama, kol anglis ir nafta bus sunaudoti, - juk tik po to būtų galima imtis naudoti branduolinę energiją? Kodėl nepasitikime atsinaujinančiais energijos šaltiniais? Aptarkite tai.

- 4) Kodėl atominės elektrinės gali sprogti kaip atominės bombos?

Reaktoriuje yra tik tiek urano, kad jis ir lėtintuvas veiktų saugiai. Tai, o dar kontrolinių strypelių naudojimas, riboja gaminamos energijos kiekį.

- 5) Pamokoje matėme, kad atominių elektrinių radioaktyviųjų medžiagų iškritos sudaro labai nedidelę metinę Europos žmonių apšvitos dozę. Kiek kilometrų turėtumėte skristi kiekvienais metais, kad gautumėte tokią pat metinę dozę?

Metinė dozė yra 0,001 mSv, apie 1/20 dozės, gaunamos per 5000 km skrydį, tad nuotolis būtų 250 kilometrų.

7 PAMOKA

Šiuolaikiniame gyvenime elektra yra būtina mūsų namuose ji naudojama virti ir šildyti, skalbimo mašinoms, televizoriams ir taip toliau. Mes taip priklausome nuo elektros energijos, kad kai jos nėra, mūsų gyvenimas griūva. Gauname elektrą iš centrinių elektrinių, kurių daugelis kūrenamos anglimi, nafta ar dujomis. Siekdamos patenkinti didėjantį energijos poreikį, daugelis šalių papildo savo reikmes naudodamos branduolinę energiją, - tai bus aptarta toliau.

14-16 metų.

Atomas ir branduolinė energija

Skilimo energija	<p>BRANDUOLINĖ ENERGIJA</p> <p>Energija, išsiskirianti deginant anglį ar naftą, susidaro kaip rezultatas cheminės reakcijos, kurios metu paveikiamas tik atomo elektronų apvalkalas. Branduolinė energija susidaro dėl skilimo proceso, kuriuo metu išsiskiria nepaprastai didelis energijos kiekis palyginti su cheminėmis reakcijomis. Bet skilimo reakcija gali vykti tik sunkiajame branduolyje, kokį turi urano atomas. Prieš aiškindamiesi, kaip vyksta ši reakcija, turime smulkiau aptarti atomo struktūrą.</p>
ATOMAS	<p>ATOMO STRUKTŪRA</p> <p>Visa, kas mus supa, sudaryta iš atomų, - jie yra tartum plytos, iš kurių sukurta visa materija. Graikai suvokė, kad atomas yra pati mažiausioji materijos dalis, ir suteikė jam pavadinimą, kurį vartojame iki šiol, - “daiktas, kuris yra nedalomas”. Nedalomas atomas gyvavo iki 1897 metų, o tada seras Džozefas Tompsonas atrado, jog jį galima suskaidyti į mažesnes dalis. Pasak jo, atomas yra tarsi “slyvų pudingas” su elektronų intarpais. 1913 metais Nilsas Boras ir Volteris Bota nustatė, kad atomą sudaro branduolys su protonais ir elektronais, kurių supa elektronai, skriejantys savo orbitomis. Dabar manoma, kad elektronai sudaro apvalkalą, kaip pavaizduota atomo schemeje žemiau.</p> <p><i>Helio atomas</i></p>
Elektronai Protonai Atomo skaičius	<p>Pasinaudojus šia idėja buvo sudarytas atomo vaizdas, davęs labai didelę naudą. Tokiu būdu buvo nustatyta, jog elektronai yra nedideli elektros krūviai; kiekvienam elektronui būdingas neigiamas krūvis, kurį galima pašalinti iš atomų trinant! Suprantama, atomas yra neutralus, taigi elektronų krūvio pusiausvyrą galima palaikyti išlaikant teigiamą atomo branduolio krūvį. Šį krūvį užtikrina protonai. Kiekvienas jų gana tiksliai atitinka vieną elektroną ir laiko jį išoriniame apvalkale (elektros krūvių atsvara).</p> <p>Protonų skaičius atome sudaro atomo skaičių.</p>
Atomo masės skaičius	<p>Protonai ir neutronai apie 2000 kartų sunkesni negu elektronas ir sudaro atomo masę.</p> <p>Apibendrinami galime pasakyti, kad :</p> <p>Atomo masės skaičių = sudaro protonų ir neutronų skaičiaus suma,</p> <p>Atomo skaičius atitinka protonų skaičių.</p>
Vandens molekulė	<p>Įvertinkime deguonį, kurio atomas didesnis negu helio. Jo branduolyje yra 8 protonai ir 8 neutronai. Žinoma, deguoniui priskiriamas atomo skaičius 8, kadangi jame yra 8 protonai, atsveriantys 8 elektronus ir tai daro atomą neutraliu. Šie 8 elektronai turi skrieti orbitose aplinkui branduolį ir manome, kad</p>

Branduolinės energijos gamyba Europoje 1990 metais
 ELEKTROS ENERGIJA, IŠGAUNAMA IŠ BRANDUOLINĖS ENERGIJOS
 EUROPOS BENDRIJOJE

ŠALIS	% ELEKTROS ENERGIJA PROCENTAIS, IŠGAUNAMA IŠ BRANDUOLINĖS ENERGIJOS
Jungtinė Karalystė (Didžioji Britanija)	19,7
Prancūzija	74,5
Belgija	60,1
Vokietija	33,1
Olandija	4,9
Ispanija	35,9
Danija	0
Airija	0
Italija	0
Graikija	0
Portugalija	0
Liuksemburgas	0
VISO EB	34,8

Žemiau pateiktoje lentelėje išvardyti reaktorių tipai, naudojami mūsų dienomis elektros energijai gaminti (skaičiai paskelbti „Eurostat“, 1991).

Elektros gamybos reaktorių tipai

TIPAS	REAKTORIŲ % EB	ŠALDIKLIS/ LĒTINTUVAS	URANO KURAS	KOMENTA- RAS
Suspausto vandens reaktorius PWR	80	Vanduo/vanduo	Sodrintas	Garui gaminti naudojama antrinė vandens apytaka
Verdančio vandens reaktorius BWR	9	Vanduo/vanduo	Sodrintas	Reaktoriaus šaldikliui leidžiama užvirti - taip gaunami garai
Natūralus urano-dujų grafito reaktorius UNGG	4,5	CO ² / grafitas	Natūralus	CO ² dujos kaitina atskirtą vandenį sistemoje ir gaunamas garas. Panašus į JK reaktorių „Magnox“ reaktorių

Patobulintas dujomis šaldomas reaktorius AGR	6,2	CO ² / grafitas	Mažai sodrintas	CO ² dujos kaitina vandenį atskiroje sistemoje
Reaktor bolšoi moščnosti kipiačenija RBMK	0	Vanduo/ grafitas	Mažai sodrintas	Įvyko sunki avarija SSSR, 1986 metais

PAGRINDINIAI KLAUSIMAI

- Atomai gali būti apibūdinti kaip branduolys, kuriame yra skirtingas protonų ir neutronų skaičius ir kurio išorinį apvalkalą sudaro elektronai.
- Branduoliniame reaktoriuje yra urano kuras, lėtintuvas ir kontroliniai strypai, o šiluma išsiskiria skilimo proceso metu.
- Populiariausias yra suspausto vandens tipo reaktorius.
- Branduolinės energijos jėgainės pagamino apie 34,8% visos elektros, pagamintos Europos Bendrijoje 1990 metais.

KLAUSIMAI

1. Kodėl radionuklidas su neutronų pertekliumi branduolyje spinduliuoja beta daleles, bet ne neutronus?
2. Paaiškinkite kokios saugos priemonės taikomos suslėgto vandens reaktoriuje.
3. Kodėl, užuot palaukus, kol bus sunaudoti anglis ir nafta, imamasi naudoti branduolinę energiją? Kodėl nepasitikime atsinaujinančiais energijos šaltiniais? Aptarkite tai.
4. Kodėl atominės elektrinės stotys gali sprogti kaip atominės bombos?
5. 4 Pamokoje sužinojome, kad atominių elektrinių radioaktyviųjų medžiagų iškritos sudaro labai nedidelę metinę Europos gyventojų patiriamos apšvitos dalį. Kiek kilometrų turėtumėte skristi kiekvienais metais, kad gautumėte tokią pat metinę dozę?

Mokytojo knyga

14-16 metų

V lygis

Branduolinė energija ir aplinka

Tikslai

Pamokos pabaigoje mokiny:

- Gali paaiškinti, kaip įvyko Černobylio avarija.
- Gali papasakoti, kaip radioaktyviosios medžiagos išsiskiria į aplinką.
- Žino, kad reaktorių avarijos ir incidentai registruojami pagal 8 taškų skalę.

SIŪLOMA MINIMALI TRUKMĖ

60 minučių (ar 2 x 30 minučių).

TECHNINIŲ PRIEDŲ NUORODOS

5 skyrius: Biologinis jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis.

6 skyrius: Apsauga nuo jonizuojančiosios spinduliuotės.

7 skyrius: Jonizuojančiosios radiacijos panaudojimas ir radioaktyvumas.

PASIŪLYMAI DĖSTYMUI

0) Pasirengimas :

- * Pamėginkite gauti tam tikrą garsinę ir vaizdinę medžiagą, iliustruojančią Černobylio avariją.
 - * Parinkite laikraščių iškarpa, atspindinčių pranešimų apie tas ar kitas avarijas prieštaringumą.
3. Paklauskite mokinių, ar jie prisimena kokias nors avarijas, susijusias su atominėmis elektrinėmis. Kada atominės elektrinės avarija tampa pasaulinės svarbos? Ką jie prisimena apie Černobylio avariją 1986 metais? Naudodamiesi tarptautine branduolinių avarijų skale, palyginkite Černobylio avariją su kitomis avarijomis.
 4. Paprašykite mokinių perskaityti tekstą ir išspręsti 1 ir 2 užduotis.
 5. Aptarkite atsakymus. Galite pateikti papildomos informacijos apie skirtumus tarp Černobylio elektrinės ir kitų tipų Europos elektrinių. Pasiremkite 7 pamoka.
 6. Parenkite mokykloje avarijų skalę avarijoms ir incidentams vertinti.
Pavyzdys: 3 skalė, sunkus incidentas ir t.t.
 5. Pateikite mokiniams 3 užduotį.

Įvertinkite 3 užduoties atlikimo rezultatus 1 pamokoje ir pakartokite pirminį 1 pamokos žinių testą. Apžvalga ir tekstas gali būti pateikti šioje pamokoje, paskutinėje šiame kurse.

UŽDUOČIŲ KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI

2. Apibūdinkite 1986 metų balandžio 26 dieną įvykusios Černobylio avarijos priežastį.
3. Nurodykite radioaktyviųjų medžiagų iškritų pėdsakus piešinyje, kuriame nurodyti jų plitimo keliai.
4. Atpasakokite laikraščio straipsnį apie 1986 metų atsitikimą - apie vaiką fermoje prie Pripetės.

8 PAMOKA

Darbuotojų ir visuomenės sauga svarbi kiekvienoje pramonės srityje. Atominės elektrinės yra labai dideli agregatai. Jos sukonstruotos labai apdairiai ir turi būti valdomos laikantis labai griežtų reikalavimų. Bet koks didelis radioaktyviųjų medžiagų šaltinis gali kelti pavojų, jei tos medžiagos atsitiktinai išsiveržia į aplinką. Tarp 1945 ir 1985 metų pasaulyje įvyko per 170 avarių, susijusių su didžiuliais radioaktyviųjų medžiagų šaltiniais. 40% tų avarių priežastis buvo pramoniniai gama spinduliuotės šaltiniai. Tuo laikotarpiu įvyko trys avarijos, susijusios su atominiais reaktoriais. Rimčiausia avarija nutiko Černobylyje.

14-16 metų.

ATOMINĖ ENERGIJA IR APLINKA

ATSAKAS Į NELAIMINGUS ATSTITIKIMUS

BSS direktyvoje iš šalių bendrijos narių reikalaujama adekvačių atsakomųjų priemonių prieš kritinę radiologinę situaciją apšvitinimo dėl kritinės radiologinės situacijos atveju. BSS direktyvoje reikalaujama imtis priemonių, jei radiologinių skilimo produktų pašalinimo priemonės pateisintų žalą ir priemonių kaštus. Šių priemonių pobūdis ir trukmė nustatomi optimalia, siekiant maksimalios naudos pašalinant radioaktyvias atliekas. Šalys bendrijos narės turi įvertinti kritinės radiologinės situacijos padarinius pagal radioaktyviųjų medžiagų, pasklidusių tokios avarijos metu, paplitimą. Taip pat įvertinamos galimos apšvitos dozės.

Pagal BSS direktyvomis numatytą priemonių sistemą taikomi veiksmai, nukreipti į patį šaltinį, siekiant sumažinti ar sustabdyti pačią tiesioginę

<p>Planas nelaimingų atsitikimų atvejais</p> <p>Priemonės</p>	<p>Nepaisant visų taikomų saugos priemonių, negalima atmesti atsitiktinumo, - kad eksploatuojant atominę elektrinę įvyks avarija. Todėl kiekvienam reaktoriui valdančiosios institucijos paruošia <i>priemonių planą nelaimingų atsitikimų</i> atvejais. Visuomenė apsaugoma taikant įvairias priemones, kurios turėtų sumažinti jonizuojančiosios spinduliuotės dozę, gaunamą nelaimingo atsitikimo atveju. Tarp tų priemonių numatomos ir tokios, kaip evakuacija, taikoma tuo atveju, jei jonizuojančiosios spinduliuotės lygis būtų peržengtas.</p> <p>Taikomos priemonės:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) slėptuvės; b) stabilaus jodo tablečių išdalijimas; d) laikina evakuacija bei draudimas įeiti į užterštą teritoriją; e) ilgalaikis persikėlimas; f) draudimas vartoti užterštą maistą ir gėrimus. <p>Kokį pavojų kelia visuomenei veikiančios atominės elektrinės? Vidutinė dozė, kurią gauna visuomenės narys elektrinei veikiant normaliu režimu, yra apie 0,001 mSv per metus. Jonizuojančiosios spinduliuotės keliamas pavojus pavieniam individui yra labai mažas, nors įmanoma nustatyti labai nedidelį bendrą pavojų, kuomet apšvitinamas labai didelis žmonių skaičius.</p>
---	--

