Jonizuojanti spinduliuotė

Rūšys ir savybės. Jonizuojančios spinduliuotės fizikiniai parametrai, matavimo priemonės ir vienetai.Normavimas. Poveikis organizmui. Radiacinė sauga. Apsaugos priemonės.

Truputis istorijos

- 1986 balandžio 26
- 2011 kovo 11
- 1957 rugsėjo 29
- 1957 spalio 10
- 1979 kovo 28
- 1987 rugsėjo 13
- 1999 rugsėjo 30
- 1980 kovo 13

Truputis istorijos

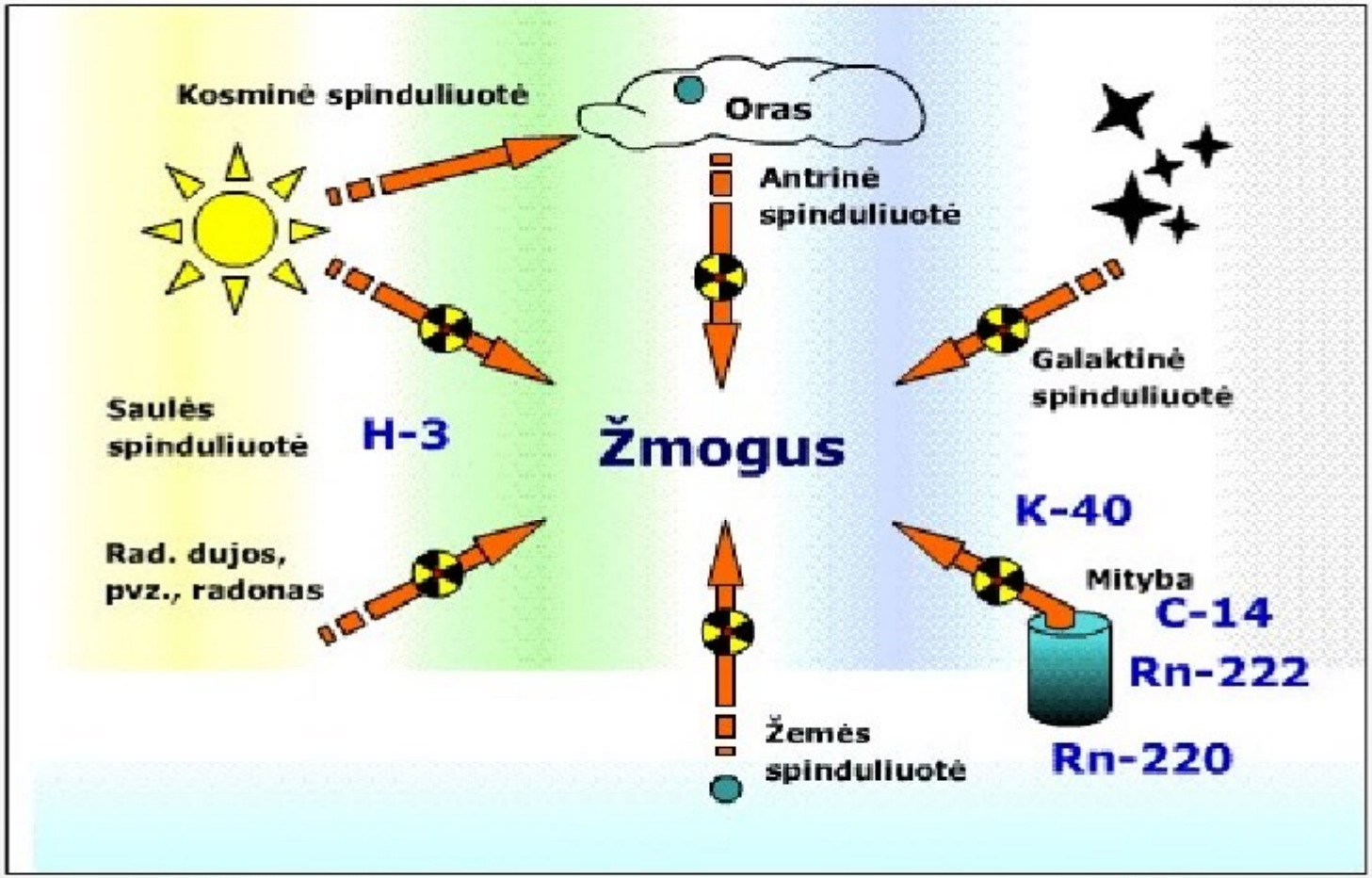
- 1986 balandžio 26 Ukraina
- 2011 kovo 11 Japonija
- 1957 rugsėjo 29 Rusija
- 1957 spalio 10 Anglija
- 1979 kovo 28 JAV
- 1987 rugsėjo 13 Brazilija
- 1999 rugsėjo 30 Japonija
- 1980 kovo 13 Prancūzija

Jonizuojančioji spinduliuotė

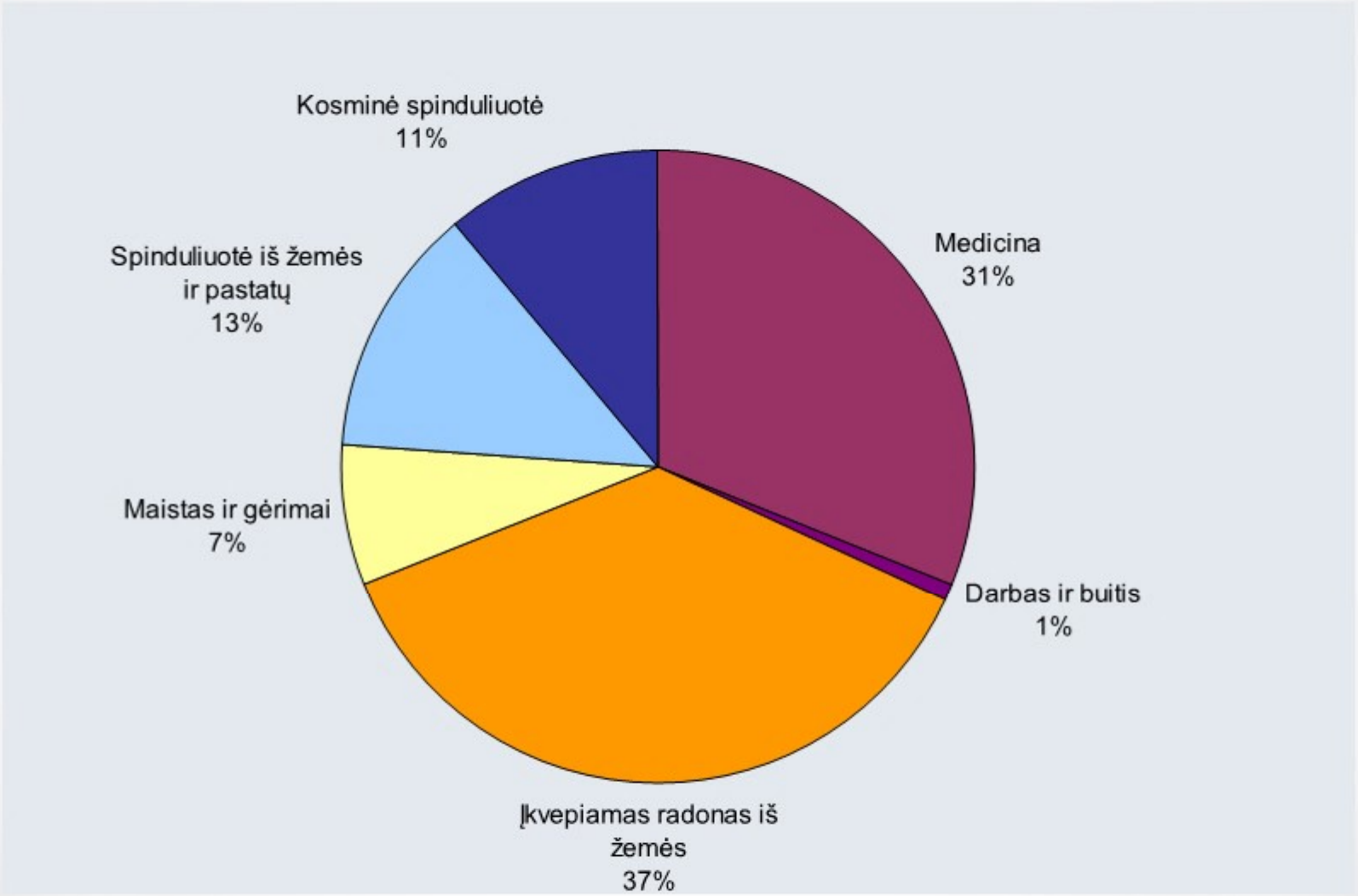
*Spinduliuotė, kuriai veikiant biologinėje aplinkoje susidaro skirtingų krūvių jonai **

*Lietuvos Respublikos radiacinės saugos įstatymą (Žin., 1999, Nr. 11-239);

Apšvitos šaltiniai



Apšvitos šaltiniai



Jonizuojančios spinduliuotės rūšys

- Jonizuojančią spinduliuotę sudaro:
  - Alfa dalelės
  - Beta dalelės
  - Rentgeno spinduliai
  - Gama spinduliai

Jonizuojančią spinduliuotės rūšys

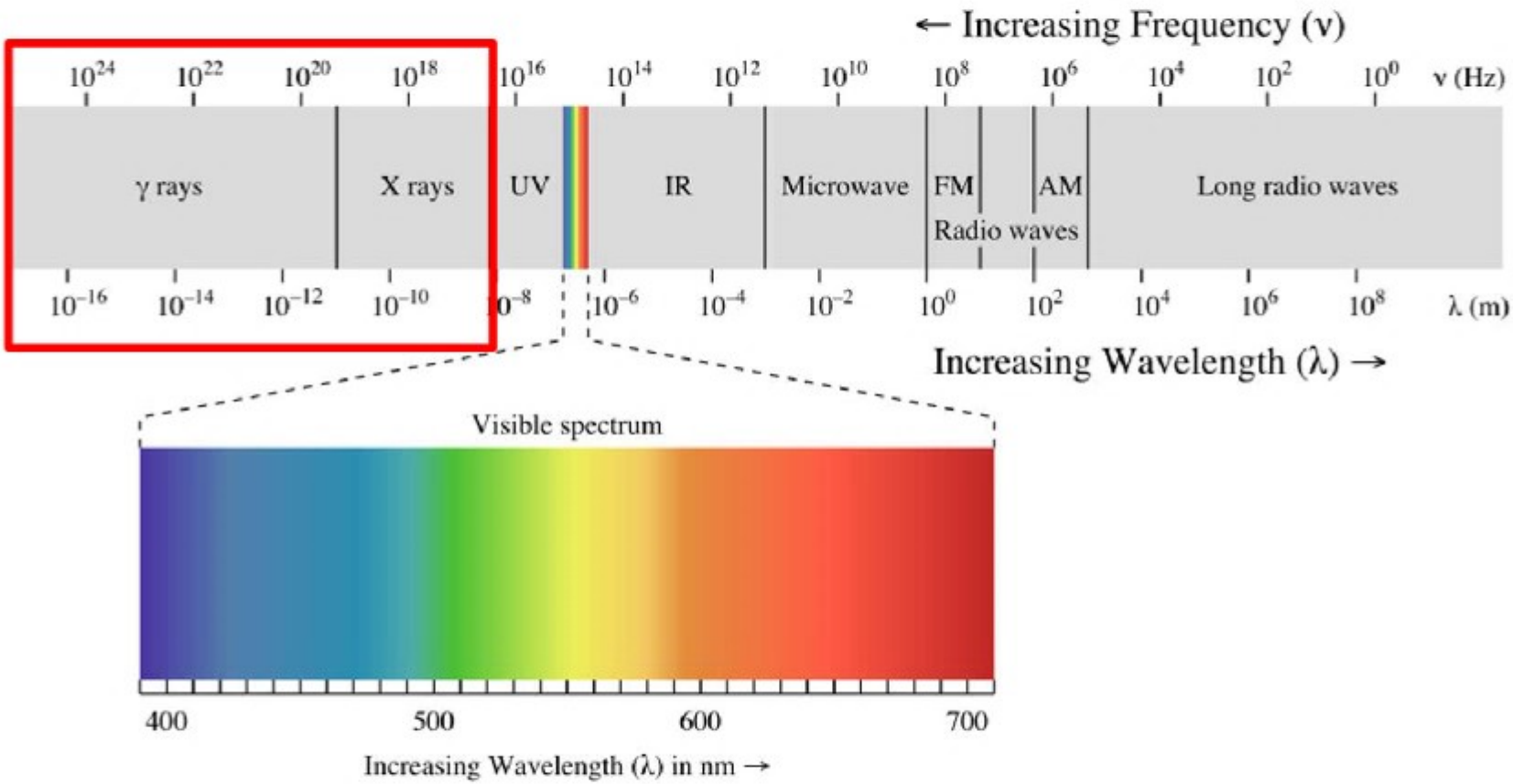
Dalelių srautas

Alfa dalelės
Beta dalelės

Elektromagnetinės bangos

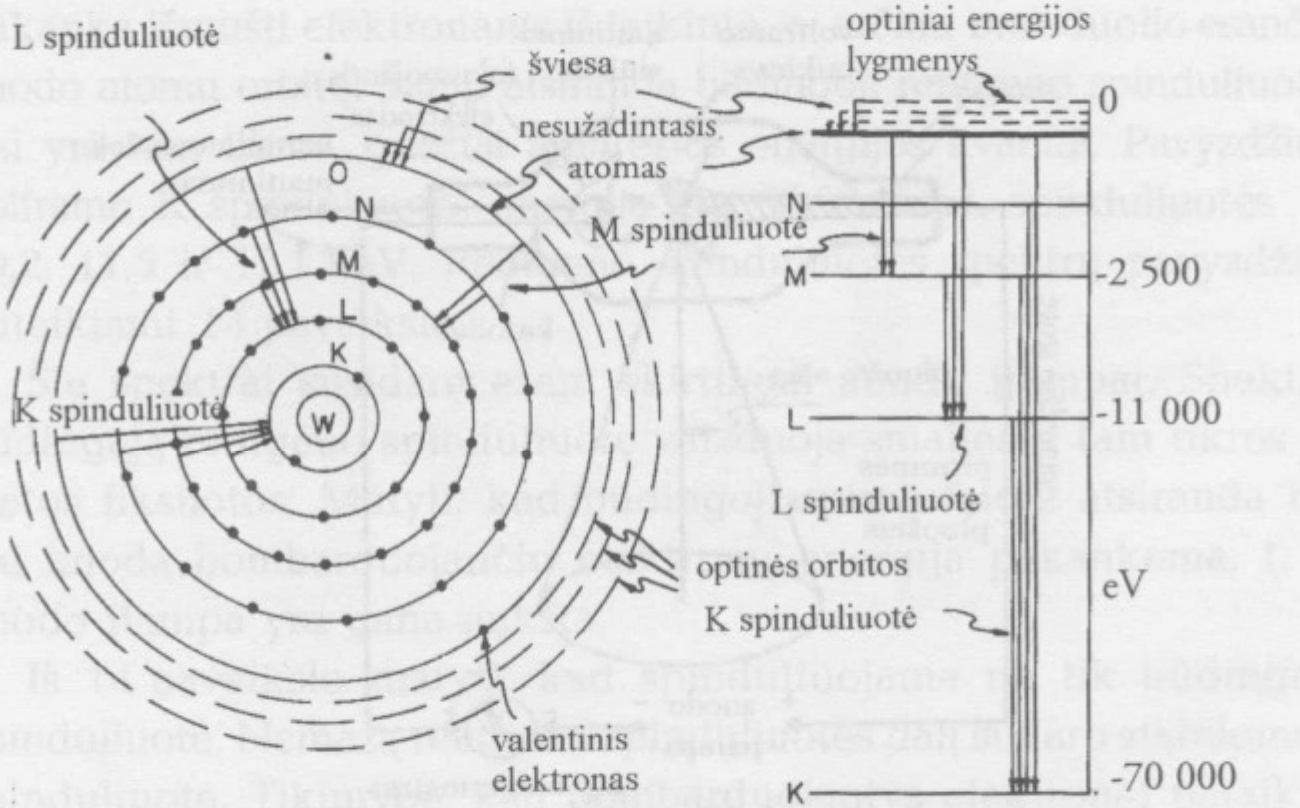
Rentgeno spinduliai
Gama spinduliai

Jonizuojanti spinduliuotė



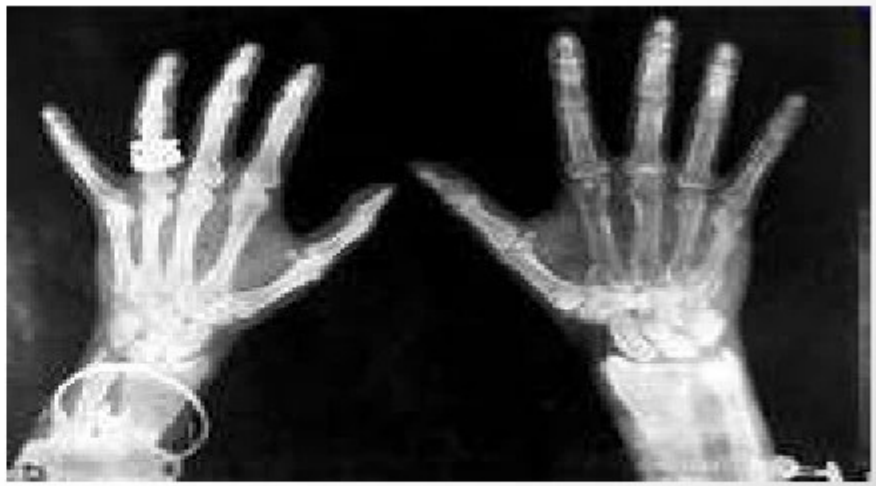
Rentgeno spinduliuotė

- Labai trumpos, nuo 10 nm iki 1 pm ilgio, elektromagnetinės bangos.

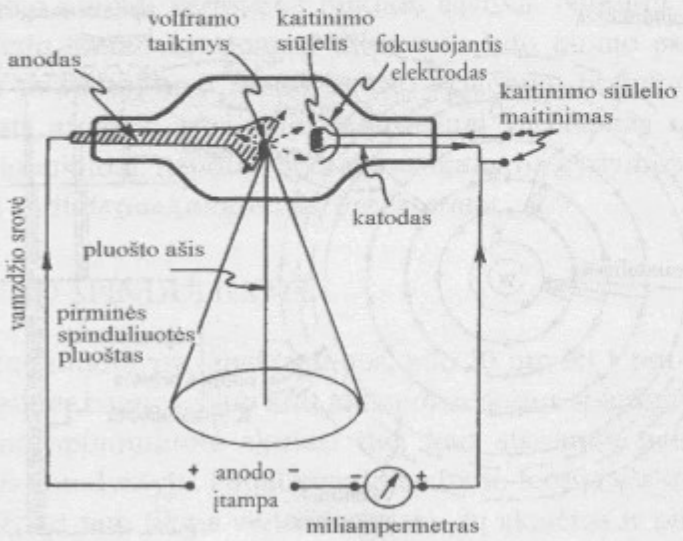


Rentgeno spinduliai

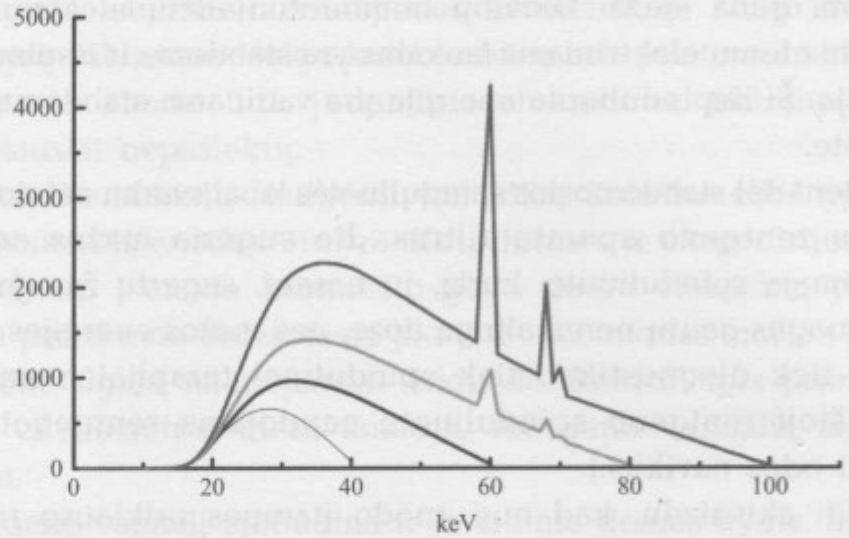
- Bangos ilgis λ yra nuo 10^{-8} m iki 10^{-11} m.
- Dažnis $f=10^{17} \div 10^{19}$ *Hz*.
- Energija ne daugiau kaip 11 MeV.
- Jie atsiranda stabdant pagreitintus elektronus.
- Rentgeno spinduliai pasižymi maža jonizacijos galia ir dideliu skvarbumu.
- Ore sklinda šimtus metrų, žmogaus organizmą praeina kiaurai.



Rentgeno vamzdis



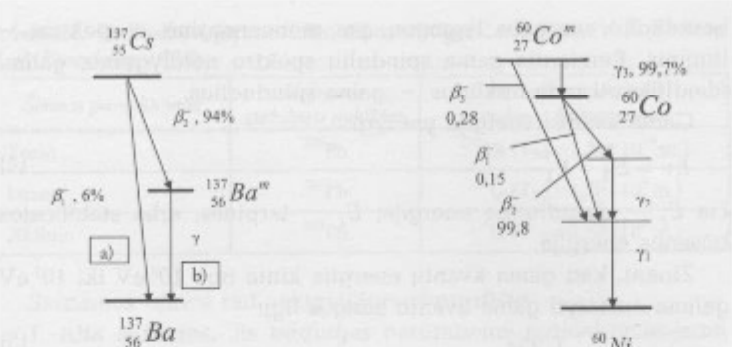
13 pav. Rentgeno vamzdžio schema



14 pav. Rentgeno spinduliuotės spektrai (Y ašyje nurodytas impulsų skaičius)

γ spinduliuotė

- Branduolinės prigimtis trumposios elektromagnetinės bangos (trumpesnės nei 1 pm).
- Vyksta radioaktyviajam skilimui ar branduolių virsmui skleidžia sužadintieji branduoliai energijos kvantus (fotonus).
- Savaiminis gama kvantų išlėkimas dažniausiai susijęs su alfa ir beta radioaktyviuoju skilimu.



17 pav. Beta skilimas:

a) $^{137}_{55}\mathrm{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{0}_{-1}e$

b) $^{137m}_{56}\mathrm{Ba} \rightarrow {}^{137}_{56}\mathrm{Ba} + \gamma$

18 pav. Daugiapakopis beta skilimas

$^{60}_{27}\mathrm{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + {}^{0}_{-1}e + \gamma$

γ spinduliai

- γ spinduliai – tai aukšto dažnio *($f=10^{20} \div 10^{22}$ Hz)*
- Bangos ilgis λ yra nuo 10^{-11} m iki 10^{-14} m,
- Energija – 0,1÷3 MeV.