<p>Černobylis</p> <p>Černobylis atominės elektrinės vieta</p>	<p>ČERNOBYLIO REAKTORIAUS AVARIJA</p> <p>Pati sunkiausia iš atominių avarijų įvyko Černobylyje, buvusioje Sovietų Sąjungoje, 1986 metais, - vienas iš keturių elektrinės RBMK reaktorių buvo sunaikintas dėl konstrukcijos klaidų ir darbuotojų apsirikimo.</p> <p>RBMK-1000 reaktorius buvo vienas iš 14 šio tipo reaktorių. Jis buvo pastatytas prie Pripetės upės, apie 60 mylių į šiaurę nuo Kijevo. RBMK reaktorius buvo pagamintas remiantis pirmuoju reaktoriumi pasaulyje, pradėjusiu gaminti elektros energiją Obninske 1954 metų birželio mėnesį. RBK kuras buvo laikomas vamzdžiuose. Reaktorius buvo aušinamas vandeniu - vamzdžiuose šis virsdavo garu. Garas patekdavo į du turbogeneratorius, kurie gamindavo elektros srovę, siekdavusią 1020 MW.</p> <p>Avarija įvyko 1986 metų balandžio 26 dieną, kai reaktorius buvo perjungtas gaminti garą turbogeneratoriui, kuris tuo metu buvo tikrinamas. Tikrinimo metu buvo išjungti kai kurie apsaugos įrenginiai ir reaktorius pasiekė tokį energijos gamybos lygį, kuris tapo nebestabilus. Pradėjus išbandymą, reaktoriaus išskiriamos energijos kiekis buvo 10 kartų didesnis už maksimalią galią. Aušinimo sistema nebegalėjo susidoroti ir įvyko sproginimas, dėl kurio 1000 tonų svorio betoninis stogas išlėkė į orą ir reaktoriaus vidus atsivėrė. Reaktoriaus turinys įkaito iki baltumo ir liepsna persimetė į antrąjį reaktorių tame pačiame pastate. Radioaktyviųjų medžiagų šleifas iškilo iki 1 km aukščio ir per artimiausias dešimt dienų į aplinką pateko 70 PBq cezio-137 (22 kg masės) ir 630 PBq jodo-131. Apie 1/3 šių išmetamųjų medžiagų nusėdo Europoje, o didžioji dalis - SSSR teritorijoje. Radioaktyviųjų medžiagų išmetimas baigėsi, kai ginkluotosios pajėgos iš sraigtasparnių pradėjo mėtyti į reaktorių šviną ir smėlį. Galiausiai reaktorius buvo „palaidotas“ po betono sarkofagu.</p> <p>Ugniagesiai ir gelbėtojų komandos išgelbėjo kitus reaktorių ir užgesino liepsną. Sprogimo metu du žmonės žuvo, 29 netrukus mirė dėl smarkaus apšvitinimo jonizuojančiąja spinduliuote. Po trijų dienų nuo avarijos mirė sraigtasparnio lakūnas ir dar septyni ugniagesiai.</p> <p>Vėjas išnešiojo radioaktyvias medžiagas daugeliu kryptų, ir netrukus po šios avarijos per 40 000 Pripetės gyventojų buvo evakuoti. Gerokai daugiau žmonių buvo apšvitinta radioaktyviųjų teršalų; iškritusių daugelio mylių spinduliu. Per pirmuosius metus buvo evakuota daugiau kaip 116 000 žmonių. Kai kurie buvo vėl išskeldinti, dar vėliau buvo evakuota 50 000 ir 200 000 žmonių. Tai žmonėms sukėlė didelį stresą, jie nebegalėjo dirbti žemės, vaikai privalėjo būti viduje ir daugelis valstiečių negalėjo valgyti ar parduoti savo fermų produktų. Černobylį supančių vietovių gyventojai gavo dideles radiacijos dozes, kurios apšvitino skydliaukę dėl radioaktyvaus jodo. Baltarusijoje gyvenančių vaikų tarpe užregistruotas padidintas skydliaukės vėžio susirgimų skaičius ir iki 1994 metų trys jų mirė, tuo padidindami avarijos aukų skaičių iki 42.</p> <p>Gali praeiti keletas dešimtmečių, kol visiškai praeis avarijos pasekmės. Europos Bendrijos komisijos delegacija apsilankė Ukrainoje 1993 metais ir buvo pareikšta, kad ateityje galima tikėtis dar daugiau mirčių sukeltų vėžio. Jie pareiškė, kad viso gamtinių vėžių padidėjimas 1% galimas tų asmenų tarpe, kurie dirbo tvarkydami avarijos pasekmes ir tarp tų, kurie gyveno užkrėstose teritorijose aplinkui Černobylį.</p>
---	---

ESMINIAI KLAUSIMAI

- Siekiant išvengti radioaktyviųjų medžiagų sklaidos aplinkoje, numatomos įvairios priemonės reaktorių avarijų atvejais.
- Černobylio avarija buvo sunkiausia branduolinė avarija pasaulyje.
- Veiksmai siekiant užkirsti kelią radioaktyviųjų medžiagų sklaidai paveikė Rusijos gyventojų gyvenimą.
- Dabar vertinamas uždelsto poveikio efektas.
- Tarptautinė branduolinių įvykių skalė vertina atsitikimą perspektyvoje.

KLAUSIMAI

2. Apibūdinkite 1986 metų balandžio 26 dieną įvykusios Černobylio avarijos priežastį.
3. Nurodykite radioaktyviųjų medžiagų išmetimo pėdsakus piešinyje, kuriame pažymėti jų plitimo keliai.
4. Atpasakokite laikraščio straipsnį apie 1986 metų atsitikimą su vaiku fermoje prie Pripetės.

TECHNINIS PRIEDAS

Istorinis įvadas-	1
Atomo struktūra-	5
Nejonizuojančioji spinduliuotė -	9
Radioaktyvumas ir jonizuojančioji spinduliuotė -	13
Biologinis jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis-	17
Apsauga nuo jonizuojančiosios spinduliuotės-	23
Jonizuojančios spinduliuotės panaudojimas ir radioaktyvumas-	27
Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės-	35

ŽODYNĖLIS

BIBLIOGRAFIJA

INFORMACIJA

TECHNINIS PRIEDAS

BENDRA APŽVALGA

JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

NEJONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

DALELĖS NEUTRONAI PROTONAI

į

ELEKTROMAGNETINĖS BANGOS

GAMA

RENTGENO SPINDULIUOTĖ

FOTONAI

ELEKTROMAGNETINĖS BANGOS

UV

INFRARAUDONOSIOS = ŠILUMA

ŠVIESA

MECHANINĖS

ULTRAGARSAS

GARSAS

TECHNINIS PRIEDAS

1 SKYRIUS

ISTORINIS ĮVADAS

Jonizuojančioji spinduliuotė

Elektromagnetinė jonizuojančioji spinduliuotė	<p>1831 metais Maiklas Faradėjus atrado gamtines elektros jėgas, kurios supa elektros krūvį, o 1873 metais Džeimsas Maksvelas panaudojo šią koncepciją <i>elektromagnetinės jonizuojančiosios spinduliuotės</i> ypatybėms paaiškinti. Jo teorija remiamasi iki mūsų dienų. Rentgeno spinduliai, kuriuos sukūrė Vilhelmas Rentgenas 1895 metais, ir buvo pavadinti elektromagnetine jonizuojančiąja spinduliuote. Rentgenas panaudojo aparatą, kuriame aukštos įtampos elektronai buvo nutaikyti į metalinių taikinių, iš kurio tie patys Rentgeno spinduliai ir sklido. Jis pademonstravo, kaip spinduliai prasiskverbia per žmogaus kūno audinius. Naudodamasis fotografine plokštele, jis gebėjo išryškinti žmogaus kaulų šešėlį - nuo to ir prasidėjo rentgeno spindulių panaudojimas medicinos reikmėms. Jų poveikis gyvam audiniui gali būti kenksmingas - nustatyta, kad rentgeno spinduliai gali būti jonizuojančios spinduliuotės forma. Saulės šviesa, matomoji dalis, ir ją lydinti <i>nematomoji ultravioletinė jonizuojančioji spinduliuotė</i> ir <i>infraraudonoji jonizuojančioji spinduliuotė</i> taip pat yra elektromagnetinė jonizuojančioji spinduliuotė. Mums žinomos radijo bangos, taikomos ryšiams, taip pat yra elektromagnetinės, panaši jonizuojančioji spinduliuotė yra spinduliuojama iš daugelio namų apyvokos šaltinių ir pramonės įrenginių. Aišku, ji nėra tokia kenksminga, kaip rentgeno spinduliai; tiesą sakant, ji nesukelia jonizacijos ir vadinama <i>nejonizuojančiąja spinduliuote</i>.</p> <p>Kitos nematomos jonizuojančiosios spinduliuotės formos, vadinamos kosmine spinduliuote, yra skleidžiamos nuo Saulės ir kosminės erdvės. Dabar žinome, kad jos susideda iš tam tikrų labai skvarbių jonizuojančiosios spinduliuotės spindulių. Tolesniais tyrimais nustatyta, kad jonizuojančioji spinduliuotė sklinda iš pačios žemės, tad išvengti kontakto su šia jonizuojančiąja spinduliuote nėra galimybės. Jonizuojančiosios spinduliuotės spindulių sklidimą iš mineralų aptiko Henris Bekerelis 1896 metais, ir dabar jau žinoma, kad tai būdinga savybė daugelio atomų, iš kurių susideda Žemė ir visi gyvi Žemės sutvėrimai. Žemės šaltiniai yra atomai, jie natūraliai skyla ir laikomi radioaktyviais; jie skleidžia jonizuojančiąją spinduliuotę, kadangi transformuojasi <i>branduolio</i> skilimo proceso metu. Ši jonizuojančioji spinduliuotė susideda iš trijų pagrindinių tipų: alfa, beta ir gama spinduliuotės.</p> <p>Jonizuojančiosios spinduliuotės ir radioaktyvumo tyrimas suvaidino svarbų vaidmenį šiuolaikinių žinių apie materiją evoliucijoje bei tiriant <i>atomo</i> struktūrą.</p> <p>Žemiau pateikiama lentelė apie darbus šiuolaikinių mokslininkų - jonizuojančiosios spinduliuotės ir radioaktyvumo atradėjų.</p>
Rentgeno spinduliai	
Elektronai	
Jonizuojančioji spinduliuotė	
Ultravioletinė Infraraudonoji	
Nejonizuojančioji spinduliuotė	
Branduolys	
Atomas	

Materijos struktūra

DATA	VARDAS	ATRADIMAS
------	--------	-----------

400 iki Kristaus gimimo	DEMOKRITAS	Atomas yra mažiausia elemento dalis
1831	Maiklas FARADĖJUS	Elektros jėgų savybės
1873	Džeimsas Maksvelas	Elektromagnetinės bangos
1895	Vilhelmas Rentgenas	Rentgeno spinduliai
1895	Henri Bekerelis	Jonizuojančiosios spinduliuotės spinduliavimas iš mineralų
1897	Seras Džozefas Tompsonas	Elektrono idėja
1898	Pjeras ir Marija Kiuri	Radžio išskyrimas iš dervos mišinio
1900	Maksas Plankas	Kvantų teorija ir fotono, kaip energijos pliūpsnio, idėja
1903	Seras Ernestas Rezerfordas	Alfa dalelės ir irimo serijos idėja
1905	Albertas Einšteinas	Masė ir energija yra ekvivalentiškos
1908	Hansas Geigeris	Jonizuojančiosios spinduliuotės detektorius
1913	Nilsas Boras ir Valteris Bote	Atomo branduolys ir orbitiniai elektronai
1930	Ernestas Lourensas	Ciklotronas
1931	Seras Džeimsas Čadvikas	Branduolio sudėtyje yra protonai ir neutronai
1934	Frederikas Žolio ir Irena Kiuri	Neutronas panaudojamas dirbtiniam radioaktyvumui sukurti
1938	Oto Hanas ir Fridrichas Štrasmanas	Bario gamyba iš urano, bombarduojamo neutronais
1938	Lize Meitner ir Oto Frišas	Branduolinio skilimo idėja
1939	Hansas fon Halbanas Frederikas Žolio Levas Kovarskis	Neutronų išsiskyrimas skilimo proceso metu.
1942	Enriko Fermi	Pirmasis branduolinis reaktorius pradeda veikti Stagg Fielde, Čikagoje, JAV

Branduolinės saugos istorija

<p>Netrukus po to, kai Rentgenas atrado rentgeno spindulius, jie buvo pradėti taikyti medicinos tikslais, tačiau, deja, daug gydytojų ar radiologų susirgdavo. Netrukus buvo nustatytas pavojingas pernelyg didelės apšvitos poveikis. 1928 metais ieškant šios problemos sprendimo buvo įkurta Tarptautinė radiologinės apsaugos komisija (ICRP). Jau minėta, kad jonizuojančioji spinduliuotė, spinduliuojama iš žemės, kartu su atkeliaujančiais į žemę kosminiais spinduliais yra natūrali mūsų gamtinės aplinkos dalis. Radioaktyvumas taip pat tapo kūrinium žmogaus, pasinaudojusio neutronais, kurie susidaro branduoliniuose reaktoriuose ir bus apibūdinti vėliau. Matomoji šviesa, infraraudonoji jonizuojančioji spinduliuotė ir keletas kitų spinduliuotės rūšių, tiek sukurtų žmogaus, tiek gamtinių, nesukelia jonizacijos, tačiau gali daryti kenksmingą poveikį gyviesiems audiniams, todėl privalo būti kontroliuojami. Taigi, abiejų, tiek jonizuojančiosios, tiek nejonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių, tiek gamtinių, tiek sukurtų žmogaus, kontrolė yra būtina visuomenės sveikatos apsaugos sąlyga.</p>	<p>Tarptautinė radiologinės saugos komisija (ICRP)</p> <p>Jonizacija</p>
<p>Dabar galime įvertinti jonizuojančiosios spinduliuotės dozę, kurią gauna žmogus, apšvitintas tokio šaltinio, kaip rentgeno aparatas. Veiklioji dozė išreiškiama standartiniais vienetais, iš kurių vienas milisivertas, ir gali būti nustatyta matavimo instrumentais ir taikant patikimus dozės apskaičiavimo metodus. Istorijos faktai pateikti žemiau, leidžia apibendrinti mūsų dienomis taikomų radiacinės saugos priemonių evoliuciją.</p>	<p>Dozė</p> <p>Veiklioji dozė</p> <p>Milisivertas</p>

1556	Agrikola rašė apie kalnakasius, mirštančius jauname amžiuje Joachimstalo kasyklose.
1902	S. Robinsas siūlo rentgeno spinduliuotės apšvitos ribine doze laikyti jonizuojančiosios spinduliuotės dozę, nuo kurios pajuoduoja fotografinė plokštelė, t. y. maždaug 100 mSv per dieną.
1914	Kiuri priimtas kaip aktyvumo vienetas
1920	Britanijos rentgeno spinduliuotės ir radžio komitetas siūlo bendras radiacinės saugos rekomendacijas.
1925	Pirmasis Tarptautinis radiologijos kongresas (ICR) sudaro komitetus ir apibūdina poreikį limituoti radiacinę apšvitą. Autoriai, tarp jų ir Mutšeleris, siūlo 1/10 odos eritemos dozę laikyti metinę apšvitos ribą.
1928	Rentgenas priimtas kaip radiacinės apšvitos vienetas
1928	Tarptautinis radiologijos kongresas sudaro Tarptautinę radiologinės saugos komisiją (ICRP) ir Tarptautinę jonizuojančiosios spinduliuotės vienetų ir matų komisiją (ICRU).
1951	ICRP pasiūlė pirmąją ribinės dozės rekomendaciją - 3 mSv per savaitę*.
1953	Priimti jonizuojančiosios spinduliuotės dozės vienetai radas ir remas.
1957	Euratomo sutartis
1958	ICRP patvirtina apibrėžimą, kad pavojus didėja sulig individo gaunama doze.
1959	ICRP rekomenduoja dozės ribą - 30mSv per 13 savaitių.

1959	Europos Bendrijos Taryba išleidžia pirmąją direktyvą, paremtą saugumo standartais visuomenės ir darbuotojų sveikatos apsaugos nuo jonizuojančios spinduliuotės pavojaus saugumo standartais.
1964	Kokybės veiksnys (dabar pakeistas jonizuojančiosios spinduliuotės slėgio veiksnium) pritaikytas atspindėti skirtingos radiacijos dozių santykį.
1966	ICRP pakoreguoja dozės ribą darbuotojams iki 50 mSv per metus.
1970	ICRP suformuluoja "ALARA - kiek įmanoma mažesnė" principą.
1977	ICRP priima sivertą kaip dozės vienetą ir įvairių audinių jautrumo (audinių slėgio faktorius) vertinimo pataisas.
1979	Generalinė svorių ir matų asamblėja sivertą (Sv) kaip patvirtina Tarptautinės sistemos vienetus: sivertą (Sv) - ekvivalentinės dozės, grėjų (Gy) - absorbuotos dozės, bekerelį (Bq) - aktyvumo.
1980	Europos Bendrijos Taryba papildo direktyvą dėl pagrindinių visuomenės ir darbuotojų sveikatos apsaugos nuo jonizuojančiosios spinduliuotės saugos standartų.
1984	Iš dalies pakeičiama Pagrindinių saugos standartų direktyva ir Specifinė paciento saugos direktyva išleidžiama.
1991	ICRP pasiūlė naujas rekomendacijas ir apibūdino veikliosios dozės vienetą sivertą (Sv) kaip absorbuotų dozių sumos rodiklį, visuose audiniuose ir kūno organuose, priklausomai nuo jonizuojančiosios spinduliuotės tipo ir audinio. Siūlomas dozės limitas darbuotojams siekia 100 mSv per 5 metus esant 50mSv ribai per bet kokius metus.
1992	Tarptautinė radiacinės saugos asociacija įkuria Tarptautinę nejonizuojančiosios spinduliuotės saugos komisiją, kuri (ICNIRP) perėmė ankstesnio komiteto, įsteigto 1977 metais, darbą.
*	Dozės riba šioje lentelėje nurodyta 1992 vienetais.