Rentgeno ir gama spindulių sąveika su medžiaga

- Rentgeno ir gama spindulių jonizacijos geba nedidelė, tačiau jie yra skvarbūs.

- Oru praskrieja šimtus metrų, sugeba prasiskverbti pro kelių centimetrų švino sluoksnį.

Radioaktyvumas

- Virsmas, kai pasikeičia atomo eilės numeris arba masės skaičius, vadinamas radioaktyvumu.
- Pasikeitus atomo numeriui Z, vienas elementas virsta kitu, pasikeitus tik masės skaičiui A, vienas izotopas virsta kitu to paties elemento izotopu. Branduolio energetinės būsenos pasikeitimas – taip pat radioaktyvumo reiškinys.
- Radioaktyvumas gali būti gamtinis arba dirbtinis.

$${}^{A}_{Z}X$$

pvz.: ${}^{4}_{2}He$, ${}^{40}_{19}K$

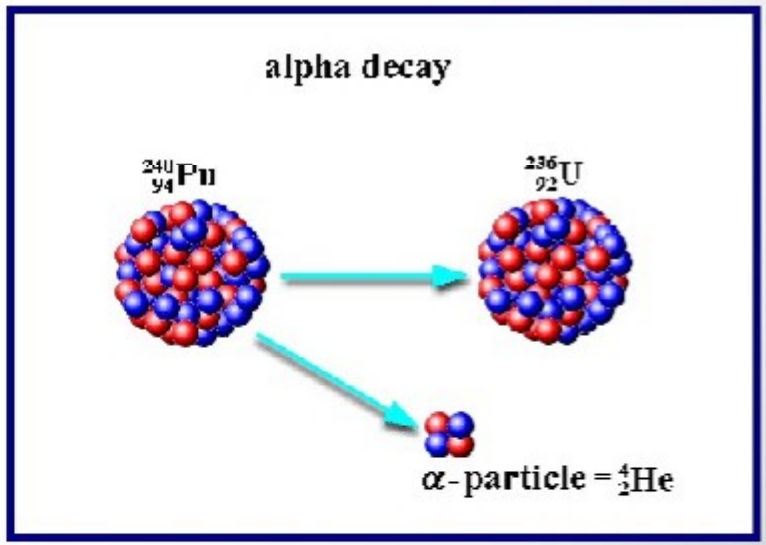
Alfa skilimas

- Būdingas natūraliems radioaktyviems didelės atominės masės elementams.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A-4}_{Z-2}Y$$

Vykstant šiam skilimui, gali būti spinduliuojamas ir gama kvantas.

Pvz: $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn$



Alfa dalelių sąveika su medžiaga

- Alfa dalelės tai helio branduolių srautas, kurį skleidžia radioaktyvios medžiagos.
- Alfa dalelių, palyginti su kitų jonizuojančių dalelių, masė gana didelė ir krūvis teigiamas. Todėl jos smarkiai jonizuoja tačiau yra neskvarbios.
- 4 MeV dalelė oru praskrieja 2,5 cm, aliuminiu 16 μm, biologiniu audiniu 31 μm.
- 10 MeV dalelės atitinkamai įveikia 10,6 cm, 69 μm, 130 μm.
- Alfa dalelės pasižymi dideliu energijos perdavimo koeficientu 100 keV/ μm.

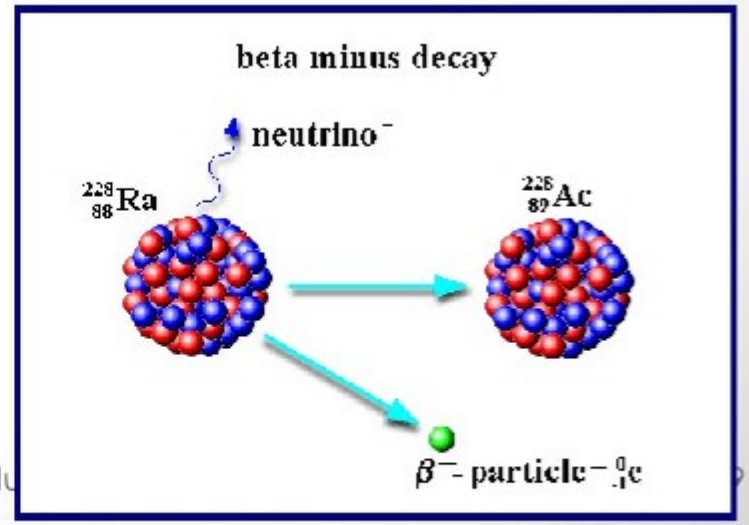
Beta skilimas

- Būdingas tiek natūraliems, tiek dirbtiniams radioaktyviems elementams.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}{}^{A}Y + e_{-1} + \nu$$

Vykstant šiam skilimui, vienas iš branduolio neautronų virsta protonu išspinduliuodamas elektroną (arba beta dalelę), o susidariusi naujo atomo branduolio masė nekinta.

Pvz: $^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + e_{-1}$



Beta dalelių sąveika su medžiaga

- Beta dalelėmis vadinami elektronai ir pozitronai.
- 4 MeV kinetinės energijos beta dalelė oru nuskrieja 17,8 m, vandeniu 2,6 cm, prasiskverbia į minkštuosius audinius 2,1 cm, 1 cm į aliuminį.
- Jų maksimali energija 9,5 MeV.
- Beta dalelių jonizacijos geba tūkstantį kartų mažesnė lyginant su alfa dalelėmis.

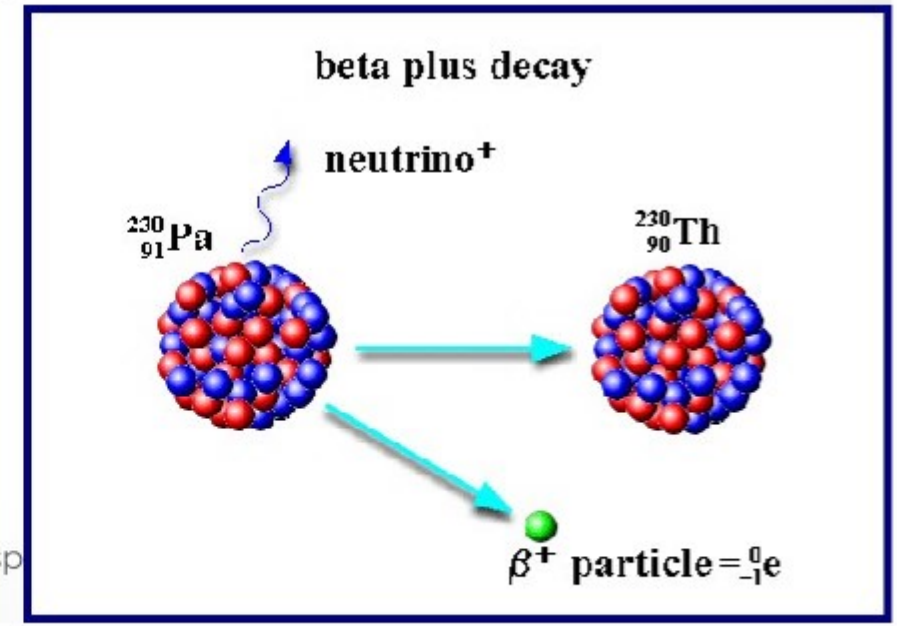
Pozitroninis beta skilimas

- Būdingas kai kuriems dirbtiniams radioaktyviems elementams.

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e_{+1} + \nu $$

Skylant išsiskiria pozitronai, kurių masė tokia kaip ir elektronų, bet jų krūvis yra teigiamas.

Pvz: $ {}^{32}_{15}P \rightarrow {}^{32}_{14}Si + e_{+1} $



K elektrono pagavimas

- Branduolys pritraukia K elektroną, o branduolio pokyčiai yra panašūs į pozitroninį skilimą, tik šiuo atveju protonas prisijungia elektroną ir virsta neutronu.

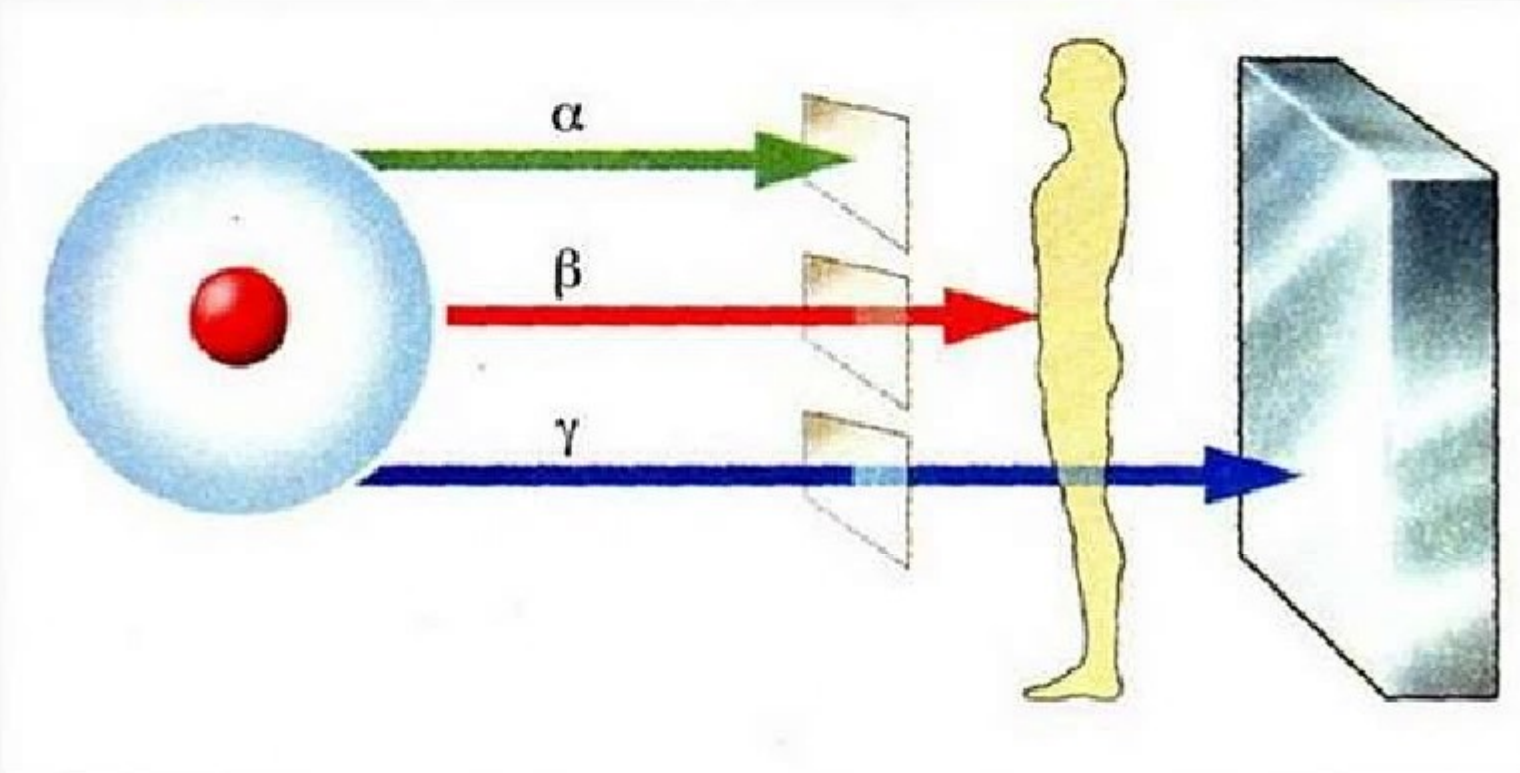
$$ {}^{A}_{Z}X + e_{-1} \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}Y + \nu $$

Pvz: $ {}^{64}_{29}Cu + e_{-1} \rightarrow {}^{64}_{28}Ni $

Neautronai

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

Alfa, beta dalelių ir gama spindulių sugertis



Dirbtinis radioaktyvumas

- Lengvieji elementai gali tapti radioaktyviais, jeigu jie bombarduojami elementariųjų dalelių.

$$^{59}_{27}Co + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{60}_{27}Co + \gamma$$

Savaiminis branduolių dalijimasis

- Būdingas didelės atominės masės elementų branduoliams.