Grėjus
Bekerelis

Tarptautinė nejonizuojančiosios radiacinės saugos komisija

ATOMO STRUKTŪRA

Elektronai	Pirmajame skyriuje sužinojome, kad didžioji mūsų šiuolaikinių žinių apie atomą dalis buvo atrasta pirmojoje šio šimtmečio pusėje. Atomo, kaip “slyvų pudingo”, atomo, kuris sklaidinas elektronų, idėja kilo 1897 metais serui Džozefui Tompsonui. 1913 metais Nilsas Boras ir Valteris Bote išskėlė hipotezę, kad elektronai sukasi orbita aplinkui branduolį, tačiau dabar elektronai apibūdinami kaip vienas kitą užklojantys dangalai, nukreipti į viršų atitinkamai energetiniam lygiui. Buvo manoma, kad šių orbitų, arba lukštų, energija susijusi su ta energija, nuo kurios priklauso rentgeno spindulių išspinduliavimas. Apvaskalų idėja padėjo paaiškinti ir chemines elemento savybes, ypatingą atomo tipą. 1931 metais mažiausias branduolys, priklausęs lengviausiajam atomui, vandeniliui, pavadintas protonu. Nustatyta, kad dėl to, jog elektros krūvio paprastai neaptinkama, atomas elektros atžvilgiu turėtų būti neutralus. Norint pasiekti tokia
Protonas	elektros krūvių pusiausvyrą, protonui turėtų būti būdingas teigiamas krūvis, kuris turėtų būti lygus neigiamam elektrono krūviui ir jį atsverti. Šios idėjos panaudojimas įgalino identifikuoti atskirą atomą pagal elektronų skaičių jo apvaskale; toks pat yra ir jo protonų skaičius. Protonų
Atomo skaičius	skaičius ir sudaro elemento atominį numerį, kuris žymimas raide Z. Pavyzdžiui, deguonies branduoliui būdingi 8 protonai, kuriuos atsveria 8 jo apvaskalo elektronai. Jame iš viso yra 2 elektronai vidiniame apvaskale ir 6 – išoriniame, kur gali būti 8 elektronai. Vandenilio atomas branduolyje turi protoną ir vieną elektroną apvaskale. Taip du vandenilio atomai gali perimti du apvaskalo elektronus, ir jiems jungiantis su 6 deguonies elektronais susidaro pilnas 8 elektronų apvaskalas, kuris, kaip žinome, yra stabilus. Taip paaiškinama cheminė reakcija tarp 2 vandenilio ir vieno deguonies atomų, kurios metu susidaro vandens molekulė. Kai vandenilis dega ore, cheminė energija, atsipalaiduojanti šios reakcijos metu, tampa šilumos šaltiniu.
Vandens molekulė	Neutronas, kurį atrado seras Džeimsas Čadvikas 1931 metais, kaip dabar žinoma, yra branduolio dalis. Jam būdinga tokia pati masė kaip ir protonui, tačiau jis neturi elektrinio krūvio, tad visą branduolio masę sudaro bendras protonų ir neutronų skaičius. Tai kitas svarbus skaičius -
Neutronas Masės skaičius	masės skaičius, žymimas raide A. Neutronai ir protonai yra tartum statybos plytelės, iš kurių susideda visi elementai, tad paėmę vieną neutroną ir vieną protoną galime sukurti mažiausią branduolį, kuriame gali būti tiek neutronas, tiek protonas. Tai - yra vandenilio branduolys, kurio masės skaičius yra 2 ir kuris chemiškai yra identiškas vandeniliui. Šis branduolio tipas vadinamas izotopu, o šis ypatingas vandenilio izotopas - deuteriu. Vanduo, susidedantis iš šio tipo vandenilio atomo, kurio masę padvigubina mažiausias vandenilio atomas, vadinamas sunkiuoju vandeniu ir jo tankis yra didesnis nei paprasto vandens.
Izotopas	sunkesnę branduolį galime sukonstruoti branduolį, kuris yra sunkesnis, pridėdami dar vieną neutroną. Jame lieka vandenilio branduolys ir jis tampa trečiuoju izotopu- tričiu. Įvairūs elemento izotopai skiriasi savo masės skaičiumi, tad tris vandenilio izotopus galime suskirstyti į vandenilį- 1, vandenilį- 2 (deuterį) ir vandenilį-3 (tritį).
Trys vandenilio izotopai: vandenilis, deuterius, tritis	Vandenilio-3 atveju, atominės konstrukcijos procesas pažengė per toli, nes jo struktūroje atsidūrė pernelyg daug plytelių; šis vandenilio izotopas turi pernelyg daug neutronų ir yra nestabilus. Šis branduolio nestabilumas ir yra radioaktyvumo priežastis. Nestabiliojo tričio branduolys vėliau ar anksčiau privalo pasikeisti, ir didžiausi pokyčiai įvyksta, jei vienas iš dviejų neutronų išspinduliuoja elektroną, ir virsta protonu. Elektronas

Radžio-226 dezintegracija

Radis	1903 metais seras Ernestas Rezerfordas atrado urano radioaktyviojo irimo procesą ir nustatė, kad tai yra kai kurių radioaktyviųjų elementų susidarymo pradžia, elementų, kurių radioaktyvumas nustatytas ir kurių vienas buvo išskirtas iš urano rūdos 1898 metais. Tą padarė Pjeras Kiuri ir Marija (Skłodovska) Kiuri. Kaip nustatyta, radis buvo vienas iš skilimo metu susidariusių elementų. Visa skilimo produktų grupė turi įtakos natūraliajam žemės radioaktyvumui. 1934 metais Frederikas Žolio ir Irena Kiuri vykdė eksperimentus panaudodami neutronų spindulį ir sukūrė dirbtinį radioaktyvumą. Nustatyta, kad aliuminis sugeria neutroną ir transformuojasi į fosforą-32. 1939 metais Hansas fon Halbanas, Frederikas Žolio Kiuri ir Levas Kovarskis neutronų spinduliu paveikė uraną ir suskaldė jo branduolį. Tokiu būdu buvo aptiktas garsusis skilimo procesas. Dabar žinome, kad neutronų lydymas urano-235 skilimas sąlygoja branduolio skilimą į dvi dalis, kurių kiekviena yra lengvesnis elementas arba nuklidas, pavyzdžiui, kriptonas-89 arba baris-144. Skilimo reakcija prasideda nuo elemento, kuriam būdinga pernelyg daug neutronų ir nenuostabu, kad, susidarant dviem nuklidams, išsiskiria daug neutronų. Iš branduolio šios reakcijos metu išsiskiria didžiulis energijos ar šilumos kiekis. Jei vienas iš šių neutronų sugeriamas kito urano-235 branduolio, gali prasidėti <i>grandininė reakcija</i> . Tai yra branduolinio reaktoriaus veiklos pagrindas. Daugelis iš šių skilimo elementų yra radioaktyvūs, tai - atliekos arba degimo produktai, išsiskiriantys naudojant uraną reaktoriuje.
skilimo procesas	
Nuklidas	
grandininė reakcija	
Atominė elektrinė jėgainė: kraunama nauja branduolinio kuro partija	Pirmasis žmogus, 1942 metais sukūręs branduolinį reaktorių buvo Enriko Fermi, tačiau tai nebuvo pirmasis reaktorius Žemėje. Pirmasis branduolinis reaktorius savaiminiu būdu susidarė Afrikos urano kloduose maždaug prieš 1,700 milijono metų. Įmanoma nustatyti, kad šiuose rūdinyuose dabar aptinkama žemesnė urano-235 frakcija negu paprastai Žemėje.
Jungtis	Kita branduolinė reakcija, kurios metu taip pat susidaro daugybė energijos, gali įvykti, jeigu du nuklidai susijungtų tarpusavyje. Tai <i>jungties</i> reakcija, kuri žinoma kaip energijos, kurią išskiria Saulė, šaltinis. Labai sunku sukurti tokią temperatūrą, kuri būtina, kad Sauleje prasidėtų tokia reakcija, tad komercinis jungties reaktorius kol kas nėra sukurtas. Abi, tiek skilimo, tiek jungties, reakcijos vyksta atominėje bomboje. Šių bombų sprogimai paskleidžia radioaktyvias atliekas per visą pasaulį. Skilimo procesas panaudojamas kontroliuojamuose branduoliniuose reaktoriuose, iš kurių išsiskiria labai nedidelis radioaktyvių atliekų kiekis, tačiau buvo nemažai atsitiktinių radioaktyvių atliekų išmetimų, kurie gerai žinomi branduolinės energetikos istorijoje.

NEJONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

<p>Tarptautinė nejonizuojančiosios spinduliuotės saugos komisija</p> <p>Elektros ir magnetinis laukai, ultragarsas</p>	<p>Žmogaus pojūčiai geba reaguoti į šilumą, šviesą ir garsą. Garsas perduodamas per orą kaip mechaninė vibracija, tačiau šiluma ir matomoji šviesa perduodamos kaip elektromagnetinė jonizuojančioji spinduliuotė. Tai virpesių banga, kuri spinduliuoja energiją, ir jai būdingi tiek elektrinis, tiek magnetinis laukai. Energija išskiriama porcijomis, vadinamomis fotonais, kurie gabena energijos kiekį, priklausantį nuo virpesių dažnio. Pavyzdžiui, aukštiems dažniams būdingos didelės energijos porcijos. Matomosios šviesos fotonai neturi tiek energijos, kad sukeltų jonizaciją, kadangi matomosios šviesos dažnis yra žemas. Yra daug kitų rūšių spindulinės energijos, kuri nesukelia jonizacijos, ir panaudojus jautrią aparatūrą, net galima aptikti elektromagnetines bangas, spinduliuojamas iš žmogaus kūno. Didžioji jonizuojančiosios spinduliuotės dalis yra nekenksminga, nors kai kuri, kaip žinoma gali būti naudinga, o kai kuri - daryti žalą. Pavyzdžiui, nemalonios ir kartais pavojingos saulės nudegimų pasekmės yra gerai žinomos. Tarptautinė nejonizuojančiosios spinduliuotės saugos komisija (ICNIRP) teikia nurodymus, kaip apsisaugoti nuo galimų kenksmingų nejonizuojančiosios spinduliuotės rūšių.</p> <p>Rekomendacijos teikiamos dėl statinės elektros ir magnetinio laukų ir mechaninės jonizuojančiosios spinduliuotės, pvz., ultragarso .</p>
<p>Fotobiologinė</p> <p>infraraudonoji radiacija</p>	<p>Nejonizuojančios spinduliuotės šaltiniai ir savybės</p> <p>(1) ULTRAVIOLETINĖ SPINDULIUOTĖ (UV). Ji sudaro apie 5% saulės radiacijos (saulės spindulių), kurie patenka į Žemės atmosferą. Jie yra nematomi, tačiau žmonėms būtina gauti kiek ultravioletinės spinduliuotės, kad fotobiologinės reakcijos metu pasigamintų reikiamas vitamino D kiekis. Pernelyg didelė apšvita ultravioletine jonizuojančiąja spinduliuote gali sukelti saulės nudegimus, o labai didelis kiekis - netgi odos vėžį, tad sauga yra būtina. Piktybinė melanoma yra vėžio forma, ji atsiranda ne dažnai, tačiau yra labai sunki liga, ir yra įrodymų, kad trumpalaikė, nepastovi apšvita didelėmis UV dozėmis, dėl kurių susidaro saulės nudegimai, ypač jaunystėje, gali tapti lemiamu faktoriumi. UV dažnis yra tarp 280 ir 315 nm ir sukelia dažnesnes, ne melanomos tipo, vėžio formas. Laimė atmosfera gerokai sumažina ultravioletinės jonizuojančiosios spinduliuotės intensyvumą, tačiau sauga priklauso nuo ilgumos, dienos laiko, metų laiko, ilgumos, debesų dangalo ir oro kritulių.</p> <p>Kai kurios fluorescencinės lempos spinduliuoja ultravioletinę jonizuojančiąją spinduliuotę ir pernelyg ilgai mėgaujantis saulės voniomis ištroškus nudegimo ar elektrinio suvirinimo metu galima gauti pavojingą dozę.</p>
<p>Mikrobangos</p>	<p>(7) INFRARAUDONOJI RADIACIJA. Maždaug pusė saulės radiacijos patenka ant žemės paviršiaus yra infraraudonoji radiacija ir ją taip pat gerokai sumažina žemės atmosfera. Nors ji yra nematoma, lengvai galime justti šilumą, kai jos spinduliai paliečia mūsų odą. Šilumos pojūtis, kuri skleidžia liepsna, taip pat susijęs su infraraudonoji radiacija. Pernelyg didelis infraraudonosios radiacijos apšvitinimas gali sukelti nudegimus, kuriuos patyrė kiekvienas pernelyg prarėjęs prie ugnies. Duonos gabalėlis yra infraraudonosios radiacijos detektorius- duonos riekutė pajuoduoja ir rodo, kaip radiacijos energiją sugeria duona.</p>
<p>Hercas</p>	<p>(8) ir (9) - kaip aprašyta aukščiau.</p>

KLASĖ	ELEKTROMAGNETINIŲ BANGŲ ILGIS	BIOLOGINIS POVEIKIS
ELEKTROMAGNETINĖ Jonizuojančioji	Mažiau nei 100 nm	Fotonams būdinga energija ir jie gali sukelti jonizuojančiąją spinduliuotę
Nejonizuojančioji	Daugiau nei 100 nm	
Ultravioletinė (UV)	100 nm- 400 nm (UVA, 315- 400 nm) (UVB, 280- 315 nm) (UVC, 100- 280 nm)	Fotobiologinis efektas Taip pat ir saulės nudegimas bei odos vėžys labai nudegus. Akinimas
Regimoji	400 nm- 80 nm	Karštis ir mechaninis sudirginimas;
Lazeris	0,2 ėm- 20 ėm	Paviršinys įkaitinimas
Infraraudonoji	0,78 ėm- 1000 ėm	Gilus įkaitinimas
Mikrobangos	1mm- 1000mm	Nežinomas
Radijo dažniai	1m- 1000 m	Nežinomas
Žemo ir labai žemo dažnio	1km- 1000 km	Elektros šokas prisilietus prie blogai įžeminto metalo.
Ypač žemo dažnio		Odos nudegimas nuo srovės
Statiniai laukai	1000 km-10,000km	
MECHANINIAI	Gerokai didesnis negu 10,000 km	
Ultragarsas	Mechaninės bangos	Karštis, didelė energija gali sukelti pavojingus burbulus (kavitacija).

RADIOAKTYVUMAS IR JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

Radioaktyvūs irimas

<u>Aktyvumas</u> <u>Bekerelis</u>	<p>Galime įvertinti ar gana tiksliai išmatuoti, kiek radioaktyviosios medžiagos atomų suiro per duotąjį laikotarpį. Šis kiekis rodo atitinkamo radionuklido aktyvumą. Jis matuojamas vienetu, vadinamu bekereliu, kuris reiškia vieną dezintegraciją per sekundę, o jo simbolis Bq.</p> <p>Laikotarpis, per kurį suyra pusė iš didelio atitinkamo radionuklido atomų skaičiaus, yra būdingas tam radionuklidui ir nekinta net pakitus nuklido atomų skaičiui. Jis nesikeičia nepriklausomai nuo atomų temperatūros ar spaudimo ir net tuomet, kai atomai dalyvauja cheminėje ar biologinėje reakcijoje. Aktyvumo skilimo pusperiodžio pavyzdys pateikiamas žemiau:</p>
--------------------------------------	--

40 milijonų branduolių nesuskilo	20 milijonų branduolių nesuskilo	10 milijonų branduolių nesuskilo	5 milijonai branduolių nesuskilo
0 dienų	8 dienos	16 dienų	24 dienos

Radionuklidų irimas per 8 dienų skilimo pusperiodį

Elektronų voltai	<p>Radionuklidą galima identifikuoti nustatant skilimo pusperiodį arba matuojant, kokia jonizuojančioji spinduliuotė spinduliuojama, pavyzdžiui, fotono energiją. Ši energija išreiškiama elektronų voltų vienetais; vienas elektrono voltas lygus elektrono energijai, išsiskiriančiai taikant 1 volto dydžio įtampą ir žymimas simboliu eV. Skleidžiamų fotonų energijos paprastai išreiškiamos su tam tikrais papildomais priedėliais, kaip parodyta žemiau:</p> <p>Priedėliai išreiškiant energiją eV:</p>
---------------------	--

Energija eV	Energija keV	Energija MeV
1000 eV = 1 000 000 eV=	1keV= 1 000 keV=	0,001 MeV 1MeV

Jonizacija

<u>jonas</u>	<p>Jonizuojančiosios spinduliuotės energija, sklindanti iš kai kurių radionuklidų, spinduliuojama iš sugėrėjo atominių elektronų ir kai kurie tų elektronų pakeičia savo vietą, tuo tarpu atomo krūvis tampa teigiamas. Atomas įgavęs elektros krūvį vadinamas jonu ir viena iš jo savybių yra galimybė chemiškai reaguoti su šalia esančiomis molekulėmis. Elektromagnetinė jonizuojančioji spinduliuotė gali sukelti jonizaciją, jei bangos ilgis yra mažesnis negu 100 nm, kadangi fotonas turi pakankamai energijos, kad išjudintų elektroną iš vietos.</p> <p style="text-align: right;"><i>Vandens molekulės jonizacija</i></p>
--------------	---