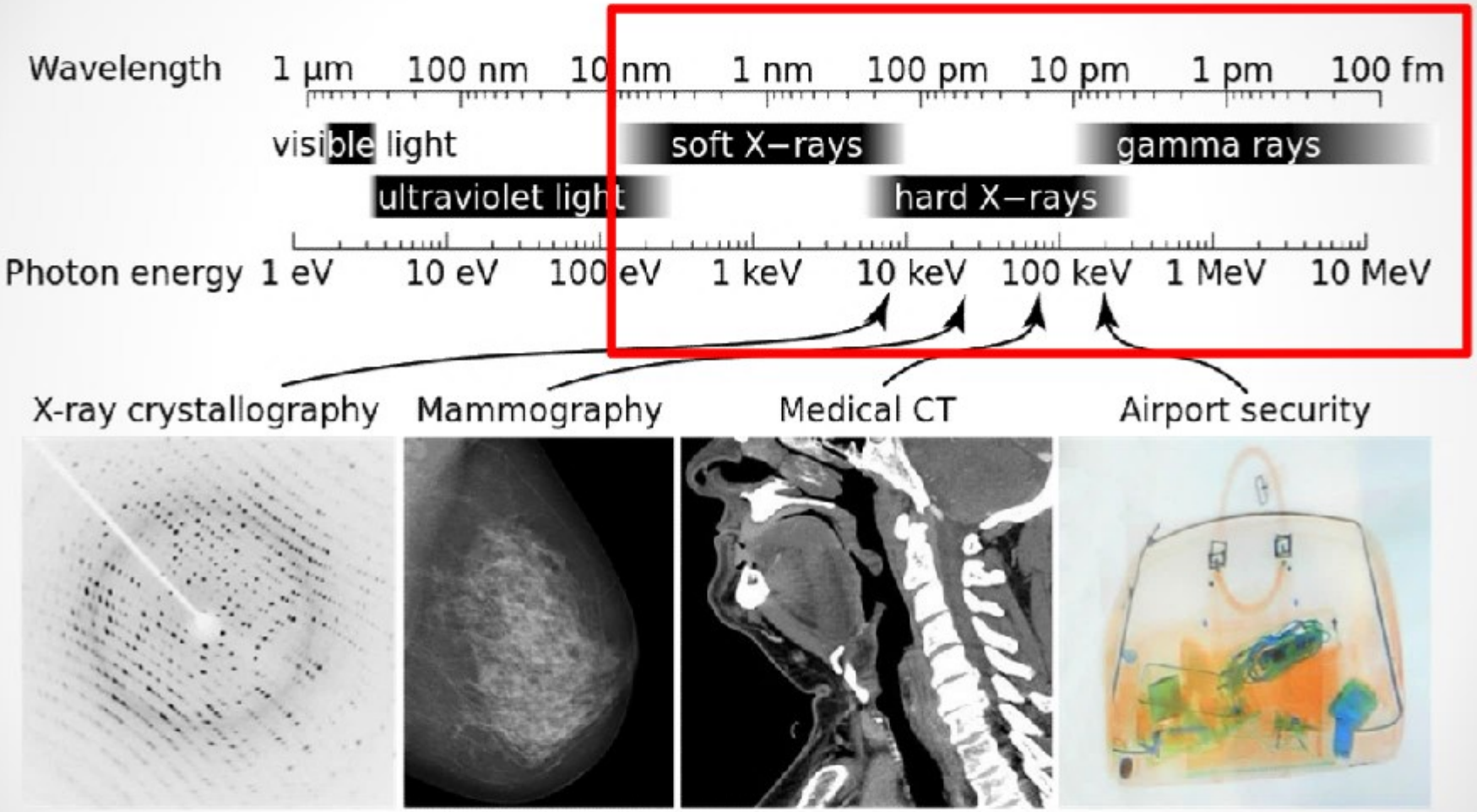
$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{90}_{36}Kr + ^{140}_{56}Ba + 6\,^{1}_{0}n$$

Termobranduolinės sintezės reakcijos

- Dirbtinis procesas, vykstantis esant dešimčių milijonų laipsnių temperatūrai. Lengvųjų atomų branduoliai susiliedami virsta sunkesnių atomų branduoliais.

$$ {}^{2}_{1}D + {}^{3}_{1}T \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + (17{,}57MeV) $$

Jonizuojančios spinduliuotės energija



Aktyvumas

- Aktyvumas – tai radioaktyvių virsmų skaičius per laiko vienetą. Kuo tokių virsmų daugiau, tuo didesnis bus aktyvumas.

- Aktyvumo vienetas yra bekerelis (Bq) – vienas virsmas per sekundę. Nesisteminis kiuris (Ci): $1\ Ci = 3{,}7 \times 10^{10}\ Bq$

- Pusėjimo trukmė ($T_{1/2}$) – tai vidutinis laikas, per kurį skyla pusė visų radioaktyvių nuklido atomų, t.y. medžiagos aktyvumas sumažėja du kartus.
- Skilimo konstanta (λ) – dydis, apibūdinantis skilimo tikimybę per laiko vienetą

$$T_{1/2} = 0{,}693/\lambda$$

Pusėjimo trukmės

2 lentelė. Kai kurių radionuklidų charakteristikos (*pagal D. Delacroix et al.*, 2002)

Radionuklidas	*Simbolis*	*Pusėjimo trukmė*	*Spinduliuotės rūšis*
Anglis-14	^{14}C	5730 metų	beta
Argonas-41	^{41}Ar	1,83 valandos	beta, gama
Auksas-198	^{198}Au	2,7 paros	beta, gama
Ceris-141	^{141}Ce	32,5 paros	beta, gama
Ceris-144	^{144}Ce	284,3 paros	beta, gama
Cezis-134	^{134}Cs	2 metai	beta, gama
Cezis-137	^{137}Cs	30 metų	beta, gama
Jodas-131	^{131}J	8 paros	beta, gama
Kalis-40	^{40}K	$1,28\times10^{9}$ metų	beta, gama
Kobaltas-60	^{60}Co	5,3 metų	beta, gama
Natris-24	^{24}Na	15 valandų	beta, gama
Radis-226	^{226}Ra	1600 metų	alfa, gama
Radonas-220	^{220}Rn	54,5 sekundės	alfa
Radonas-222	^{222}Rn	3,8 paros	alfa
Švinas-210	^{210}Pb	22,3 metų	alfa, beta, gama
Stroncis-90	^{90}Sr	28 metai	beta
Uranas-238	^{238}U	$4,51\times10^{9}$ metų	alfa, gama

Jonizuojančios spinduliuotės dozės ir matavimo vienetai

- Ekspozicinė dozė
- Sugertoji dozė
- Lygiavertė dozė
- Efektinė dozė

Ekspozicinė dozė (X)

- Visų ore sukurtų vieno ženklo jonų krūvio sumos (dQ) ir tūrio masės (dm) santykis

$$X = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}m}$$

- Ekspozicinės dozės vienetas – kulonas kilogramui (C/kg).
- Nesisteminis vienetas – rentgenas (R)

- 1 R = $2{,}58 \times 10^{-4}$ C/kg

Sugertoji dozė (D)

- Medžiagos masės vienetui (dm) spinduliuotės perduotas energijos kiekis (dE)

$$D = \frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}m}$$

- Sisteminis sugertosios dozės matavimo vienetas yra grėjus (Gy), 1 Gy = 1 J/kg.
- Nesisteminis vienetas – radas (rad)

- 1 Gy = 100 rad

Lygiavertė dozė (H_T)

- Tai sugertoji dozė, pakoreguota atsižvelgiant į jonizuojančios spinduliuotės biologinio poveikio ypatumus

$$H_T = \sum_R w_R \times D_{T,R}$$

- $D_{T,R}$ – T audinio arba organo sugertoji dozė
- Lygiavertės dozės matavimo vienetas sivertas (Sv).

Įvairių spinduliuočių svoriniai daugikliai

Spinduliuotės rūšis ir energijos ribos, eV	Svorinis spinduliuotės daugiklis (w_R)
Visų energijų fotonai	1
Visų energijų elektronai ir mionai	1
Neutronai, kurių energija mažesnė kaip 10 keV	5
Neutronai, kurių energija yra nuo 10 keV iki 100 keV	10
Neutronai, kurių energija yra nuo 100 keV iki 2 MeV	20
Neutronai, kurių energija yra nuo 2 MeV iki 20 MeV	10
Neutronai, kurių energija didesnė kaip 20 MeV	5
Protonai, išskyrus atspindžio protonus, kurių energija didesnė kaip 2 MeV	5
α - dalelės, branduolių dalijimosi skeveldros, sunkieji branduoliai	20

Kaupiamoji lygiavertė dozė

- Tai sugertoji dozė, pakoreguota atsižvelgiant į jonizuojančios spinduliuotės biologinio poveikio ypatumus

$$H_T(T) = \int_{t_0}^{t_0+T_0} H_T(t)\mathrm{d}t$$

- t_0 – įtekio pradžia
- $H_T(t)$ – T organo lygiavertės dozės galia akimirką t.

Efektinė dozė (H_{ef})

- Tai audinių lygiaverčių dozių, padaugintų iš svorinio atitinkamo audinio jautrio daugiklio (w_T), apibūdinančio žmogaus organo ar audinio jautrumą jonizuojančiajai spinduliuotei, suma.

$$H_{ef} = \sum_T w_T \times H_T$$

$$H_{ef}(T) = \int_{t_0}^{t_0+T_0} H_{ef}(t)\mathrm{d}t$$

Jonizuojančiosios spinduliuotės audinių svoriniai jautrio daugikliai

Audinio pavadinimas	Svorinis audinio daugiklis (w_T)
Lyties liaukos	0,20
Raudonieji kaulų čiulpai	0,12
Storoji žarna	0,12
Plaučiai	0,12
Skrandis	0,12
Šlapimo pūslė	0,05
Krūtys	0,05
Kepenys	0,05
Stemplė	0,05
Skydliaukė	0,05
Oda	0,01
Kaulų paviršius	0,01
Kiti audiniai	0,05

Studentų (mokinių) ribinės dozės

Nuo 16 iki 18 metų amžiaus, kurie dirba su šaltiniais profesinio pasirengimo metu:

- metinė efektinė dozė - 6 mSv,
- metinė lygiavertė dozė akies lęšiukui – 50 mSv,
- metinė lygiavertė dozė odai ir galūnėms (plaštakoms, pėdoms) – 150 mSv.

Nuo 18 metų amžiaus ir vyresniems, kurie dirba su šaltiniais profesinio pasirengimo metu yra tokias, kaip darbuotojams;

Darbuotojų ribinės dozės

- efektinė dozė - 100 mSv per 5 metų laikotarpį;
- didžiausia metinė efektinė dozė - 50 mSv;
- lygiavertė dozė akies lęšiukui – 150 mSv;
- lygiavertė dozė odai, galūnėms (plaštakoms ir pėdoms) - 500 mSv.

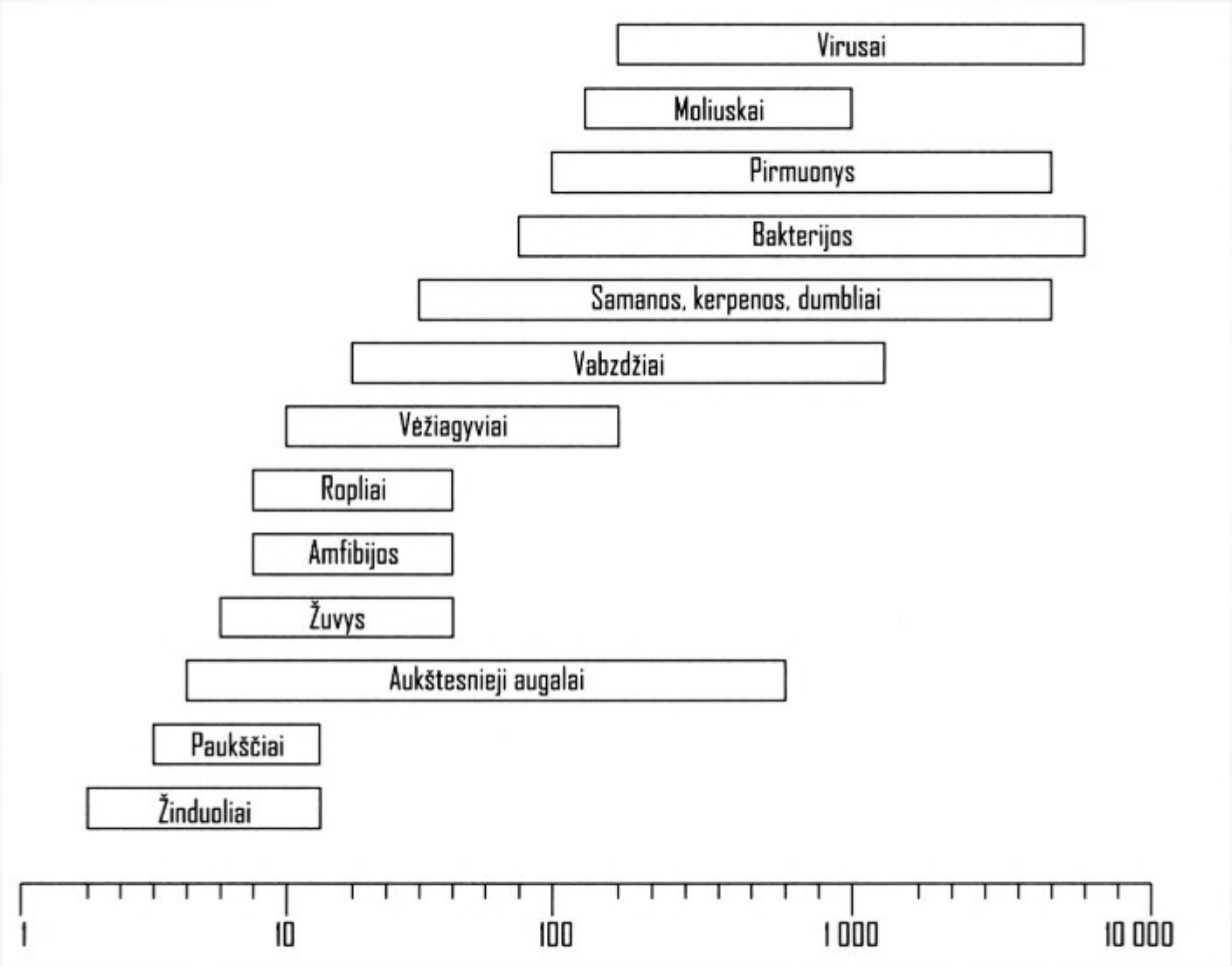
Ši riba taikoma dozei, tenkančiai vidutiniškai 1 cm^2 odos ploto, gaunančio didžiausią apšvitą.

Gyventojų ribinės dozės

- metinė efektinė dozė – 1 mSv;
- metinės efektinės dozės ypatingais atvejais - 5 mSv, su sąlyga, kad 5 iš eilės metus vidutinė dozė nebus didesnė kaip 1 mSv per metus;
- lygiavertė metinė dozė akies lęšiukui – 15 mSv;
- lygiavertė dozė odai - 50 mSv.

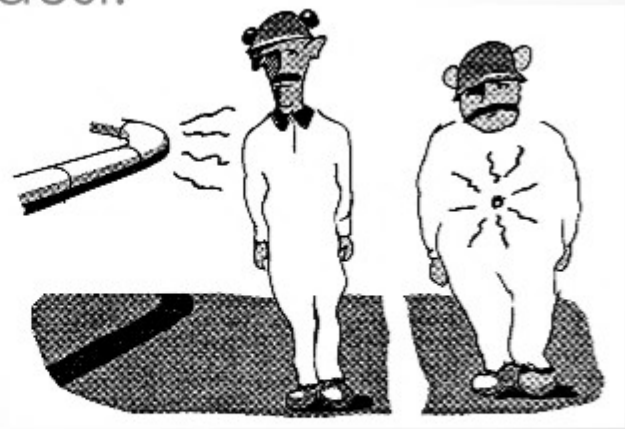
Ši riba taikoma dozei, tenkančiai vidutiniškai 1 cm^2 odos ploto, gaunančio didžiausią apšvitą.

Mirtina apšvitos dozė Gy



Poveikis žmogaus

- Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo spinduliuotės šaltinio padėties žmogaus organizmo atžvilgiu.
- Pagal tai apšvita būna išorinė, kai radionuklidai veikia žmogų iš išorės, ir vidinė, kai radioaktyvios medžiagos į žmogaus organizmą pakliūna su oru, vandeniu, maistu ar per odą.
- Esant išorinei apšvitai, pavojingiausi gama spinduliai ir neutronai, nes jie yra skvarbiausi.



Poveikis žmogaus

- Radioaktyvios medžiagos gali kauptis žmogaus organizme, dėl to didėja jų poveikis audinio molekulėms ir atomams.
- Jonizuojančioji spinduliuotė veikia žmogaus organizmą jonizuodama audinių molekules ir atomus.
- Dėl to nutrūksta molekuliniai ryšiai ir pakinta junginių cheminė struktūra.

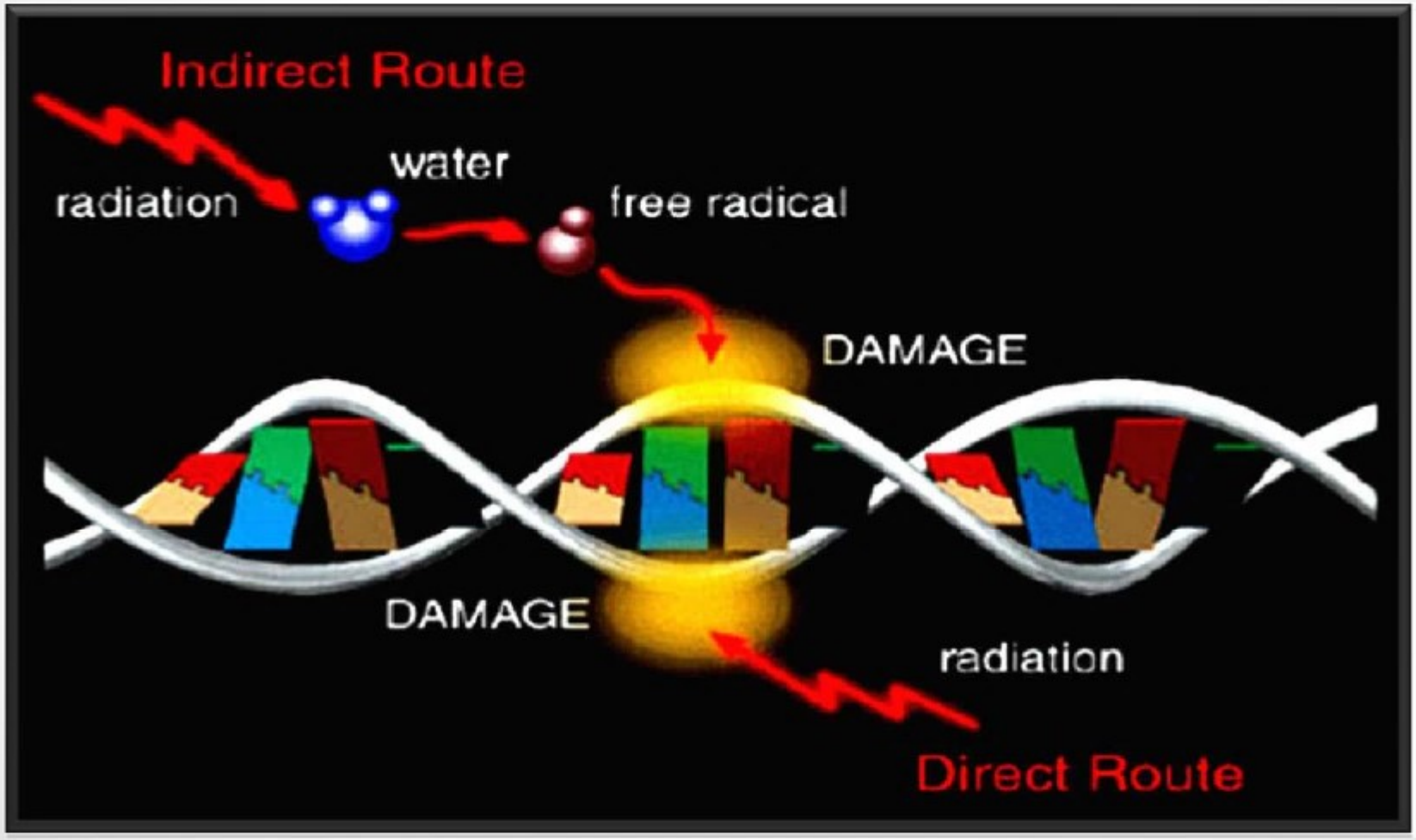
- Jo pasėkoje po kelių valandų žmogų pradeda pykinti, jis pasidaro vangus, svaigsta galva, padažnėja pulsas, kartais 0,5°C -1,5 °C pakyla temperatūra, kraujyje padidėja leukocitų.
- Žmogaus organizme yra nuo 60% iki 80% vandens, kuris veikiamas jonizuojančios spinduliuotės sudaro teigiamus ir neigiamus jonus, kurie nestabilūs ir skyla sudarydami vandenilio ir hidroksilinius jonus:

$$H_2O \rightarrow \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$$

$$H_2O \rightarrow \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$$

- Hidroksiliniai jonai jungdamiesi su laisvu deguonimi sudaro chemiškai aktyvius vandenilio peroksidą (H_2O_2) arba hidroperoksidą (HO_2), kurie ardo audinius.
- Toks jonizuojančios spinduliuotės poveikis vadinamas netiesioginiu ir sukelia didesnę žalą negu tiesioginis poveikis.
- Vandenilio peroksidas bei kiti šių cheminių reakcijų metu susidarę cheminiai junginiai reaguoja su audinių molekulėmis, dėl ko pakinta molekulių fizinės ir cheminės savybės ir sutrinka organizmo medžiagų apykaita.