Jonizuojančiosios spinduliuotės detektoriai	<p>Kai žmogaus audinius paveikia jonizuojančioji spinduliuotė, ši cheminė reakcija vyksta gyvame audinyje, ir jis gali būti pažeistas, ypač tuo atveju, jeigu reakcija vyksta šalia žmogaus ląstelės branduolio. Radiacinės saugos tikslas - yra išvengti šio sužalojimo, ir mes privalome išvengti jonizuojančiosios spinduliuotės ar sumažinti jos kiekį, kurį sugeria audiniai.</p> <p>Negalime išmatuoti to kiekio gyvame audinyje, tačiau galime pagaminti jonizuojančiosios spinduliuotės detektorius iš medžiagų, kurios yra panašios į audinius, tad poveikį galime numatyti. Laimė, jonizacijai vykstant dujose ir kai kuriose kitose medžiagose vykstančios jonizacijos kiekį palyginti nesunku išmatuoti, ir taigi jonizuojančiąją spinduliuotę galima aptikti. Visas jonizacijos kiekis rodo visą sugertą jonizuojančiosios spinduliuotės kiekį ir išspėjamus apie jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį.</p> <p>Egzistuoja trys pagrindiniai jonizuojančiosios spinduliuotės tipai: alfa, beta ir gama spinduliuotė. Neutronas priklauso kitokio tipo jonizuojančiajai spinduliuotei, kuri paprastai gaminama branduoliniame reaktoriuje. Neutronas yra svarbiausias spinduliuotės tipas, sukeliantis radioaktyvumą sugėrusioje medžiagoje. Rentgeno spinduliai susidaro aparate, ir jų savybės panašios į gama jonizuojančiąją spinduliuotę.</p>
---	--

Lentelėje žemiau pateikiamos svarbiausios jonizuojančiosios spinduliuotės savybės:

PAVADINIMAS	KRŪVIS	MASĖ	REAKCIJA SU MATERIJA
-------------	--------	------	----------------------

ALFA	+2	4	Sunki jonizuojančioji spinduliuotė nedideliu atstumu po to tampa helio atomu. Pavyzdys: 1 Mev dalelę sulaiko 1 mm vandens
BETA	-1	1/1840	Silpna jonizacija vidutiniu atstumu prieš paliečiant atomą. Pavyzdys: 1Mev elektroną sulaiko 400 mm vandens.
GAMA	0	0	Silpna jonizacija dideliu atstumu. Palaiptiesiems silpnėja ir nebegali sukelti tolesnės jonizacijos. Pavyzdys: 1Mev gama spindulio intensyvumą 200 mm vandens sluoksnis sumažina 50%
NEUTRONAI	0	1	Tiesioginė jonizacija nevyksta. Prasiskverbia dideliu atstumu ir sukuria radioaktyvumą, kai sugeriamas.

Radiacijos dozė

<p><u>Absorbuota dozė</u></p> <p><u>Efektyvi dozė</u></p>	<p>Įprastiniai mūsų pojūčiai nereaguoja į jonizuojančiąją radiaciją, ir mes priklausome nuo instrumentų, kurie perspėja mus apie jos buvimą. Šių instrumentų dėka jonizuojančioji spinduliuotė tapo vienu iš lengviausiai aptinkamų pavojų mūsų aplinkoje. Ją aptikti įmanoma, dėl to, kad jonizacija sukelia elektrinius ir cheminius pokyčius daugelyje medžiagų, dujų, skysčių bei kietųjų kūnų. Neutronai sukelia tam tikrą spinduliuotę netiesiogiai ir taip pat reaguoja su atomo branduoliu sukeldami aptinkamus pokyčius. Kai kuriuos šių pokyčių galima pamatyti mikroskopu. Naudodami detektorius, pakankamai jautrius jonizuojančiai spinduliuotei aptikti, galime įvertinti jonizacijos kiekį, kurį gauna audiniai, atsidūrę toje pačioje vietoje, buvę ten tokį pat laikotarpį, ir numatyti jos biologinį poveikį. Ši užduotis palengvėja, išreiškus galimą poveikį audiniams, sugertosios radiacinės energijos kiekiu, t. y. įvertinant sugertąją dozę. Tai vienetas grėjus, reiškiantis 1 džaulį kilogramui kūno svorio, jo simbolis yra Gy. Ši užduotis palengvėja galimą poveikį audiniams išreiškus sugertosios radiacinės energijos kiekį, t. y. apskaičiavus sugertąją dozę. Jos matavimo vienetas yra grėjus, lygus 1 džauliui į vieną kūno svorio kilogramą (simbolis - Gy). Tačiau vien šio dydžio nepakanka biologiniam poveikiui apibūdinti, kadangi sugertosios dozės poveikis priklauso ir nuo jonizuojančiosios spinduliuotės ir paveiktojo audinio rūšies.</p> <p>Taigi ICRP nustatė veikliųjų faktorių sistemą, kurios pagrindu sugertoji dozė yra dauginama, apskaičiuojama veiklioji dozė, rodanti biologinį poveikį. Veikliosios dozės vienetas yra sivertas, žymimas simboliu Sv. Veiklieji faktoriai parenkami tokiu būdu, kad efektyvioji vieno siverto dozė susidarytų apšvitinant bet kokį audinį bet kokios jonizuojančiosios spinduliuotės ir susidarytų toks pats biologinis poveikis paveiktam asmeniui. Sivertas yra didelis dydis, todėl dažniau naudojamas milisivertas, mSv, arba mikrosivertas. 1 siverto dozė susidaryti reiškiamas naudojant tokius pat priedėlius, kaip ir ankstesniame pavyzdyje.</p>
---	--

Išreikšti veikliąją dozę taikomi priedėliai

Dozė sivertais	Dozė milisivertais	Dozė mikrosivertais
1 Sv=	1 000 mSv=	1, 000,000 ğSv=
0,001 Sv=	1 mSv=	1, 000 ğSv=
0,000001 Sv=	0,001 mSv=	1 ğSv

Jonizuojančiosios spinduliuotės aptikimas

<p>Jonizacijos kamera</p> <p>Geigerio-Miulero skaitiklis</p>	<p>Pirmieji jonizacijos detektoriai buvo dujiniai. Dujas jonizuodavo sugertoji radiacija. Įrenginys būdavo vadinamas jonizacijos kamera. Labai nedidelė tiesioginė elektros srovė, kuri susidarydavo kameroje, rodydavo sugertąją beta ar gama spinduliuotės dozę. Šiuo principu veikiančiais detektoriais galima įvertinti spinduliuotės energiją ir apskaičiuoti, kokia būtų atitinkama veiklioji dozė.</p> <p>Geigerio-Miulero skaitikliuose, išrastuose 1903 metais, naudojami aukšta įtampa ir specialios dujos - aptikus kiekvieną jonizuojančią dalelę juose susidaro elektros iškrova.</p> <p>Dozimetrai naudojami radiacinei saugai</p> <p>Fotojuostelė reaguoja į jonizuojančiąją spinduliuotę kaip į šviesą - išryškinius ir paliestosios išryškintoje juostelėje spinduliuotės paveiktos veitos pajuoduoja. Naudojant filtrus, įstatomus į laikiklį su juostele, ir įvertinus juostelės pajuodavimo skirtumus, galima įvertinti bendrą spinduliuotės dozę.</p> <p>Kišeniniai dozimetrai su nedidele jonizacijos kamera ar Geigerio-Miulero skaitikliu gali būti naudojami įvertinti aplinką beta, gama ar rentgeno spinduliuotės atžvilgiu, o kai kurie detektoriai reaguoja ir į neutronus. Jei detektorius yra su "langeliu", juo galima fiksuoti registruoti išorinio radioaktyvumo kiekį, vadinamąjį radioaktyvųjį paviršiaus užkrėtimą (ar radioaktyvųjį paviršiaus užterštumą?)</p>
--	---

Jonizacijos kamera

Vario korpusas Dujos: argonas
Jonizacija Anodas
Spinduliuotė
Žėručio langelis Ampermetras

BIOLOGINIS SPINDULIUOTĖS POVEIKIS

Žmogaus biologija

Citoplazma	Spinduliuotės poveikis kūnui priklauso nuo to, kokie organai apšvitinami. Kiekvieno organo ląstelių savybės lemia biologinę to organo svarbą. Tipišką ląstelę sudaro ląstelės sienelė, arba membrana, citoplazma ir branduolys, (žr. žemiau). Kai kurios ląstelės, vadinamos gemalinėmis, atsako už reprodukciją, kitos vadinamos somatinėmis.
Chromosomos Genai DNR	Ląstelių branduoliuose yra chromosomos, o šiuose - genai, per kuriuos visų tipų ląstelės perduoda informaciją savo dukterinėms ląstelėms. Geno sudėtinė dalis yra DNR (dezoksiribonukleininė rūgštis), kurią pirmiausia paveikia spinduliuotė - tai ir yra biologinis poveikis. Ląstelėse yra nedaug, gal tik dvi, genų kopijos, tačiau daugelis iš dešimčių dešimtys tūkstančių genų turi gyvybinę reikšmę ląstelės reprodukcijai bei normaliai veiklai. Jei DNR medžiaga pažeidžiama tiek, kad ląstelė negali normaliai veikti bei dalintis, ląstelė žūna išsyk arba po keleto dalijimusi. Didžiausia žala organizmui padaroma tuo atveju, jei spinduliuotė sunaikina didelę dalį motininių ląstelių, gaminančių dukterines ląsteles gyvybiškai svarbiems audiniams, pvz., kaulų čiulpų, odos, žarnyno, kiaušidžių ir pan. Genetinis ląstelių pažeidimas gali nenužudyti ląstelės, tačiau visam laikui pakeisti jos veiklos pobūdį. Taigi ląstelė gali pasikeisti tiek, kad iš jos ima augti vėžinės ląstelės, sukeliančios vėžį. Gemalinėse ląstelėse gali vykti dominantinė, arba recesinė, mutacija, perduodama nukentėjusiojo palikuonims.

Žmogaus ląstelės struktūra

Ląstelė

Ląstelės sienelė

Branduolys

Citoplazma

Chromosomų pora

DNR

Geno struktūros pynė

2 matmuo: 2 nanometrų storio

Deterministinis radioaktyviosios apšvitos poveikis

<p>Deterministinis efektas</p>	<p>Spinduliuotė pažeidžia audinius priklausomai nuo sugerto jos kiekio, vadinamo sugertąja doze. Sužinojome, kad pažeidimo mastas priklauso nuo spinduliuotės tipo, todėl daugelis ląstelių gali būti pažeistos taip, kad nutrūksta audinių funkcijos. Taigi spinduliuotė veikia kaip ir daugelis kitų toksinių agentų, ir to poveikio padariniai atsiranda tik tuomet, kai peržengiamas tam tikras slenkstis. Tokias ankstyvasias pasekmes galima numatyti, jei žinoma, kokią dozę gavo tas ar kitas asmuo, - šis poveikis vadinamas deterministiniu. (Ne visi deterministiniai simptomai yra ankstyvieji.) Pavyzdžiui, viso kūno apšvitinimas keletu Sv doze, sukelia viso kūno spindulinę ligą ir galimą mirtį dėl kai kurių kraujodaros organų pažeidimo bei imuninių funkcijų sutrikimo; lokalizuotas apšvitinimas kelių dešimčių Sv doze pažeidžia pavyzdžiui, odos ir po ja esančius audinius. Daugelio audinių deterministinio poveikio slenkstis peržengiamas tuo atveju, jei apšvita yra ilgalaikė, o metinė dozė yra didesnė nei 0,5 grėjaus.</p> <p>JAUTRIAUSI YRA KIAUŠIDŽIŲ, AKIES LĘŠIUKO IR KAULŲ ČIULPŲ AUDINIAI. Kitos kūno dalys yra ne tokios jautrios, tačiau viso kūno apšvitinimas didelėmis dozėmis sukelia sunkių pasekmių.</p> <p>SĖKLIDĖS. Vyras tampa laikinai sterilus, jeigu jo sėklidės apšvitinamos apie 0,15 grėjaus doze. Nuo 3,5 - 6 grėjaus dozės sterilumas tampa pastovus.</p> <p>AKIS. Jei žmogaus akies lęšiukas išsyk arba per trumpą laiką gauna 2-10 grėjų rentgeno ar gama spinduliuotės dozę lęšiukas gali susidrumsti arba atsirasti kitų svarbių regos sutrikimų (kataraktos). Neutronų spinduliuotė gali sukelti tokį patį lęšiuko pažeidimą, net jei minėtoji dozė perpus mažesnė.</p> <p>KAULŲ ČIULPAI. Kaulų čiulpuose vykstantys kraujo gamybos procesai sutrinka, jei visi kaulų čiulpai gauna didesnę negu 0,5 grėjaus dozę.</p> <p>VISAS KŪNAS. Žmogus, apšvitintas didesnėmis dozėmis nei 2 grėjų, per keletą valandų gali patirti kančias, pasireiškiančias vėmimu dėl žarnyno sistemos pažeidimo. Viso kūno apšvitinimas 3-5 grėjų doze gali sukelti mirtį per 60 dienų, nebent būtų imtasi radikalių medicininių priemonių. Šiuo atveju galima konstatuoti odos paraudimą - simptomą, pagal kurį daugelis radiologų vertina radiacinės apšvitos dydį. Didesnę nei 50 grėjų dozę gavęs žmogus pasmerktas žūti mažiausiai per porą dienų.</p> <p>Stochastinis jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis</p> <p>Jei radiacinės apšvitos dozės pasiskirsto per keletą savaičių ar mėnesių, įmanoma, kad natūralus organizmo regeneracinis procesas gali vykti taip, kad efektas sumažėja. To pasėkoje individas ar jo palikuonys gali patirti kitokią poveikį, tačiau šis poveikis pasireiškia atsitiktiniu būdu ir vadinamas stochastiniu efektu. Paprasčiau jis vadinamas "vėlyvuju efektu".</p> <p>Metinė dozė, kurią gauname iš natūralios radiacijos šaltinių, svarbiausių radiacinio apšvitinimo šaltinių, yra pakankama, kad susidarytų daugelis milijonų jonų porų mūsų kūnui DNR. Šis vienos ląstelės DNR pakenkimo tipas, po ilgo laikotarpio gali sąlygoti vėžio išsivystymą, panašaus, kaip išsivysto ir kitų faktorių pasėkoje. Tiesą sakant, toks procesas įvyksta</p>
--------------------------------	--

SPINDULIUOTĖ	SPINDULIUOTĖS SVORIO FAKTORIUS
ALFA DALELĖS IR SKILIMO DALYS	20
NEUTRONAI	5-20
GAMA FOTONAI (visa energija)	1
BETA DALELĖS	1
PROTONAI	5

	Be to, žinome, kad kiekvienas mūsų kūno organas skiriasi savo jautrumu spinduliuotei. Lytinėms liaukoms, kurios greitai reaguoja į palyginti nedidelę spinduliuotės dozę, taip pat tenka 1/5 arba 0.20 stochastinio poveikio dalis. Ši frakcija taip pat yra audinių svorio faktorius ir ekvivalentinė dozė gali būti padauginta iš šio faktoriaus, gaunant efektyviąją dozę, kuri taip pat išreiškiama sivertais. Taigi, galima apskaičiuoti bet kokio jonizuojančiosios spinduliuotės tipo ir bet kokios apšvitintos kūno dalies veikliąją dozę. .
--	--

ORGANAS	AUDINIO SVORIO FAKTORIUS
Lytinės liaukos	0,2
Raudonieji kaulų čiulpai, storosios žarnos, skrandis	0,12
Šlapimo pūslė, krūtys, kepenys, stemplė, skydliaukė	0,05
Oda, kaulų paviršius	0,01
Likutis kartu	0,05

BSS direktyvoje taip pat numatyti konversijos faktoriai, kurie turi būti taikomi apskaičiuojant bendrą veikliąją dozę, gautą per radono skilimo produktus. BSS direktyvoje numatyti specifiniai faktoriai, taikomi apskaičiuoti veikliąją (efektyvią) dozę, patekusią į vidų ar gautą dėl kitos veiklos. Į vidų patekusios dozės veikumas vertinamas sudedant apšvitos poveikį per 50 metų (suaugusiems) ir per 70 metų (vaikams). Bendras vidinės dozės vertinimas atliekamas atsižvelgiant į faktorius bei vienetus (pvz.: sivertas per bekerelį) pateikiamus BSS direktyvos III priede.