Tiesioginis ir netiesioginis poveikis DNR



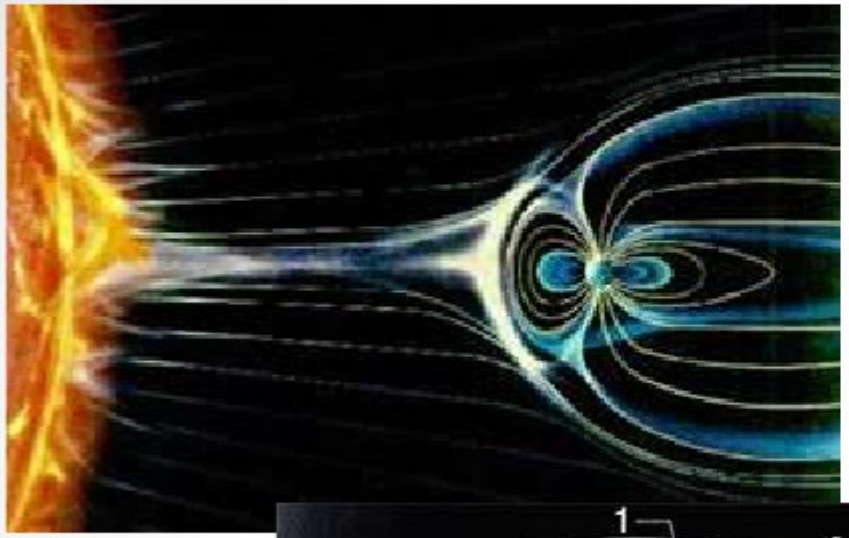
9 lentelė. Viso žmogaus kūno apšvita: simptomai, gydymas, padariniai (*pagal Maxcy – Rosenau – Last Public Health & Preventive Medicine, 1992*)

Dozė (Gy)	*Pradiniai simptomai*		*Klinikiniai požymiai*			*Gydymas, ligos eiga, baigtis*				
	Dažnis (%)	*Latentinis periodas*	*Sindromas, pažeistas organas*	*Būdingi simptomai*	*Kritinio periodo trukmė*	*Gydymas*	*Prognozė*	*Miršta-mumas (%)*	*Miršta-ma po*	*Mirties priežastis*
>50	100	Minutės	Neurologinis sindromas	Traukuliai, ataksija, mieguistumas, sutrikęs regėjimas	1–48 val.	Simptominis	Beviltiška	100	1–48 val.	Smegenų edema
10–20	100	0,5 val.	Virškinamojo trakto sindromas	Viduriavimas, karščiavimas, elektrolitų pusiausvyros sutrikimas	3–14 d.	Paliatyvus	Labai bloga	90–100	2 sav.	Entero-kolitinis šokas
5–10	100	0,5–1 val.	Kaulų čiulpų sindromas	Trombopenija, leukopenija, kraujavimai, infekcijos, plaukų iškritimas	2–6 sav.	Kaulų čiulpų persodinimas, leukocitų ir trombocitų perpylimai, slauga (izoliavimas, antibiotikai, skysčiai)	Neaiški, priklauso nuo gydymo sėkmės	0–90	Savaičių	Infekcijos, kraujavimai
2–5	50–90	1–2 val.	Kaulų čiulpų sindromas	Trombopenija, leukopenija, kraujavimai, infekcijos, plaukų iškritimas	2–6 sav.	Kaulų čiulpų persodinimas, leukocitų ir trombocitų perpylimai, slauga (izoliavimas, antibiotikai, skysčiai)	Neaiški, priklauso nuo gydymo sėkmės	0–90	Savaičių	Infekcijos, kraujavimai
1–2	0–50	>3 val.	Kaulų čiulpų sindromas	Lengva leukopenija ir trombopenija	2–6 sav.	Simptominis	Gera	0–10	Mėnesių	Infekcijos, kraujavimai

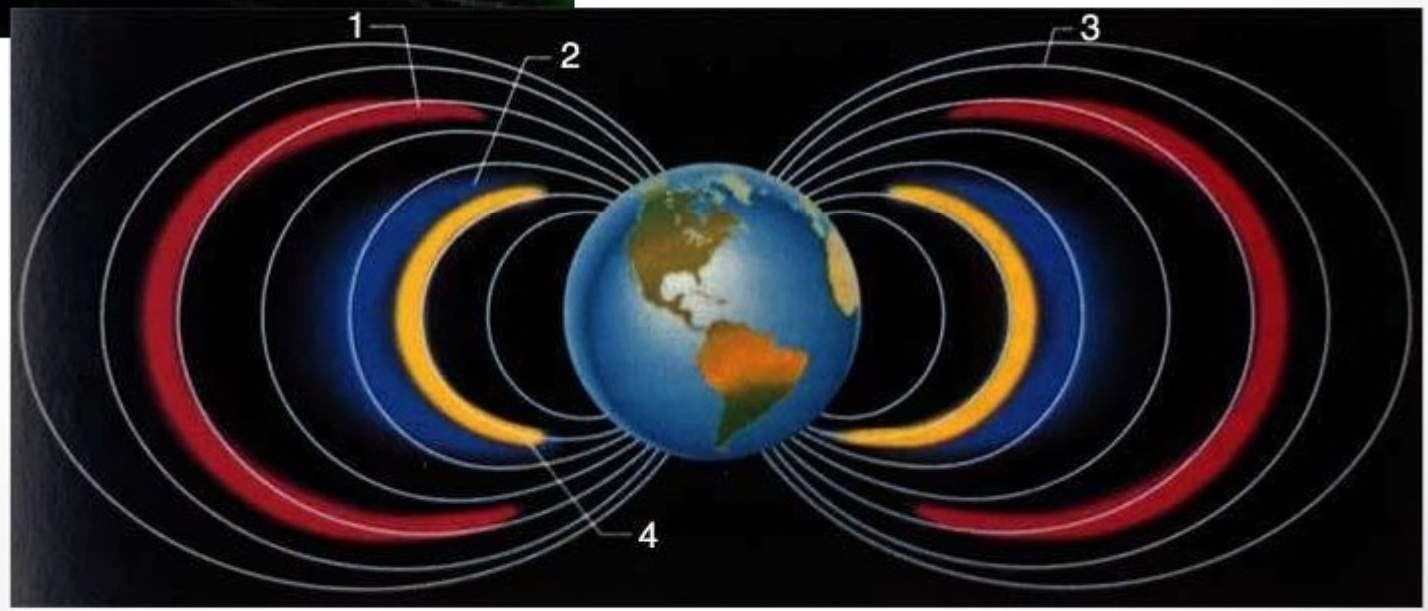
Jonizuojančios spinduliuotės fonas

- Natūralus jonizuojančios spinduliuotės fonas:
  - Kosminė spinduliuotė;
  - Žemės, vandens, oro skleidžiama spinduliuotė
  - Augalų, gyvūnų ir žmogaus skleidžiama spinduliuotė
- Technologiškai pakitęs jonizuojančios spinduliuotės fonas:
  - Gamtinių šaltinių spinduliuotė pakitusių ar atsiradusių dėl žmogaus veiklos;
  - Papildoma apšvita skraidant lėktuvais.
- Dirbtinių radionuklidų jonizuojančios spinduliuotės šaltinių sukurtas fonas:
  - Nuklidai išsiskyrę po branduolinių bandymų;
  - Atominių elektrinių iškritos;
  - Atominės energetikos įmonių atliekos.

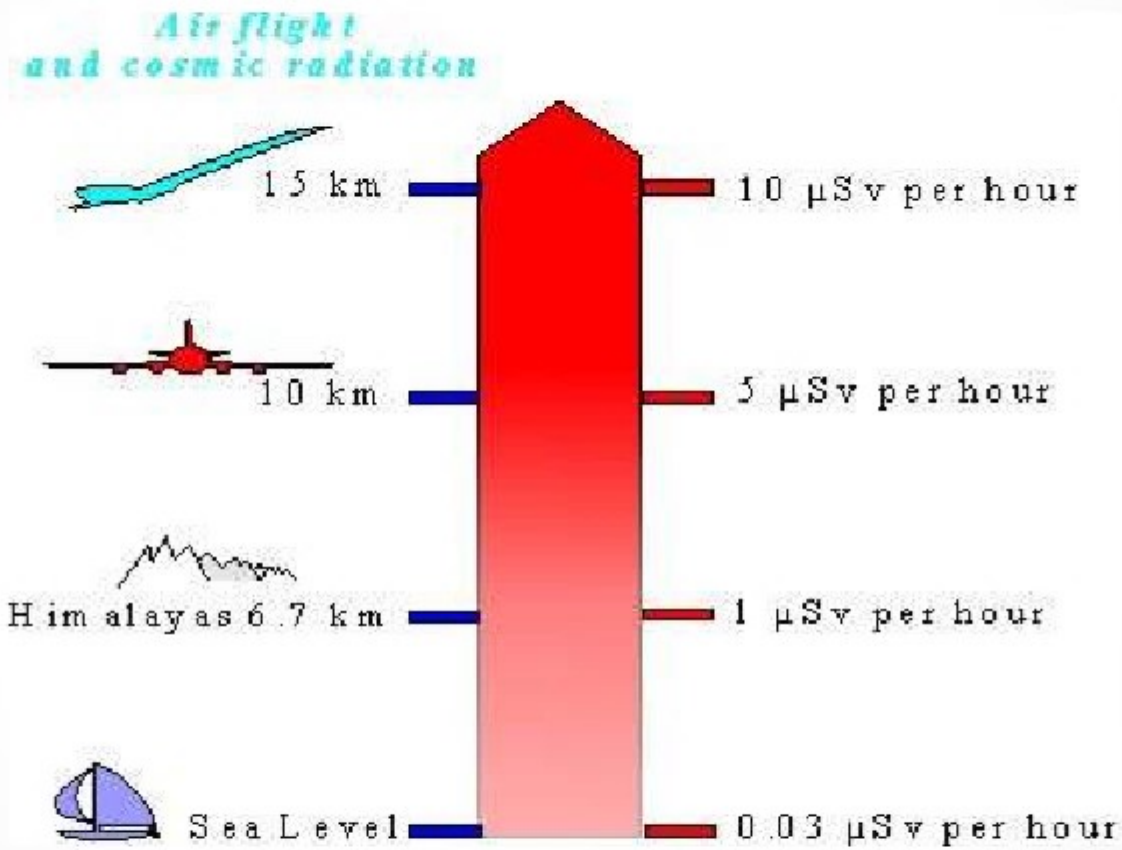
Kosminė spinduliuotė



1) Išorinis radiacijos žiedas 40000 km
2) Vidinis radiacijos žiedas 15000 km
3) Žemės magnetinės linijos



Kosmine spinduliuotė



Gamtinė apšvita

Gamtinės kilmės radioaktyvūs elementai:

- Radioaktyvių medžiagų šeimai priklausantys izotopai ^{238}U, ^{232}U, ^{235}U;
- Nususiję su radioaktyvių medžiagų šeima radioaktyvieji elementai ^{40}K, ^{48}Ca, ^{87}Rb ir kiti;
- Radioaktyvieji elementai susidarantys žemėje dėl kosminių spindulių poveikio ^{14}C, ^{3}H.

Radonas

- Skylant radžiui ir kitiems radioaktyviems elementams, gali susidaryti inertinės dujos, kurios yra taip pat radioaktyvios.

$$^{226}_{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}^{222}_{Rn} \xrightarrow{\alpha} {}^{218}_{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{214}_{Pb} \xrightarrow{\beta,\gamma} {}^{214}_{Bi} \xrightarrow{\beta,\gamma} {}^{214}_{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{210}_{Pb}$$

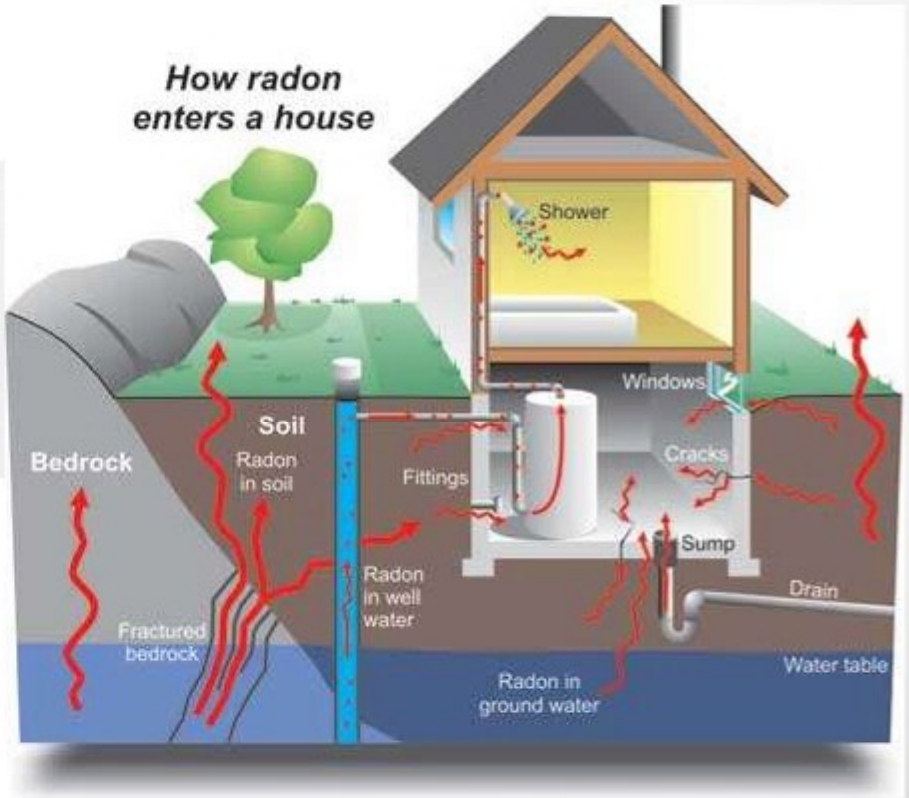
1622 m. 3,8 paros 3 min. 26,8 min. 19,7 min. trumpaamž. 22 m.

(55).

$$^{224}_{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}^{220}_{Rn} \xrightarrow{\alpha} {}^{216}_{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{212}_{Pb} \xrightarrow{\beta,\gamma} {}^{212}_{Bi} \xrightarrow{\beta,\gamma} {}^{212}_{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{208}_{Pb}$$

3,64 d. 54,5 s 0,16 s 10,6 h 60,5 min. 3,1 min. stabil.

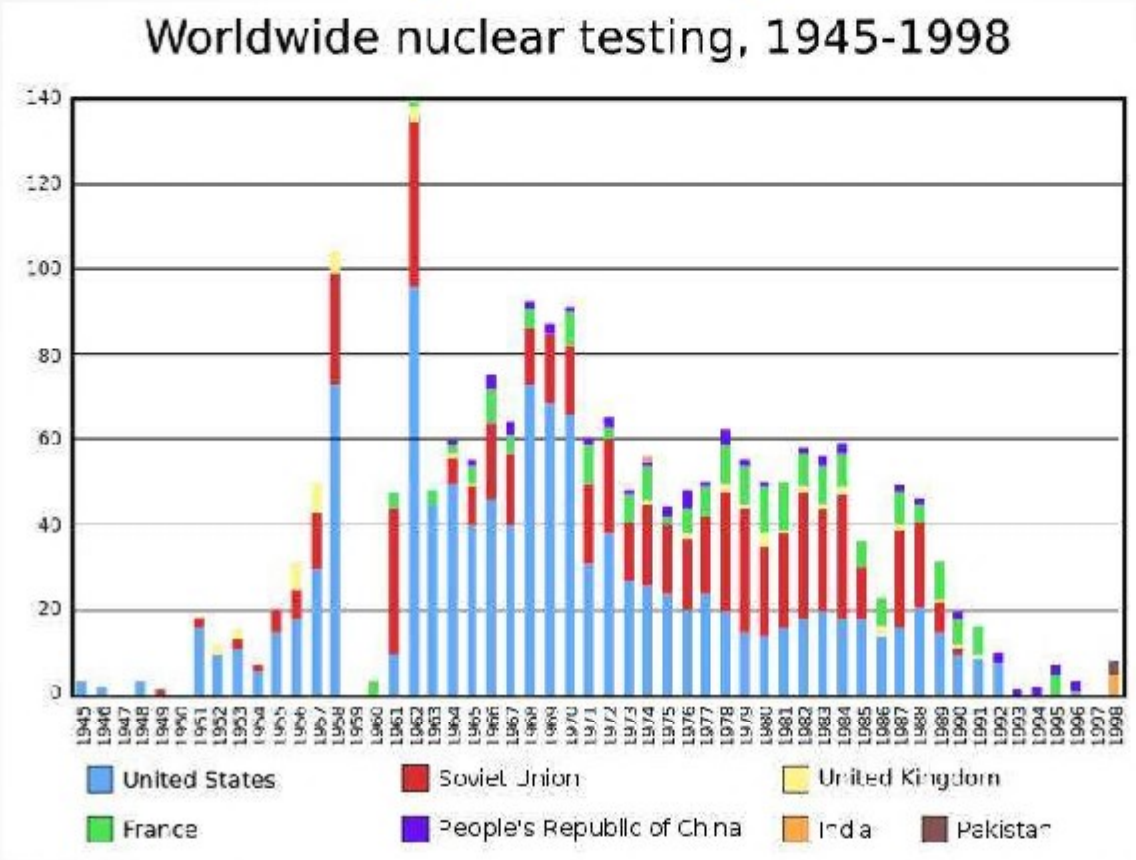
(56).



Statybinės medžiagos

Statybinės medžiagos	Vidutinis savitasis aktyvumas, Bq kg^{-1}		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Betonas	27	18	456
Cementas	54	18	276
Smėlis	18	12	457
Žvirgždas	32	18	528
Smėlio ir žvirgždo mišinys	25	14	536
Silikatinės plytos	14	11	350
Mediena	5,2	1,9	14
Šlakas	139	71	423
Keramzitas	74	54	1190
Gipsas	5	2,2	101
Dolomitas	15	3,2	115
Granitinė skalda	41	37	1146
Keramikos gaminiai	55	62	1082
Molis	51	62	999

Potencialūs radioaktyvios taršos šaltiniai. Branduolinio ginklo bandymai

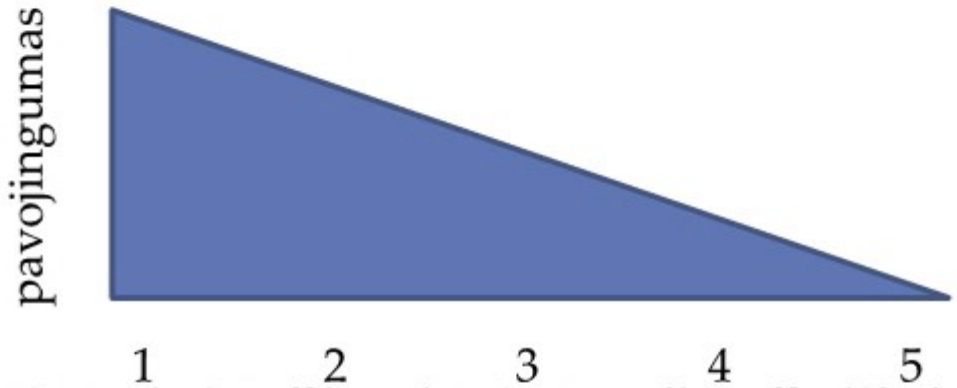


Sprogdinant branduolinius užtaisus, susidaro keturi pagrindiniai taršos veiksniai:

- Branduolinio kuro skilimo produktai;
- Indukuotasis radioaktyvumas;
- Nesuskilęs branduolinis kuras;
- Radioaktyvioji anglis ir tritis.

Jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių pavojingumo kategorija

- Atsižvelgiant į galimą apšvitą skiriamos penkios jonizuojančios spinduliuotės šaltinių pavojingumo kategorijas.



- Pirmos, antros ir trečios kategorijos šaltiniai yra laikomi didelio aktyvumo šaltiniais, kuriems turi būti taikomos ypatingos radiacinės saugos ir saugojimo priemonės

Pirma pavojingumo kategorija

- Šaltiniai, esantys radioizotopiniuose termoelektriniuose generatoriuose;
- Šaltiniai, esantys apšvitinimo įrenginiuose;
- Šaltiniai, esantys spindulinės terapijos įrenginiuose.

Antra pavojingumo kategorija

- Rentgeno terapiniai įrenginiai, kurių anodo įtampa ≥ 150 kV;
- Rentgenoradiografai;
- Atvirieji šaltiniai naudojami gydymui branduolinėje medicinoje;
- Šaltiniai, esantys gama radiografuose;
- Šaltiniai, esantys didelės ir vidutinės dozės galios brachiterapijos įrenginiuose;
- Etaloniniai kalibravimo šaltiniai.

Trečia pavojingumo kategorija

- Rentgeno terapiniai įrenginiai, kurių anodo įtampa < 150 kV;
- Rentgenodiagnostikos įrenginiai, kurių anodo įtampa >75 kV;
- Atvirieji šaltiniai, naudojami diagnostikai branduolinėje medicinoje;
- Šaltiniai, esantys matavimo įrenginiuose, lygio, tankio, gylio ir t.t.
- Šaltiniai, esantys gręžinių tyrimo įrenginiuose.

Ketvirta pavojingumo kategorija

- Rentgenodiagnostikos įrenginiai, kurių anodo įtampa ≤75 kV;
- Atvirieji šaltiniai, naudojami moksle, pramonėje ir kitose srityse;
- Šaltiniai, esantys elektrostatinio elektros krūvio neutralizavimo įrenginiuose;
- Šaltiniai, esantys kaulų tankio matavimo prietaisuose,
- Mažos dozės galios brachiterapijos šaltiniai.

Penkta pavojingumo kategorija

- Rentgeno bagažo saugumo kontrolės prieaisai;
- Rentgenooptikos įrenginiai;
- Šalutinę rentgeno spinduliuotę generuojantys prietaisai;
- Rentgenofluorescensiniai spektrometrai;
- Šaltiniai, esantys dūmų jutikliuose,
- Etaloniniai (kalibravimo) šaltiniai
- Ilgaliaikiai implantuojami brachiterapijos šaltiniai.

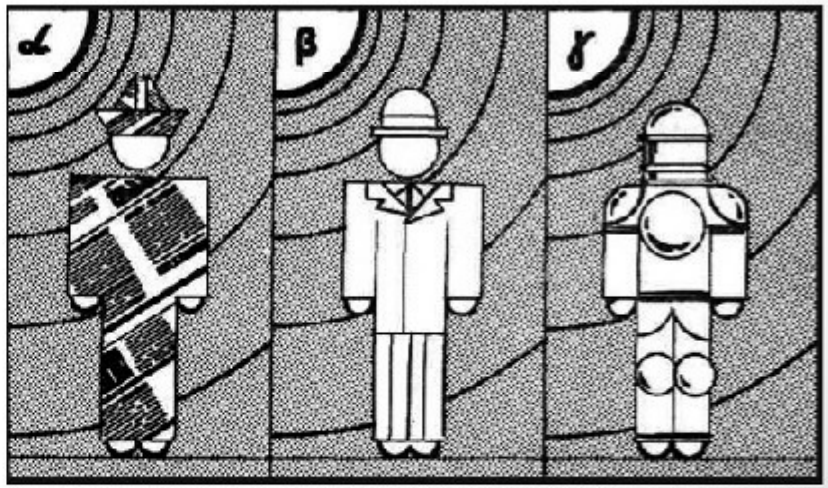
Radiacinė sauga dirbant su radioaktyviais šaltiniais

- Darbui su jonizuojančios spinduliuotės šaltiniais turi būti organizuojama vadovaujantis šiais principais:
  - Šaltinių naudojimo pagrįstumo – veikų teikiama ekonominė, socialinė ir kitokia nauda žmogui ir visuomenei turi būti didesnė negu žmonių sveikatai ir aplinkai daroma žala;
  - Optimizavimo – asmenų apšvita turi būti tokia maža, kokią įmanoma pasiekti atsižvelgiant į ekonominius ir socialinius veiksmus;
  - Ribojimo – visų dozių suma negali viršyti ribinių dozių, nustatytų gyventojams.