Kaip apskaičiuoti veikliąją dozę:

SUGERTOJI DOZĖ=	Energija, atiduota audinio vienetui
EKVIVALENTINĖ DOZĖ=	SUGERTOJI DOZĖ, padauginta iš spinduliuotės poveikio faktoriaus
VEIKLIOJI DOZĖ=	EKVIVALENTINĖ DOZĖ, padauginta iš poveikio audiniui?

Jei apšvitinama daugelis žmonių, galutinis poveikis šiai grupei žmonių privalėtų būti proporcingas bendrai dozei. Šis "bendros dozės" spinduliuotės kiekis yra kolektyvinė veiklioji dozė nustatoma įvertinus vidutinę veikliąją dozę ir apšvitintų žmonių skaičių.

Radiacinės apšvitos pavojus

Pagal šiuolaikinę oficialią ICRP formuluotę, žmogaus, apšvitinto vieno siverto doze, panašia, į tą, kurią gavo Japonijos gyventojai išlikę gyvi po atominės bombos sprogo, tikimybė mirti nuo vėžio padidės apie 25% (natūrali vėžio išsivystymo tikimybė) - 30% .

Tai - stochastinis, arba tikėtinas poveikis - žmogus gali mirti nuo vėžio, ir papildomas pavojus, sudaro 5% vieno siverto dozei. Žymiai didesnė dozė, gaunama per gerokai trumpesnę laikotarpį, sukelia kitą poveikį vadinamą deterministiniu, pastebimą per trumpą laiką - per artimiausias dienas ar savaites. Mažesnės nei vieno Sv dozės pagrindinis poveikis - padidėjusi vėžio išsivystymo tikimybė. Ji gerokai atitolsta ir apskritai nepasireiškia iki apšvitintas asmuo labai pasensta. Toks reiškinys galėtų sutrumpinti gyvenimą vidutiniškai vieneriais metais - maždaug tiek pat, kiek ir surūkius 10 cigarečių per 30 metų. Be to, greta šio gyvenimo sutrumpėjimo, tikimybės privalome įvertinti ir kitokio tipo lėto vėžio vystymosi pavojų - jis nėra toks pavojingas, be to, paveldimas poveikis sulėtėja, ir perduodamas kitai kartai, mūsų vaikams. ICRP nuomone, suaugusiam su jonizuojančiąja spinduliuote susijusio pramonės darbuotojo, kuris pagal įstatymus privalo būti ne jaunesnis negu 18 metų ir ne vyresnis negu 65 metų amžiaus, tikimybė mirti nuo vėžio sudaro 4 % kiekvieno siverto, t. y. mažesnė nei visoje populiacijoje. Kiekvienas skaičiuojant iš kitų dviejų faktorių kelia ir papildomą pavojų, sudarantį apie 0,8% pilnos 1 siverto dozės, tad bendras žalingas poveikis yra $4 + 0,8 = 5,6$ skaičiuojant vienam sivertui.

Įvertinkime radiacinės apšvitos atvejį. Pavyzdžiui, darbuotojas kiekvienais metais apšvitinamas 1 mSv doze. Tokiu atveju šiam darbuotojui gresiantis pavojus mirti nuo vėžio (kada nors ateityje) kiekvienais metais padidėja 0,004%. Taigi papildoma pavojaus tikimybė 1: 25 000 - labai nedaug padidina mirties nuo vėžio tikimybę. Ta pati metinė dozė kelia 0,0008% pavojų (1 iš 125 000) susirgti nemirtina vėžio forma ir tuo pačiu padidina paveldimų ligų tikimybę. Visi šie pokyčiai yra nedideli palyginti su kitais pavojais. Pavyzdžiui, papildomas genetinis pavojus, kilęs apšvitinus 1 mSv doze, yra mažesnis negu 0,002% natūralaus paveldėjimo pavojaus. Sudėjus kartu visus šiuos faktorius, 1 mSv spinduliuotės dozė gavęs pramonės darbuotojas patirtų bendrą pavojų, 1: 17 000. Kitaip sakant, iš 17 000 darbuotojų grupėje, kurie apšvitinami 1 mSv doze, vienas asmuo galėtų būti sužalotas.

ICRP rekomenduoja metinės dozės ribą : veiklią 20 mSv dozę per metus (vidutiniškai 5 metams) radiacijos pramonės darbuotojams, kurių pavojaus tikimybė sudaro 1: 850 per metus, panašią kaip metinę nelaimingų mirtinų atvejų tikimybę jūros žvejų tarpe. Tai maždaug tokia pati metinio pavojaus tikimybė (mirties tais metais), kaip ir nuo natūralių priežasčių 40 metų amžiaus. Šis radiacijos pavojus, nors teorinis ir pasekmės gerokai uždelstos, laikomas gana aukštu. Radiacijos pramonės darbuotojai tokį būdu skatinami, kad jų metinė apšvitinimo dozė būtų

Diagrama: Spinduliuotės pavojaus palyginimas:

Apšvita	Deterministinis poveikis	Dozės mSv (logaritminėje skalėje)	Galimas pavojus		Stochastinis poveikis
			Darbininkai	Visuomenė	
Černobylis	Mirtinas Pastovus sterilumas	10 000			
Gojanos avarija		1 080		1: 20	Padidėjusio sergamumo vėžiu įrodymai
Išlikę gyvi po Japonijos bombos sproginimo	Kaulų čiulpų pažeidimai	100		1:200	
Apšvitintų darbininkų dozės riba					
Visuomenės apšvitos fonas (Europa)		10	1:850	1:3 300	Poveikio žmogui nepastebėta
Dozės riba visuomenei (iš žmogaus sukurtų šaltinių)		1	1:17 000	1: 14 000	
Visuomenės apšvitos iš žmogaus sukurtų šaltinių (Europa)		0,1		1:35 000	
1 krūtinės rentgenograma		0,01		1:2 milijonais	
Visuomenės apšvita iš branduolinės pramonės		0,001		1:20 milijonų	

Visuomenė

	<p>Visuomenės narys gali būti bet kokio amžiaus, todėl jis gali kur kas labiau reaguoti į vėžį negu tipiškas darbuotojas, kuriam gresiančio pavojaus tikimybė sudarytų 5%. ICRP nuomone, kiti faktoriai tokiam žmogui taip pat svarbesni ir kelia 1% tikimybę susirgti nemirtina vėžio forma, be to, prisideda 1,3 % paveldimumo tikimybė, tad bendra tikimybė sudarytų $5+1+1,3=7,3$ vienam siverčiai.</p> <p>Tokie pat apskaičiavimai taikomi darbuotojams, kurių gaunama dozė sudaro 1 mSv, o pavojaus tikimybė yra 1: 14 000. Ši paklaida dėl didesnio moterų ir vaikų (ypač vaisiaus) jautrumo spinduliuotei. Todėl taikomos ypatingos atsargumo priemonės eliminuoti nėščių moterų radiacinę apšvitą, kad būtų išvengta vaisiaus apšvitos. Tai ypač svarbu didžiausio vaisiaus jautrumo laikotarpį (8–tos ir 15-os nėštumo savaitės). Tarp Hirosimos ir Nagasakio vaikų, kurie iščiose buvo paveikti didelių spinduliuotės dozių, pastebėtas tam tikras psichinis atsilikimas. Dėl tos pačios priežasties reikia vengti nėščių moterų pilvo organų rentgeno apšvitos, nebent jos reikėtų dėl labai svarbių priežasčių.</p> <p>Šie skaičiai gali būti taikomi vertinant realias situacijas, kaip, mūsų atveju, apšvitinimas natūralia ir žmogaus sukurta radiacija. 8 skyriuje sužinojome, kad tipiškametinė dozė Europoje sudaro apie 4,2 mSv per metus (apšvitinant iš gamtinių šaltinių) ir 0,4 mSv per metus (iš žmogaus sukurtų šaltinių). Dėl to kiekvienam visuomenės nariui gresiančio gamtinių šaltinių spinduliuotės pavojaus tikimybė per metus padidėja vidutiniškai iki santykio 1:3300 iš žmogaus sukurtų šaltinių - iki santykio 1:3000.</p>
--	---

Lentelėje, pateiktoje žemiau, apibendrintas radiacijos pavojus, aprašytas aukščiau:

PAVOJUS	TADIACIJOS PRAMONĖS DARBUOTOJAI	VISUOMENĖS NARIAI
1 Sv dozė		
Mirtinas vėžio susirgimas	4%	5%
Nemirtinas vėžio susirgimas	0,8%	1,0%
Sunkūs paveldėjimo reiškiniai	0,8%	1,3%
VISO	5,6%	7,3%
1mSv dozė		
Vis reiškiniai	0,0056%	0,0073%

APSAUGA NUO JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS
Dozės kontrolė

6 SKYRIUS

<p>Praktika Šaltiniai Ribinės dozės</p>	<p>Žmonių apsauga nuo kenksmingo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio pagrįsta Tarptautinės radiacinės saugos komisijos principais suformuluotais (ICRP). Tai nepriklausoma nevyriausybinė organizacija, teikianti žmonėms rekomendacijas kaip apsaugoti nuo jonizuojančiosios spinduliuotės. ICRP radiacinės saugos principai leidžia apriboti žalingą spinduliuotės poveikį, taip kad ją galima būtų panaudoti medicinos ir pramonės reikmėms. Radiacinės biologijos tyrimai įgalino ICRP suformuluoti nuostatą, kad pilnas individų apšvitinimas radiacija, visiems taikomiems atvejams, tame tarpe vertinant specifinius radiacijos šaltinius gali būti ribojamas. Tos ribos yra nustatytos tokios, kad užtikrintų, kad nė vienas individas nepatirs spinduliuotės pavojaus, nepriimtino įprastomis aplinkybėmis.</p>
<p>ALARA principas</p>	<p>ICRP numato praktines situacijas, kurių metu gali būti naudojama spinduliuotė, ir rekomenduoja, kad individualios dozės dydis ir apšvitintų žmonių skaičius turėtų būti “kiek įmanoma mažesnis” socialinių bei ekonominių faktorių požiūriu. Tai ALARA principas, paskelbtas 1970 metais. Jis užtikrina, kad kiekvieną radiacinę apšvitą atidžiai vertina radiacinės saugos specialistai. Ten, kur to reikia, sudaromos tokios sąlygos arba rekomenduojamos tokios sauginės priemonės, kad galima apšvita būtų kuo mažesnė. Dėl to, remiantis šia išmintinga rekomendacija, daugelio dabartinių radiacijos pramonės darbuotojų apšvita nesiekia ribinių dozių. ICRP dozės ribos ne visais atvejais ir ne visoms radiacinės veiklos rūšims vienodos, kadangi jos parenkamos pagal spinduliuotės šaltinį, veikiantį ten, kur jos taikomos. Pavyzdžiui, ribinės dozės radiacinės pramonės darbuotojams (darbo apšvita) yra didesnės negu rekomenduojama kitiems visuomenės nariams. Abiem atvejais minėta riba netaikoma asmenims, kurie apšvitinami iš medicininių šaltinių.</p>
<p>Intervencija</p>	<p>Gamtinių šaltinių spinduliuotės poveikis paprastai atmetamas, išskyrus tuos atvejus, kai jis yra didelis. Tokiais atvejais gali būti taikomos tam tikros apsauginės priemonės, vadinamos <i>intervencija</i>. ICRP rekomenduoja ALARA principą su išlygomis taikyti ir intervencijos atveju, nustačius, kad socialinės ir kitokios sąnaudos didesnės už galimą naudą.</p> <p>Nuo 1959 metų ICRP rekomendacijos įsigaliojo kaip Europos Bendrijos darbuotojų saugos ir visuomenės standartai nuo kenksmingo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio standartai.</p> <p>Taikomi trys radiacinės saugos principai:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Radiacinė apšvita privalo būti įvertinta remiantis jo teikiama nauda ir keliamu pavojumi. Tokiu atveju gali prireikti Vyriausybės sprendimo. 2. Radiacinė apšvita, jeigu ji priimtina, privalo būti kiek įmanoma mažesnė, kaip tik įmanoma (atitinkamai, toks žemas, kaip taikoma). 3. Esant įprastinėms aplinkybėms radiacijos dozė, kuria apšvitinamas darbuotojas, jo mokinys, studentas ar visuomenės narys turi neviršyti ribinių dozių paskelbtų EB tarybos direktyvoje. Ribinės dozės yra pagrįstos ICRP rekomendacijomis ir parinktos tokiu būdu, kad užtikrintų, jog radiacijos pramonės darbuotojo patiriamas pavojus nėra išskirtinai aukštas palyginus su kitais darbuotojais. Šiuo principu neribojamas pacientų apšvitinimas mediciniais tikslais.
<p>Metinė į</p>	<p><u><i>Asmeninės apsaugos metodai</i></u></p>

JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS TAIKYMAS IR RADIOAKTYVUMAS

	<p><u>Medicininis taikymas</u> Radioaktyviosios medžiagos taikomos sveikatos būklei tirti ir kai kurioms ligoms gydyti. Žemiau lentelėje pateikiamos dozės, kurias pacientas gauna vienkartinio tyrimo metu.</p>
--	---

TYRIMO TIPAS	VEIKLIOJI PACIENTO DOZĖ MsV
Dantų rentgenograma	0,02
Krūtinės ląstos rentgenograma	0,05
Žarnyno bario tyrimas	3
Technecio 99 m skanavimas	1-5
CAT skanavimas (galva)	3

Lentelėje apačioje pateikiama spinduliuotės ir radioaktyviųjų medžiagų medicininio taikymo lentelė.

TAIKYMAS	NUKLIDAI, MEDŽIAGA ARBA APARATAS	TIKSLAS
Radiografija (Rentgeno spinduliai)	Rentgeno aparatas	Tiriami kaulai ir 50% audinių, audiniai - 50%, taip pat dantys, galūnės ar sąnariai
Fluoroskopija	Kontrastinės medžiagos naudojant rentgeno aparatus	Tiriamas skrandis, žarnynas, šlapimo sistema
Kūno skanavimas	Kompiuterizuota ašinė tomografija (CAT) taikant rentgeno aparatus	Tiriami minkštieji audiniai, taip pat ir smegenys.
Tomografija	Technecis-99m, jodas –131 su gama skaneriu	Tiriami kūno skysčiai ir auglių vietos, visų organų veiklą.
Žymekliai	Jodas- 131	Įvertinti cheminius procesus liaukose, pvz., skydliaukėje
Kraujotaka	Kriptonas, ksenonas	Širdies ir kraujotakos veiklai, kitų skysčių tėkmei, tirti
Aktyvumo analizė	Branduolinis reaktorius	Elementų aktyvavimui įvertinti (pvz., arseno ir kadmio biologiniuose mėginiuose)

Radioterapija	Rentgeno aparatas, greitintuvas, gama įrenginys (kobaltas- 60)	Vėžiui gydyti ir skausmui malšinti
Kiuri terapija	Radis-226 Cezis-137 Iridis-192	Vėžiui gydyti įterpian radioaktyvųjų šaltinį į auglį

Pramoninis taikymas

<u>Žymekliai</u>	Atominėse elektrinėse stotyse šiluma gaunama skylančiam uranui branduoliniame reaktoriuje. Susidaręs garas suka turbogeneratorių ir gamina elektros srovę. Spinduliuotės išsiskyrimas gamybos procese yra nepageidautinas. Jos panaudojimas pramoninei radiografijai ir radioizotopų taikymas kaip žymeklių grindžiamas tokiais pačiais moksliniais principais kaip ir medicinoje.
<u>Lėtintuvai</u>	ELEKTRA. Daugelio modelių reaktoriai išrasti skatinti elektros energijos gamybą. Jų kuras ar skylančioji medžiaga paprastai būna uranas, kartais perdirbamas, kad jame padaugėtų urano-235 kiekis. Atominis kuras naudojamas sukelti grandininę reakciją, - jai vykstant vieno skilimo reakcijos metu atsipalaidavę neutronai skatina kitą tokią reakciją. Skylančiam neutronams sukuriama labai didelis energijos kiekis, ir jie gali lengvai ištrūkti, o dėl to jų judėjimą būtina sulėtinti tam tikros medžiagos sluoksniu ir, supančiu kiekvieną urano gabalą ir vadinamu lėtintuvu. Bendras neutronų skaičius, sugrįžtantis į kurą, reaktoriuje privalo būti kontroliuojamas siekiant įsitikinti, kad reakcija vyksta pastoviu greičiu.
<u>Kontroliniai strypai</u>	Neutronų sugėrikliai, arba kontroliniai strypai, įtaisyti tokiu būdu, kad sugrąžintų pageidaujamą neutronų skaičių. Reaktorius negali sprogti ar detonuoti kaip bomba, kadangi bomba neturi nei kontrolinių strypų nei lėtintuvų. Karštį, susidarantį reaktoriuje, reikia tolydžio aušinti ne tik tiekiant garą turbinoms, bet ir palaikant reikiamą kuro temperatūrą. Tam yra aušiklis, dujos, pvz., anglies dioksidas, CO ₂ , arba skystis, pvz., vanduo. Jei naudojamas vanduo, jis gali atlikti abi funkcijas - ir lėtintuvo ir aušiklio. Egzistuoja daug kitų reaktoriaus tipų, bet, vienaip ar kitaip, reaktoriai teikia 17 % pasaulyje pagaminamos elektros energijos ir egzistuoja jau 6000 metų. Kuras reaktoriams gaunamas iš urano rūdos, kurios klodai yra gausūs ir kuri kitais tikslais mažai nenaudojama. Kitiems reaktoriams urano-235 koncentracija turi būti padidinta nuo natūralios - 0,7 % iki 3% arba labiau atskiriant jį nuo urano-238. Tuo tikslu, metalas paverčiamas dujomis, urano heksafluoridu, ir lengvesnės dujos, kuriose yra urano-235, atskiriamos per membranas ar kitokiais mechaniniais metodais. Urano metalas paverčiamas reaktorių kuru gaminant oksido tabletes - jos dedamos į nerūdijančio plieno vamzdžius, sandariai uždarytus, kad nepasklistų skilimo produktai. Veikiant reaktoriui, suslėgtas aušiklis taip pat juda uždaroje sistemoje, o visas reaktorius veikia hermetizuotame pastate. Tokiu būdu užtikrinama sistema barjerų, kurie saugo aplinką nuo skilimo medžiagų.
<u>Šaldiklis</u>	

Lentelėje žemiau išvardyti reaktorių tipai, naudojami mūsų dienomis elektros energijai gaminti

TIPAS	REAKTORIŲ % EB	ŠALDIKLIS/ LĒTINTUVAS	URANO KURAS	KOMENTARAS
Suslėgto vandens reaktorių PWR	Suslėgto vandens reaktorių PWR: 80 Vanduo/vanduo		Sodrintas	Garui gaminti naudojama antrinė vandens apytaka
Verdančio vandens reaktorių BWR	Verdančio vandens reaktorių BWR: 9 Vanduo/vanduo		Sodrintas	Reaktoriaus aušikliui leidžiama užvirti kad susidarytų garai
Natūralus urano-dujų grafito reaktorių UNGG	Natūralaus urano-dujų grafito reaktorių UNGG : 4,5 CO ² / grafitas		Natūralus	CO ² dujos kaitina atskirtą vandenį sistemoje ir gaunamas garas. Panašus į DB „Magnox“ reaktorių
Patobulintas dujomis šaldomas reaktorių AGR	Patobulintas dujomis aušinamas reaktorių AGR :6,2 CO ² / grafitas		Mažai sodrintas	CO ² dujos kaitina vandenį atskiroje sistemoje
RBMK	Reaktor bolšoi moščnosti kipiačenija RBMK:0	Vanduo/ grafitas	Mažai sodrintas	SSSR įvyko didžiulė avarija 1986 metais

Radiografija

Radiacijos panaudojimas radiografijai pramonėje remiasi tais pačiais moksliniais principais kaip ir taikomi Rentgeno spindulių gavimui. Inžinieriai naudoja radiaciją nustatyti metalo plyšiams, laivų, tiltų, lėktuvų ir kitų įrenginių gamyboje ar statyboje, kur lūžis gali būti labai pavojingas. Rentgeno spinduliai, tokie patys, kaip ir medicinoje, gali būti išgaunami greitintuvais. Gama spindulių šaltiniai, panašūs, kaip naudojami radioterapijoje taikomi, kai metalo storis didesnis negu 50cm.

Tikrinimas

Inžinieriai radioaktyvaus šaltinio radiaciją gali panaudoti "įžvelgti" pro vamzdynų bei konteinerių sienas aptikti pokyčiams sienelėse bei skystyje už sienelių. Radiacijos kiekis, kuris praeina pro sienelės ar rezervuarą, rodo sienelės storį ar skysčio kiekį talpoje.

Aktyvumo analizė

1934 metais Žolio ir Kiuri aptiko, kad neutronai gali sukelti radioaktyvumą. Inžinieriai turėjo laukti, kol branduoliniai reaktoriai bus patobulinti tiek, kad pakankamas neutronų kiekis galėtų būti pagamintas, jog šis metodas taptų pakankamai naudingu tyrimo atlikimui. Viena geležies dalelė iš milijono, gali būti aptikta matuojant radioaktyvumą, sukeliama geležyje po to, kai šis mišinys buvo bombarduojamas neutronais.

Apruošimas

Kai kurios cheminės medžiagos, ypač plastmasės, gali būti pagamintos padedant gama radiacijai. Šiam procesui reikia labai didelių kobalto-60 šaltinių, ir jo pasėkoje žaliava apšvitinama. Medicinos gaminių apšvitinimas padarantis juos steriliais, sumanytas taip, kad užtikrinti, jog ne daugiau negu vienas gyvas mikroorganizmas gali išlikti gyvas per milijoną medicinos gaminių, o medicinos įrangai nebus pakenkta, tvarsliavai bei vystyklams. Mikroorganizmai, kuriuos sudaro bakterijos, mielių grybeliai, pelėsiai, sporos ir kiti susiję organizmai, yra nukenksminami. Panašu, kad bet kurio apsilankymo į ligoninę atveju, teks pasinaudoti radiacijos būdu nukenksmintais tvarsčiais. Tvarsčiai nebus sužaloti, kadangi radiacija paveikia tik gyvas bakterijas.

Maisto apšvitinimas

Gama radiacija, taikoma nukenksminti maistui, kuris NETAMPA radioaktyviu, ir vartotojas neapšvitinamas. Maistas tampa saugiu vartoti, kadangi nukenksminami mikroorganizmai, kaip salmonelės, kampilobakterijos, listerijos ir t.t. Radiacijos būdu taip pat sulėtinamas bulvių bei kitų šakniagumbių, svogūnų, česnakų dygimas ir tokiu būdu prailginamas daugelio vaisių ar daržovių amžius. Vis tik, žmonės vengia maisto apšvitinimo radiacija, nors tokiu būdu įmanoma išvengti didžiulių maisto nuostolių, o tas labai svarbu pasaulio gyventojams, kuriems trūksta maisto!

Įymekliai (Markeriai)

Radioaktyvumas yra atomo branduolio savybė ir jo cheminės savybės

MOKSLINIAI TYRIMAI

AMŽIAUS NUSTATYMAS ANGLIES METODU

Labai jautrios įrangos pagalba galima nustatyti natūraliai radioaktyvios anglies –14 kiekį organinėse medžiagose. Kol gyvi visi gyvi organizmai ir augalai turi tokią pačią šio elemento koncentraciją kaip ir ore. Jiems žuvus, anglis pakaitai nepasisavinama iš oro ir lygis, iki kurio krenta anglies- 14 lygis, suteikia informaciją apie laiką, kada organizmas žuvo.

ŽYMEKLIAI

Didelė mūsų šiuolaikinė informacijos apie biologiją dalis susijusi su radioaktyvių atomų, kaip “žymeklių” panaudojimu. Juos galima įterpti į molekules, net DNR. Tokiu būdu galima nustatyti koks tokios molekulės vaidmuo gyvybės procesuose.

BUIITYJE

Daugelyje namų apyvokos prietaisų yra radioaktyvių dalelių.

DŪMŲ DETEKTORIAI

Tai prietaisas galintis išgelbėti gyvybę- jame panaudotas radiacijos detektorius ir radioaktyvus šaltinis, americis- 241, kurio pusinis skilimo periodas yra 432 metai. Dūmų dalelės ore sąveikauja su radiacijos detektoriumi ir dūmų detektoriumi ir įjungiamas aliarmas.

LIUMINESCUOJANTYS EKRANAI

Kai buvo atrastas radis, mokslininkai sugebėjo jį aptikti, kadangi jonizuojančioji radiacija veikdama į kai kurias žinomas medžiagas, kaip fosforas verčia jį išspinduliuoti šviesos žybtelėjimą. Tas pradėta naudoti laikrodžiuose, kurių rodyklės buvo nudažomos radžio ir fosforo mišiniu, kad jie šviestų tamsoje. Deja, žmonės kurie dažė rodykles prarydavo radžio daleles ir apsinuodydavo. Šiuo metu vietoj radžio naudojamas tritis, kuris taip pat sukelia fosforo spindesį; nuo beta radiacijos nesunku apsisaugoti ir tritį galima saugiai naudoti.

Dūmų detektorius

KARINĖ PASKIRTIS

ATOMINĖS BOMBOS

Atominės bombos buvo naudojamos kare ir jos buvo susprogdintos 1945 metais virš Hirosimos ir Nagasakio. Didžiulę žalą gyvybei bei turtui padarė galinga smūgio banga. Kai kurie iš išgyvenusiųjų nepaisant atominės bombos poveikio, gavo radiacijos dozę siekiančią apie 1 grėjų (lygią maždaug 1 sivertui). Pavojus susirgti vėžiu jų tarpe apie 10% didesnis negu kitų Japonijos žmonių tarpe.

Atominės bombos bandymai 1960 metais buvo atliekami tolimose vietose, tačiau radioaktyvūs krituliai iškrito visame pasaulyje ir nedidelis jų kiekis vis dar iškrenta.

	<p>ATOMINIAI POVANDENINIAI LAIVAI Jie varomi energija, kurią gamina branduoliniai reaktoriai. Tam nereikia oro, kaip nafta ar anglimi varomuose varikliuose, ir paprastai jie veikia suslėgto vandens principu, panašiai kaip sausumoje gaminant elektros energiją.</p>
<p><u>Tarptautinė</u> <u>Atominės</u> <u>energijos</u> <u>agentūra</u></p>	<p><u>APTARNAVIMAS</u> Visos radioaktyvumo panaudojimo rūšys privalo būti deramai aptarnaujamos, kad būtų užtikrintas jų saugumas.</p> <p>TRANSPORTAS Radioaktyviųjų medžiagų transportavimas griežtai kontroliuojamas laikantis taisyklių, kurias parengė Tarptautinė Atominės energijos agentūra. Priklausomai nuo radioaktyviųjų medžiagų tipo ir kiekio naudojamos specialios pakuotės. Ant didesnių pakuočių pritvirtinama trilapė etiketė. Panaudotas uranas, savo ruožtu perdirbamas ir gabenamas cisternose specialiomis mašinomis. Šios cisternos išbandomos panardinant į vandenį bei ugnį siekiant įsitikinti, kad nelaimingo atsitikimo metu jos išliktų sandarios. IAEA taisyklės taip pat taikomos transportuoti kitiems mažesniems šaltiniams ligoninėse bei pramonėje.</p>

GREITOJO REAGAVIMO TARNYBA

Bet koks didžiulis radioaktyviųjų medžiagų šaltinis gali kelti pavojų, jei radioaktyviosios medžiagos atsitiktinai išmetamos į aplinką. 1945 - 1985 metais pasaulyje įvyko daugiau kaip 170 avarijų, susijusių su didžiuliais radioaktyviųjų medžiagų šaltiniais; 40% jų buvo susiję su pramoniniais gama radiografijos šaltiniais. Tuo pačiu metu įvyko trys avarijos, branduolinių reaktorių avarijos. Didžiausia avarija įvyko Černobylyje.

AVARIJOS, SUSIJUSIOS SU SPINDULIUOTE IR RADIOAKTYVUMU

Černobylio
atominės
elektrinės
vieta

Gojana. (Brazilija). 1978 metais atsitiktinai žmonės iš uždarytos privačios liginės išvežė 50,9 T_{Bq} radioaktyvumo šaltinį. Konteinerį šiukšlininkai sudaužė ir 6 žmonės buvo apšvitinti. didesnėmis nei 4 Sv dozėmis ir 4 iš jų per 4 savaites mirė. Mirusieji buvo palietę šaltinį ir prariję iki 1 GBq cezio-137.

Černobylis. Avarija įvyko SSSR 1986 metų balandžio 26 dieną.

Jos metu vienas iš keturių elektrinės RBMK reaktorių buvo katastrofiškai sužalotas, ir po visą Europą pasklido radioaktyvieji teršalai. Katastrofa prasidėjo nuo to, kad tikrinant reaktorių, buvo išjungti kai kurie saugos įrenginiai, ir procesai reaktoriuje pasiekė tokį lygį, kad jo veiklos sąlygos prarado stabilumą. Pažeidus šešetą saugos taisyklių, energijos kiekis reaktoriuje staiga padidėjo. Garo sprogitas nuplėšė stogą, suiro rezervuaras ir liepsnojančios atliekos pasklido į kaimyninius reaktorius. Į aplinką buvo išmestas didžiulis kiekis radioaktyviųjų medžiagų - 70 PBq cezio-137 (22 kg masė) ir 630 PBq jodo-131. Apie 1/3 šių išmetamų nusėdo Europoje, o didžioji dalis - SSSR teritorijoje. Sprogimo metu žuvo du žmonės ir 29 netrukus mirė dėl galingo apšvitinimo jonizuojančiąja radiacija. Metų bėgyje po avarijos mirė dar 8 gelbėtojai. Černobylį supančių vietovių gyventojai gavo dideles radiacijos dozes, kurios apšvitino skydliaukę dėl radioaktyvaus jodo. Baltarusijoje gyvenančių vaikų tarpe užregistruotas padidintas skydliaukės vėžio susirgimų skaičius ir iki 1994 metų trys jų mirė, tuo padidindami avarijos aukų skaičių iki 42. Gali praeiti keletas dešimtmečių, kol visiškai praeis avarijos pasekmės. Europos Bendrijos komisijos delegacija 1993 metais apsilankė Ukrainoje ir buvo pareikšta, kad ateityje galima tikėtis dar daugiau mirčių, nuo vėžio. Delegacija pareiškė, kad sergamumo vėžiu padidėjimas 1% galimas tarp asmenų, kurie likvidavo avarijos pasekmes, ir tarp tų, kurie gyvena užkrėstose teritorijose aplink Černobylį. Delegacija pateikė išvadą, kad būtinos ilgalaikės sveikatos monitoringo programos, ir konstatavo, jog trūksta tikslios sveikatos dokumentacijos, apimančios keletą metų iki avarijos.

Daugelis šalių, taip pat kai kurios Europos bendrijos narės, buvo užkrėstos radioaktyviosiomis iškritomis. Keletą metų po avarijos Europoje buvo draudžiama prekiauti ir vartoti kai kurių rūšių maistą. Manoma, kad pirmaisiais metais maksimali dozė Europos gyventojui teko Graikijoje - 0,37 μ Sv, o mažiausia - 6 μ Sv - Ispanijoje. Šios spinduliuotės dozės yra mažesnės negu metinės dozės, gautos iš gamtinių spinduliuotės šaltinių, apie kuriuos žinoma, kad jų poveikis žmonių sveikatai yra labai nedidelis.

REAKTORIŲ AVARIJŲ SKALĖ

Dabar reaktorių avarijos klasifikuojamos pagal *Tarptautinę branduolinių avarijų skalę*:

AVARIJOS

7 lygis: ypač didelis radioaktyviųjų medžiagų išmetimas, sukkeliantis gausų poveikį sveikatai ir aplinkai. Apibūdinamas, kaip didelė avarija.

6 lygis: labai didelis radioaktyviųjų medžiagų išmetimas (apie 1/10 nuo 7 lygio) tačiau jo atveju reikia taikyti visas kontrapriemones. Apibūdinamas kaip "stipri avarija".

5 lygis: ribotas radioaktyviųjų medžiagų išmetimas (apie 1/10 nuo 6 lygio) jam reikia taikyti ~~10~~ kontrapriemones. Apibūdinamas kaip "nevietinės reikšmės avarija".

4 lygis: mažesnis radioaktyviųjų medžiagų išmetimas, maždaug

JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS DOZĖS

	<u><i>GAMTINĖ RADIACIJA</i></u>
--	---------------------------------

<u>radonas</u>	<p>KOSMOSAS. Saulė ir kosminė erdvė yra kosminės spinduliuotės šaltiniai. Gaunama dozė didėja mums kopiant į didesnę aukštį, kadangi netenkame apsauginio Žemės atmosferos skydo. Lėktuvo komanda ir keleiviai per 5000 km lėktuvo skrydį gauna 0,03 mSv dozę, apie 10% šios dozės skleidžia per neutronai. Dozės intensyvumas asmenims gyvenantiems virš jūros lygio, didėja 0,03mSv per metus per kiekvienus 1000 m. Asmenys gyvenantys toliau į šiaurę gauna daugiau kosminės radiacijos negu pietuose. Pavyzdžiui, asmenys gyvenantys Škotijoje gauna 20 % didesnę kosminės radiacijos dozę negu asmenys gyvenantys Graikijoje.</p> <p>ŽEMĖ Gamma spinduliuotė, sklindanti iš uolienų po žemės paviršiumi, perduoda asmenims, gyvenantiems šioje žemės vietoje dozę, kurios intensyvumas gali siekti apie 0,1gSv per valandą ir viršija 1,0 gSv per valandą kai kuriose pasaulio dalyse, kur ji pasiekia iki 10mSv per metus. Dozės intensyvumas didėja artėjant prie vulkaninių uolienų ir mažėja leidžiantis prie nuosėdinių uolų.</p> <p>PASTATAI Be to, iš granito pastatyti pastatai spinduliuoja aukštesnes radiacijos dozes savo gyventojams negu mediniai pastatai.</p> <p>RADONAS Radioaktyviosios dujos radonas-222 yra urano skilimo produktas (paaiškinta žodynėlyje). Tai gamtinės radioaktyviosios dujos sudarančios pačią didžiausiąją mūsų gaunamos spinduliuotės dozės dalį. Radono koncentracija patalpų ore svyruoja nuo 20 iki 400 Bq kubiniame metre, o įkvėpiamame ore ši dozė sudaro nuo 1 iki 20 mSv per metus. Dujos patenka į mūsų namus iš žemės, ir, kaip parodyta žemiau, suskyla į radioaktyviasias sudedamąsias dalis - trumpo pusperiodžio radionuklidus, spinduliuojančius alfa radioaktyviasias daleles. Mūsų plaučiai gauna radiacijos dozę per alfa daleles, taigi radonas sudaro vidinę radiacijos dozę.</p> <p>Radono koncentracija dienos metu kinta - mažiausia ji būna tada, kai atveriami langai bei durys ir namas vėdinamas. Taigi radono koncentraciją namuose galime sumažinti didindami ventiliacijos dažnį. Namai, kuriuose radono-222 koncentracija yra didesnė nei 400 Bq kubiniame metre, turėtų būti apsaugoti nuo radono skverbimosi.</p>
-----------------------	--

VIDINIAI SPINDULIUOTĖS ŠALTINIAI

Faktiškai visuose maisto produktuose yra radioaktyvaus kalio-40, kuris yra gamtinio kalio dalis. Litre pieno yra apie 50Bq kalio-40, o kilograme žemės riešutų - apie 200 Bq.

Kiekvieno suaugusio žmogaus organizme yra apie 145 g kalio ir atitinkamai 5 kBq radionuklido. Kalis yra būtinas elementas, todėl jo kiekio dieta apriboti negalima.

Uranas ir svarbiausias jo šeimos elementas radis aptinkami daugelyje vietovių. Kai kuriuose natūraliuose vandens šaltiniuose yra radžio, kurio veikioji koncentracija sudaro 10Bq litrui, o kai kuriuose riešutuose, ypač brazilieškuose, jo yra per 100 Bq kilogramui.

Atmosferoje yra natūralaus radionuklido - anglies-14, kuri susidaro atmosferoje dėl kosminės spinduliuotės poveikio. Visos anglies spinduliuotės intensyvumas sudaro apie 200 Bq kilogramui, o anglies koncentracija mūsų audiniuose vidutiniškai sudaro 12 μCi : μCi <math>\mu\text{Ci}> μCi per metus.

ŽMOGAUS SUKURTA JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ

MEDICINA. Diagnostiniai rentgeno spinduliai taikomi svarbiausiems medicinos tyrimams. Medicininiai rentgeno spinduliai yra antras pagal dydį spinduliuotės šaltinis.

ĮVAIRŪS. Oro kelionės teikia didžiausią spinduliuotės dozę, minimą šioje rubrikoje. Ši dozė gaunama iš gamtinių šaltinių, tačiau gali padidėti mums pasirinkus oro kelią. Atmosferos iškritos po atominių bombų bandymų sąlygoja vidinės apie 10 gSv spinduliuotės dozę per metus.

Atominių bombų bandymai atmosferoje nutraukti 1980 metais, tad metinė dozė, gaunama su krituliais, dabar gerokai sumažėjo. Radioaktyvieji teršalai susidarę dėl atominės energijos panaudojimo, sudaro apie 0,001 mSv per metus, radioaktyviosios medžiagos, išsiskiriančios deginant anglies turinčias medžiagas, sudaro dar apie 0,2 gSv per metus.

Daugelis namų apyvokos prietaisų išskiria jonizuojančiąją spinduliuotę. Pavyzdžiui, dūmų detektorius jūsų kambaryje išspinduliuoja jums apie 0,01 gSv dozę per metus. Televizoriaus spinduliuojama dozė sudaro apie 0,004gSv per metus. Atominių elektrinių išmetalai per metus sudaro apie 1 gSv, ir net deginama anglies deginimas išskiria apie 0,2 gSv per metus.

Išvada

Žmogaus sukurta radiacija sudaro nedidelę mūsų gaunamos radiacijos dalį. Radiacijos ir radioaktyvumo tipai, kuriuo sukuria žmogus, aplinkoje aptinkami net didesniais kiekiais, taigi žmogus neįneš naujų su radiacija susietų pavojų į aplinką.

Lentelėje, pateikiamoje žemiau, apibendrinta metinė jonizuojančios

Žmonių
gaunama dozė

Dozės mSv per metus							
TIPAS	KILMĖ	Išorinė	Vidinė	(A) Žemos radono konc. zona		(B) Vidutinės radono konc. Zona	
				mSV/y	%	mSV/y	%
GAM-TINĖ	RADONAS (1-400 Bq/m ²)		1-20	1	38	3	65
	TORAS (gana pastovus)		0,15				
	MAISTAS		0,35	0,15	6	0,15	3
	GAMA (viduje ir išorėje)	0,18-0,5					
	KOSMINĖ (pokyčiai prik. nuo aukščio)	0,26-0,32			0,35	13	0,35
				0,4	16	0,4	9
				0,29	11	0,29	6
	IŠ VISO GAMTINĖ			2,2	84	4,2	91

ŽMO- GAUS SU- KURTA	MEDICININĖ (daugiausiai rentgeno spindulių)	0,33	0,03	0,36	15	0,36	8
	ĮVAIRIOS ATLIEKOS: branduolinės - 0.001, anglies - 0,0002; oro kelionių, TV ir t.t. – 0,01; Iškritos: bombų bandymų: 0,01; darbo kontaktai- 0,008	0,018	0,011	0,03	<1	0,03	<1
	IŠ VISO: ŽMOGAUS SUKURTA			0,39	16	0,39	9
IŠ VISO				2,6	100	4,6	100

NUKLIDŲ SĄRAŠAS

Čia nurodytas standartinis būdas pateikti nuklidų sąrašą, pavyzdžiui, elementas X, kurio atomo eilės Nr. Z, masės Nr. A

Išreiškiamas Yra ${}^A X_Z$.

Taigi radžio izotopo Z= 226, o A= 88 rašomas kaip ${}^{226} Ra_{88}$.

Šioje knygoje nurodome nuklido elemento pavadinimą, po to - masės numerį, pavyzdžiui, radis-226.

Pavadinimas- A	Skilimo pusperiodis	Spinduliuoja
Americis- 241	432 metai	Alfa
Bismutas- 210	5 dienos	Beta
Cezis –137	30 metų	Gama
Kalifornis- 252	2,64 metų	Alfa-neutronai
Anglis- 14	5730 metų	Beta
Kobaltas- 60	5,3 metų	Gama
Deuteris-	Stabilus	-
Helis-4	Stabilus	-
Jodas-131	8 dienos	Gama
Iridis-192	74 dienos	Beta-gama
Švinas-210	22,3 metų	Beta
Deguonis-18	Stabilus	-
Plutonis-239	24 400 metų	Alfa
Kalis-40	1280 mil.metų	Beta-gama
Radis-226	1600 metų	Alfa
Radonas-222	3,8 dienos	Alfa
Technecis-99m	6 valandos	Gama
Toras-232	14 G metų	Alfa-beta-gama
Tritis(vandenilis-3)	12,3 metų	Beta
Uranas-235	700 mil. metų	Alfa
Uranas-238	4,5 G metų	Alfa
Ksenonas-133	5,2 dienos	Gama

URANO–238 SKILIMO PRODUKTAI

Pavadinimas-A	Pusinio skilimo pusperiodžio	Spinduliuoja
Uranas-238	4,5 bilijono metų	Alfa
Toras-234, tada Protaktinis-234m Tada Uranas-234 Ir tada		
Radis–226 Skyla į	1600 metų	Alfa
Polonis–218 Skyla į	3,82 dienos	Alfa
Švinas-214 Skyla į	3, 05 minutės	Alfa
Bismutas-214 Skyla į	26,8 minutės	Beta
Polonis-214 Skyla į	19,9 minutės	Beta
Švinas-210 Skyla į	0,00016 sekundės	Alfa
Bismutas-210 Tada Polonis–210 Ir pagaliau	22,3 metų	Beta
Švinas-206	Stabilus	

PRIEŠDĒLIAI

Priešdēļi, taikyti šiame kurse remiantis Tarptautine

Priešdėlio raidė (1)	Priešdėlio pavadinimas (2)	Numeris (3)	Dešimtainis laipsnis
E	Exa	1 0000000000000000 00	18
P	Peta	1 0000000000000000	15
T	Tera	1 000000000000	12
G	Giga	1 000000000	9
M	Mega	1 000000	6
k	Kilo	1 000	3
m	Mili	1	
ġ	Micro	0,001	-3
n	Nano	0, 000001	-6
P	Pico	0,000000001	-9
F	Femto	0,000000000001	-12
a	Atto	0,000000000000001	-15
		0,0000000000000000 001	-18

Priešdėlis prieš vieneto simbolį rodo, kad vienetas su priešdėlio dydžiu. Pvz., 1000 x Bq ar 1000 bekerelių. Pravartu patikrinti dydį suskaičiavus dešimtis. Taigi siverto dalis, kurią išreiškia mSv yra Sv/1000 arba 0,001 Sv. Tai gali būti užrašyta kaip 10^{-3} ar E-03Sv. Skaičius -3 yra 0,001 logaritmas.

ŽODYNĖLIS

<u>SUGERTOJI DOZĖ</u>	Energijos kiekis, kurį jonizuojančioji spinduliuotė atiduoda sugeriančiosios medžiagos masės vienetui, apibūdinama grėjais, Gy.
<u>AKTINIDAS</u>	Vienas iš serijos radionuklidų, kurio atominis skaičius svyruoja nuo 89 (aktinio) iki 103 (laurencio).
<u>AKTYVUMAS</u>	Dydis, rodantis radionuklido kiekį. Juo apibūdinamas pokyčių greitis. Aktyvumas reiškiamas bekereliais, Bq(1Bq= viena transformacija per sekundę).
<u>ŠIUOLAIKINIS DUJOMIS AUŠINAMAS REAKTORIUS (AGR)</u>	Reaktorius, kuriame aukštai temperatūrai mažinti naudojamos dujos su grafitiniu lėtintuvu
<u>ALAROS PRINCIPAS</u>	ICRP rekomendacija, atsižvelgiant į socialinius ir ekonominius veiksnius, kad, radiacinė apšvita turėtų būti kiek įmanomai mažesnė socialiniai ir ekonominiai faktoriai, į kuriuos atsižvelgiama.
<u>ALFA DALELĖS</u>	Teigiamo krūvio dalelės, susidedančios iš dviejų protonų ir dviejų neutronų. Identiškos helio atomui.
<u>ATOMAS</u>	Mažiausioji elemento dalis, chemiškai galinti sąveikauti su kita
<u>ATOMO SKAIČIUS (Z)</u>	Protonų skaičius atomo branduolyje.
<u>BEKERELIS</u>	Aktyvumo vienetas, atitinkantis vieną pokytį (ar transformaciją) per sekundę.
<u>BETA DALELĖ</u>	Elektronai, kuriems būdinga palyginti aukšta energija, spinduliuojama iš daugelio radionuklidų branduolių.
<u>VERDANČIO VANDENS REAKTORIUS (BWR)</u>	Reaktorius, kuriame kaip lėtintuvas ir aušiklis naudojamas vanduo. Vandeniui leidžiama užvirti, ir tuomet jis tiekiamas tiesiai į turbinas.
<u>GRANDININĖ REAKCIJA</u>	Savaiminė reakcija, vykstanti reaktoriuje, kuriame viena skilimo reakcija sužadina neutronų kiekį, pakankamą sukelti kitą reakciją.
<u>CHROMOSOMA</u>	Į gijas panaši ląstelės branduolio substancija, kurioje yra DNR ir kitų medžiagų atsakinga už genetinį efektą, t.y. perduodanti paveldimus bruožus.
<u>RADIOAKTYVU -SIS UŽTERŠTUMAS</u>	Nepageidaujamas atvirų radioaktyviųjų medžiagų buvimas ant paviršių, ore ir vandenyje.
<u>KONTROLINIS STRYPAS</u>	Neutronus sugeriantis strypo formos, įtaisas, paprastai pagamintas iš boro karbido, montuojamas reaktoriuje siekiant reguliuoti grandininę reakciją.
<u>AUŠIKLIS</u>	Dujos ar skystis, pašalinantis karštį iš reaktoriaus.
<u>KOSMINĖ SPINDULIUOTĖ</u>	Jonizuojančioji spinduliuotė iš Saulės ar kosmoso erdvės
<u>CITOPLAZMA</u>	Aktyvioji ląstelės dalis be branduolio ir ląstelės sienelės.
<u>IRIMAS</u>	Žr., radioaktyvusis irimas

<u>DETEKTORIUS</u>	Įtaisas, rodantis jonizuojančiosios spinduliuotės lauko intensyvumą, pvz., Geigerio-Miulerio skaitikliai, jonizacijos kameros ir filmų plokštelės.
<u>DETERMINISTI NIS EFEKTAS</u>	(Anksčiau vadintas NESTOCHASTINIU). Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis, pasireiškiantis dozei peržengus kenksmingumo ribą.
<u>DNR (dezoksiribonuklei ninė rūgštis)</u>	Molekulė, kuri yra gyvybinė chromosomos dalis ir kontroliuoja ląstelės funkciją ir paveldimumą.
<u>DOZĖ</u>	Laisvai vartojamas terminas, rodantis individo sugertą arba veikliąją dozę
<u>DOZĖS RIBA</u>	ICRP rekomenduotas ir atitinkamų institucijų nustatytas dydis taikoma darbo vietų bei gyventojų radiacinei saugai vertinti
<u>VEIKLI DOZĖ</u>	Apskaičiuota pagal sugertąją dozę, įvertinus jonizuojančiąją spinduliuotę bei audinių svorio faktorių, išreiškianti bendrą apšvitos pavojų. Veiklioji dozė matuojama sivertais, Sv.
<u>ELEKTROS LAUKAS</u>	Jėgos, supančios elektrinį krūvį ir rodančios stiprumą lauko (vienetas: voltas per metrą), kuris turėtų paveikti kitą krūvį.
<u>ELEKTROMAG NETINĖ JONIZUOJAN- ČIOJI SPINDULIUOTĖ</u>	Jonizuojančioji spinduliuotė, kuriai būdinga energija, bei elektrinės ir magnetinės BANGOS, ir sklindančios šviesos greičiu.
<u>ELEKTRONAS</u>	Neigiamo krūvio elektros dalelė, kurios masė lygi 1/1836 protono masės. Nuo elemento orbitos elektronų priklauso jo cheminės savybės, žr. Beta spinduliuotė.
<u>ELEKTRON VOLTAS, Ev</u>	Energija, būdinga elektronui, pagreitintam vienu voltu.
<u>ELEMENTAS</u>	Medžiaga, kurios kiekvienam atomui būdingas toks pats atomo numeris.
<u>EKVIVALENTIN Ė DOZĖ</u>	Apskaičiuojama pagal absorbuotąją dozę atmetus jonizuojančiosios spinduliuotės slėgio faktorių ir taikoma vieno organo gautai dozei įvertinti.
<u>SKILIMO PROCESAS</u>	Lengvų elementų branduolių kombinacija, kurios susidarymą lydi energijos išsiskyrimas
<u>GAMA SPINDULIUOTĖ</u>	Radioizotopų skleidžiamos jonizuojančiosios elektromagnetinės jonizuojančiosios spinduliuotės kiekis be masės ar krūvio. radioizotopai
<u>GEIGERIO- MIULERIO SKAITIKLIS</u>	Įtaisas su dujų mišiniu, kuriame elektros pulsacija rodo jonizuojančiosios spinduliuotės buvimą.
<u>GENAS</u>	Paveldo vienetas esantis chromosomose
<u>GONADOS</u>	Kiaušidės ir sėklidės
<u>GRĖJUS</u>	Sugertosios dozės vienetas, atitinkantis energijos kiekį, kurį išskiria jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitintas absorberis (1Gy= 1 Joule/kg0/

<u>SKILIMO PUSPERIODIS</u>	Vidutinis laikotarpis, kurio reikia pusei radionuklido kiekio suirti. Aktyvumas yra kiekio požymis ir rodo laiką, kurio reikia radionuklidui, kad jis prarastų pusę savo aktyvumo vertės. Dar vadinamas fiziniu pusperiodžiu.
<u>HERCAS</u>	Dažnio vienetas, Hz, atitinkantis vieną ciklą per sekundę.
<u>IAEA</u>	Tarptautinė atominės energijos komisija
<u>ICNIRP</u>	Tarptautinė Radiacinės saugos komisija
<u>ICRP</u>	Tarptautinė radiologinės saugos komisija
<u>INFRARAUDON OJI SPINDULIUOTĖ</u>	Elektromagnetinė jonizuojančioji spinduliuotės, kurios dažnis yra tarp šviesos ir radijo dažnio, kuriuo sklinda šiluma
<u>VIDINĖ DOZĖ</u>	Jonizuojančiosios spinduliuotės dozė, gaunama iš radioaktyviojo šaltinio, esančio kūno viduje.
<u>INTERVENCIJA</u>	Veiklos rūšis, kurios imasi valdžia, siekdama sumažinti jonizuojančiosios spinduliuotės dozę, gaunamą, pvz., iš tokių šaltinių, kaip natūralus radioaktyvumas ar veikla reaktoriaus avarijos metu.
<u>INTERVENCIJOS LYGIS</u>	Dozė, kurios atveju imamasi ypatingų veiksmų ir kontrapriemonių, siekiant sumažinti padarinius.
<u>JONIZACIJA</u>	Atsiranda, kai neutralus atomas ar molekulė įgyja ar praranda elektros krūvį ir tampa jonu.
<u>JONIZACIJOS KAMERA</u>	Dujų pripildytas konteineris, kuriame vyksta dujų jonizacija ir susidaro elektros srovė
<u>JONIZUOJANČIOJI RADIACIJA</u>	Jonizuojančioji spinduliuotė, kuriai būdingas energijos lygis, pakankamas, kad vyktų jonizacija medžiagoje; pvz., alfa dalelės, beta dalelės, gama spinduliuotė ir rentgeno spinduliuotė (netiesiogiai jonizuoti materiją gali neutronai).
<u>IRPA</u>	Tarptautinė radiacinės saugos asociacija
<u>IZOTOPAS</u>	Nuklidas, kuriam būdingas toks pat protonų skaičius, tačiau skirtingas neutronų skaičius.
<u>MAGNETINIS LAUKAS</u>	Jėgos, supančios magnetą. Lauko intensyvumas reiškiamas ampermetrais.
<u>MASĖS SKAIČIUS (A)</u>	Bendras neutronų ir protonų skaičius atomo branduolyje.
<u>MIKROBANGŲ JONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ</u>	Elektromagnetinė spinduliuotė, kurios bangų ilgis yra nuo 1 mm iki 1m, taikoma maistui gaminti bei ryšiams.
<u>LĖTINTUVAS</u>	Medžiaga, naudojama neutronų srautui skilimo proceso metu sulėtinti.
<u>DUJOMIS AUŠINAMAS REAKTORIUS (UNGG)</u>	Reaktorius, kuriame naudojamas natūralus urano kuras, grafito lėtintuvas, aušiklis CO ₂ . Panašus į Didžiosios Britanijos MAGNOX reaktorių.
<u>NEUTRONAS</u>	Elementarioji dalelė be elektros krūvio, kuri kartu su protonais sudaro atomo branduolį.
<u>NEJONIZUOJANČIOJI SPINDULIUOTĖ</u>	Spinduliuotė, kuri nejonizuoja materijos. Prie tokių priskirtini radijo dažniai ir mikrobangos spinduliuotė, šviesa ir ultravioletinė spinduliuotė.

<u>BRANDUOLYS</u>	Atomo šerdis, susidedanti iš neutronų bei protonų.
<u>NUKLIDAS</u>	Atomo rūšis, apibūdinama protonų ir neutronų skaičiumi, o kartais ir branduolio energijos būkle. Žr. Nuklidų sąrašą žodynėlio gale.
<u>FOTOBIOLOGINĖ</u>	Šviesos savybė paveikti biologines gyvųjų organizmų savybes taip, kad paspartėtų jų augimas
<u>FOTONAS</u>	Nedidelis energijos kiekis (kvantas), kurį perneša elektromagnetinis spindulys.
<u>PRAKTIKA</u>	Situacija, kurios metu žmonės gali būti apšvitinti spinduliuote, pavyzdžiui, medicinos procedūrų metu ar atominėse elektrinėse.
<u>SUSLĖGTO VANDENS REAKTORIUS (PWR)</u>	Reaktorius, kuriame kaip lėtintuvas ir aušiklis naudojamas lengvasis vanduo. Taikant didelį slėgį jam neleidžiama užvirti.
<u>PROTONAS</u>	Elementarioji dalelė, kuriai būdingas teigiamas krūvis ir kuri kartu su neutronais sudaro atomo branduolį.
<u>RADIOAKTYVUS IRIMAS</u>	Radionuklido irimas per savaiminę nuklidų transformaciją. Irimo greitį lemia specialių nuklidų buvimas. Greitis reiškiamas AKTYVUMU - bekereliais, Bq, rodančiais pokyčių skaičių per sekundę.
<u>RADIOTERAPIJA</u>	Vėžio gydymas jonizuojančiąja spinduliuote veikiant auglį.
<u>RADONAS</u>	Natūralios radioaktyviosios dujos, atsirandančios iš urano, paprastai aptinkamos uolienoje bei žemėje. Natūralios spinduliuotės dozė daugiausia gaunama šioms dujoms patekus į namus per pamatus. Radonas-222 yra urano-238 skilimo produktas (žr. lentelę).
<u>NUOTOLIS</u>	Maksimalus atstumas, kurį nukeliauja alfa ar beta dalelės prieš prarasdamos savo energiją ir sugeriamos.
<u>RBMK</u>	SSSR reaktorius, dėl kurio avarijos įvyko Černobylio katastrofa.
<u>REAKTORIUS</u>	Įrenginys, kuriame kontroliuojamos urano ar panašios medžiagos grandininės reakcijos pagrindu gaminama kontroliuojama energija.
<u>SIVERTAS</u>	Vienetas, taikomas ekvivalentinei ir efektyviai dozei apibūdinti
<u>STOCHASTINIS EFEKTAS</u>	Spinduliuotės poveikis, kurį statistškai lemia dozė. Dozės padidėjimas lemia efekto pasireiškimo tikimybę.
<u>DEŠIMTINIS DYDIS (TENTH VALUE)</u>	Vidutinis storis saugos skydo, kurio reikia kad atsitiktinės spinduliuotės intensyvumas sumažėtų viena dešimtąja.
<u>ŽYMEKLIAI</u>	Radionuklidai, kuriuos chemiškai susijungusius su medžiaga, galima aptikti spinduliuotės detektoriais.
<u>TRILAPIS SIMBOLIS</u>	Tarptautiniu mastu pripažintas trilapis simbolis, perspėti apie galimą jonizuojančiosios spinduliuotės pavojų.
<u>ULTRAGARSAS</u>	Aukšto dažnio mechaninės vibracijos perduodamos per bangas, kurių dažnis yra virš girdimumo ribos.
<u>ULTRAVIOLETINĖ SPINDULIUOTĖ</u>	Sklindanti iš Saulės elektromagnetinė radiacija, kurios bangų ilgis - nuo 100 iki 400 nm.
<u>SVORIO FAKTORIAI</u>	Faktoriai taikomi koreguojant jonizuojančiosios spinduliuotės efektyvumo arba apšvitintų audinių jautrumo sąvokas.

<u>RENTGENO (X) SPINDULIAI</u>	ELEKTROMAGNETINĖS jonizuojančiosios spinduliuotės forma, kuri neturi nei masės, nei krūvio - ją skleidžia aparatas, pagreitinąs elektronus ir nukreipiąs juos į taikinį.
---	--

BIBLIOGRAFIJA

BIEZEVELD, H. AND L.MATHOT
Scoop, Natuurkinde voor de bovenbouw 4/5 VWO,
Groningen, 1990

BIEZEVELD, H. AND L.MATHOT
Scoop, Natuurkinde voor de bovenbouw 5/6 VWO,
Groningen, 1991

CROFT, J. R.,
Goiania and other major radiological accidents,
The Proceedings of the 4th International Symposium on
Radiation Protection,
Malvern, SRP, June 1989, pp. 115-120.

DUCHENE, A.S., J.R.A. LAKEY AND M.D. REPACHOLI,
IRPA guidelines on Protection Against Non- Ionizing Radiation,
New York, Pergamon Pres, 1991

EIJKELHOF, H.M.C. AND TH.HEIJ,
Starling en levend weefsel; een docentenhandleiding,
Vakgroep Natuurkunde Didaktiek, Rijksuniversiteit Utrecht, 1990.

EXPERIMENTEN MET RADIOACTIEVE BRONNEN EN RONTGEN- STRALEN,
Fysich Laboratorium R.U., Vakgroep natuurkunde Didaktiek,
Utrecht, 1989.

HUGHES, J.S.K.B.SHAW AND M.C. O'RIORDAN,
Radiation exposure of the UK population- 1988
Review, NRPB- R-227, NRPB, Chilton, 1989.

THE INTERNATIONAL NUCLEAR EVENTSCALE- USER'S MANUAL,
Vienna, IAEA, 1990.

INFORMATIEPAKKET STRALING, OPVATTINGEN EN TOEPASSINGEN,
Den Haag, Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeher, 1987.

IONISERENDE STRALING
Projekt Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON),
Rijksuniversitet Utrecht, 1984.

LECLERQ, J.,
The Nuclear Age,
Hachette, 1st ed. 1986.

LIVING WITH RADIATION ,
National Radiological Protection Board (NRPB),
HMSO, 4th ed. 1989.

MACKIE, R.M. ,J.M. ELWOOD AND J.L.M. HAWK,
“Links between exposure to ultraviolet radiation and skin cancer”.
Journal of the Royal College of Physicians of London,
Vol. 21, No.21, April 1987.

MARTIN, A. AND S.A. HARBISON,
An Introduction to radiation Protection,
Chapman and hail, 3rd ed. 1986.

MILLAR , R.K. KLAASSEN AND H.EIJKELHOF.,
“Teaching about radioactivity and ionising radiation:
an alternative approach”,
Phys.Educ.25,1990.

NAIR HANDBOOK,
National Radiological Protection Board,
HMSO, rev. ed. 1987/

NATIONAL GEOGRAPHIC,
Vol. 175, No. 4, April 1989.

DE OLIVEIRA, A.R. ,

“Une repertoire des accidents radiologiques- accidents 1945- 85”,
Radioprotection, Vol.22, No2, 1987, pp.88-135.

POCHIN,E.,
Nuclear Radiation Risks and Benefits,
Oxford , Clarendon Press, 1983.

PROTECTION FROM IONISING RADIATION, MODULES 1-5,
Sheffield University Television (video).

PUBLIC UNDERSTANDING OF RADIATION PROTECTION CONCEPTS,
Proceedings of a workshop,
NEA/OECD, Paris, 1988.

RADIATION PROTECTION TRAINING AND INFORMATION FOR WORKERS,
Radiation Protection No 445, EUR 12177, Luxembourg,
Commission of the European Communities, 1989.

RADIATION: TYPES AND EFFECTS AND RADIATION:
Origins and control, Sheffield University
Television (2 video)

1990 RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL COMMISSION
ON RADIOLOGICAL PROTECTION,
ICRP Publication 60, Oxford, Pergamon Press, 1990.

REINTS, A.M. BLOEMERS AND D. VAN DER PLOEG,
Evaluation of educational material on radiation and Radiation Protection:
Radiation Protection:
Results of the evaluation of experiences with the provisional material among teachers and
pupils in 5 countries of the European Community,
CLU, Utrecht, 1992.

SAUNDERS, P.,
Radiation and You , Luxembourg,
Commission of the European Communities, 1991.

SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION,
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation,
New York, United Nations, 1988.

VAN BEKKUM, D.W. ET AL.,
Starling en radioactiviteit – Tsjernobyl,
Drachten, 1986.

INFORMACIJA

Daugiau informacijos galima gauti kreipiantis sekančiais adresais:

**COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
DG XI- ENVIRONMENT, NUCLEAR SAFETY AND CIVIL PROTECTION**

Mr. D. Teunen
Centre Wagner C 325
Rue Alcide De Gasperi
L- 2920 Luxembourg
Tel. XX/352/4301- 36389
Fax XX/352/4301-34646

Airija

**COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
OFFICE IN IRELAND**

Jean Monnet centre
39 Molesworth Street
Dublin 2
Tel. (353-1) 71 22 44
Telex (0500)93827 EUCO EI
Fax (353-1)
71 26 57

Didžioji Britanija

**COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
OFFICE IN UNITED KINGDOM**

Jean Monnet House
8 Storey Gate
London SW1 P3 AT
Tel.(44-71)973 19 92
Telex (051) 23208 EURUK G
Fax(44-71) 973 19 00/973 19 10

**COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
OFFICE IN NORTHERN IRELAND**

Windsor House
9/15 Bedford Street
Belfast BT 27 EG
Tel.(44-232)24 07 08
Telex (051) 74117 CECBEL G
Fax (44-232) 24 82 41

**COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
OFFICE IN WALES**

4 Cathedral Road
Cardiff CF 1 9SG
Tel.(44-222) 37 16 31
Telex (051) 497727 EUROPA G
Fax (44-222) 39 54 89

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
OFFICE IN SCOTLAND

7 Alva Street
Edinburgh EH2 4 PH
Tel.(44-31) 225 20 58
Telex (051) 727420 EUEDING
Fax (44-31) 226 41 05

Šio kurso kopijas, Sheffield University vaizdajuostę ir "Radiation and You" galima užsisakyti:

OFFICE FOR OFFICIAL PUBLICATIONS OF THE EUROPEAN COMMUNITIES L-2985 LUXEMBOURG

Užsisakant prašome paminėti sekančias detales:

Radiation and Radiation Protection:
A course for Primary and Secondary Schools
ISBN: see cover

Radiation and You, by Peter Saunders:
ISBN 92 825 9486 6
Katalogas Nr.: CC-54-88-053-EN- C
(kaina: vid. ECU 1 už kopiją)

Radiation: Types and Effects
Origins and Control
Sheffield University Television (one video)
Catalogue No:CC ZV 92 902- EN-V
(Kaina: ECU 45).

Kopijas galima užsisakyti iš DG XI Liuksmeburge aukščiau pateiktuoju adresu.

FOTOGRAFIJŲ ŠALTINIAI

Academisch Ziekehuis Utrecht: II-8, II- 110, III- 10
Philpis Medical Systems: II- 9
Ministerie van VROM: III-7, III-11, III-22, V-15, V- 16, V-23
Rontgen Technische Dienst: III- 11, V- 20
KEMA: III- 21 , IV- 17
Rijksluchtvaartdienst: IV- 2
Energie Centrum Nederland: IV- 11, V- 11
Sodel Photototheque EDF: V- 18, M.Morceau III- 8, M. Brigaud III- 12, III- 19/IV-5
ITAL: V- 19.

APIPAVIDALINIMAS

Grafinis dizainas Gert - jan Bloemers, Oss, The Netherlands

Viršelis ir techninės iliustracijos, maketas ir iliustracijos ir litografija - Theo Rabou, Vught, Olandija

Šrifto dizainas - Paulius, Angelė ir dėdė Tomas Von Prust, Studyo-N, Vught, Olandija.