Apsaugos priemonės

Konkrečios apsaugos priemonės remiasi pagrindiniais jonizuojančios spinduliuotės dėsningumais:

- Apšvitos dozė yra tiesiog proporcinga spinduliuotės intensyvumui ir laikui
- Spinduliuotės intensyvumas atvirkščiai proporcinga atstumo iki šaltinio kvadratui;
- Spinduliuotės intensyvumas mažėja didinant ekrano storį.



Ekranai

- Ekranai parenkami atsižvelgiant į spinduliuotės rūšį.
- Gama ir rentgeno spinduliuotės intensyvumas praeidamas pro medžiagą eksponentiškai mažėja.
- Dozės už ekrano įvertinama taip:

$$D_d = D_0 e^{-\mu d}$$

D_0 - dozės galia prieš ekraną,

D_d - dozės galia už d storio ekrano,

μ – ekrano medžiagos ilginio silpimo koeficientas.

20 lentelė. Apytikrės $d_{1/2}$ ir $d_{1/10}$ reikšmės (*pagal A. Martiną, S. A. Harbisoną, 1996*)

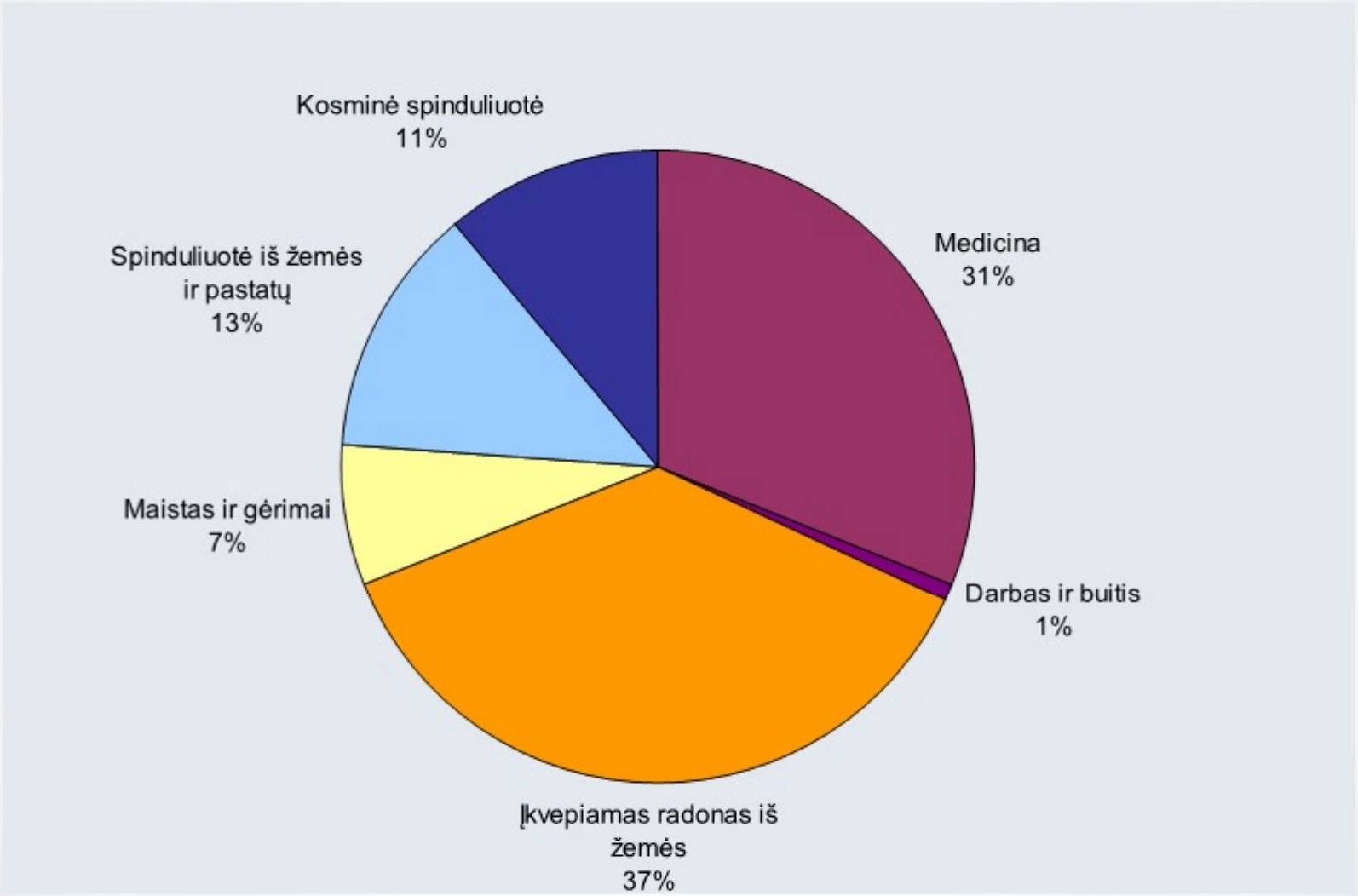
Gama spinduliuotės energija (MeV)	*Švino sluoksnio storis, mm*		*Vandens sluoksnio storis, mm*	
	$d_{1/2}$	$d_{1/10}$	$d_{1/2}$	$d_{1/10}$
0,5	4	12,5	150	500
1,0	11	35	190	625
1,5	15	50	210	700
2,0	19	60	225	750

Statybinių medžiagų švino ekvivalentas

21 lentelė. Statybinių medžiagų švino ekvivalentai (*pagal G. Morkūną, 2001*)

Medžiaga	*Lyginamasis svoris*	*Švino storis*	*Ekvivalentinis medžiagos storis (mm) esant rentgeno vamzdžio įtampai (kV)*		
	(g/cm^3)	*(mm)*	*60*	*100*	*150*
Geležis	7,9	1	5	6	12
		4	22	25	50
		8	–	50	93
Baritinis betonas	2,7	1	18	18	22
		4	70	90	90
		8	–	–	175
Betonas	2,3	1	80	85	85
		4	320	355	390
		8	–	–	560
Plytos	1,6	1	120	130	130
		2	240	240	240

Apšvitos šaltiniai



Medicininės procedūros

(Didžiosios Britanijos gyventojų gaunama metinė dozė dėl gamtinės apšvitos yra 2,1 mSv: Lietuvos gyventojų gaunama metinė dozė dėl gamtinės apšvitos yra 2,2 mSv)

Diagnostinė procedūra	Efektinė dozė, mSv	Krūtinės ląstos rentgenogramų skaičiaus ekvivalentas	Gamtinės apšvitos periodo ekvivalentas
Rentgenodiagnostiniai tyrimai			
Rentgenografija:			
Galūnės ir sąnariai (išskyrus klubus)	< 0,01	< 0,5	< 1,5 dienos
Krūtinės ląsta (PA projekcija)	0,02	1	3 dienos
Kaukolė	0,07	3,5	11 dienų
Stuburo krūtininė dalis	0,7	35	4 mėnesiai
Stuburo juosmens dalis	1,3	65	7 mėnesiai
Klubai	0,3	15	7 savaitės
Dubuo	0,7	35	4 mėnesiai
Pilvas, pilvo ertmė	1,0	50	6 mėnesiai
IVU	2,5	125	14 mėnesių
Galvos kompiuterinė tomografija	2,3	115	1 metai
Krūtinės ląstos kompiuterinė tomografija	8	400	3,6 metai
Pilvo arba dubens kompiuterinė tomografija	10	500	4,5 metai
Rentgenoskopija			
Stemplės tyrimas kontrastuojant bariu	1,5	75	8 mėnesiai
Skrandžio tyrimas kontrastuojant bariu	3	150	16 mėnesių
Žarnyno pasažo sekimas bariu	3	150	16 mėnesių
Storosios žarnos tyrimas bariu (retrogradinis tyrimas)	7	350	3,2 metai

LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRO
Į S A K Y M A S

DĖL LIETUVOS HIGIENOS NORMOS HN 73:2001 „PAGRINDINĖS RADIACINĖS SAUGOS NORMOS“ PATVIRTINIMO

2001 m. gruodžio 21 d. Nr. 663
Vilnius

Vykdydamas Lietuvos Respublikos radiacinės saugos įstatymo (Žin., 1999, Nr. 11-239) 6 straipsnio nuostatas, Lietuvos Respublikos branduolinės energijos įstatymo (Žin., 1996, Nr. 119-2771) 15 straipsnio nuostatas ir siekdamas užtikrinti Lietuvos radiacinės saugos reikalavimų atitikimą Europos Sąjungos atitinkamų teisės aktų reikalavimams,

1. T v i r t i n u pridedamus:

1.1. Lietuvos higienos normą HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“;

1.2. Lietuvos higienos normos HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ įgyvendinimo priemonių planą.

2. N u s t a t a u, kad Lietuvos higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ įsigalioja nuo 2002 m. vasario 1 d., išskyrus normos 70.6 punktą ir galutinę įsigaliojimo datą – 2004 m. sausio 1 d.

3. L a i k a u nuo 2002 m. vasario 1 d. netekusiu galios Sveikatos apsaugos ministerijos 1997 m. gruodžio 24 d. įsakymą Nr. 708 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 73-1997 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ tvirtinimo“ (Žin., 1998, Nr.1-31).

4. P a v e d u įsakymo vykdymą kontroliuoti viceministrui Eduardui Bartkevičiui.

SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRAS KONSTANTINAS ROMUALDAS DOBROVOLSKIS

Uždaviniai

- Yra 1020 vienodų radioaktyvių atomų, kiek tokių atomų liks po dviejų skilimų pusamžių?

Uždaviniai

- Yra 1020 vienodų radioaktyvių atomų, kiek tokių atomų liks po dviejų skilimų pusamžių?

- 255 atomų

Uždaviniai

- Radioaktyviojo elemento aktyvumas per 8 paras sumažėjo 4 kartus. Apskaičiuokite elemento skilimo pusamžį.

Uždaviniai

- Radioaktyviojo elemento aktyvumas per 8 paras sumažėjo 4 kartus. Apskaičiuokite elemento skilimo pusamžį.

- 4 paros

Uždaviniai

- Radžio skilimo pusamžis 1600 m. Per kiek laiko radžio atomų skaičius sumažės 4 kartus.

Uždaviniai

- Radžio skilimo pusamžis 1600 m. Per kiek laiko radžio atomų skaičius sumažės 4 kartus.

- 3200 metų

Uždaviniai

- Koks yra radioaktyviosios medžiagos skilimo pusamžis, jeigu per vieną parą iš 1 mln. atomų suskyla 175000 atomų.

Uždaviniai

- Koks yra radioaktyviosios medžiagos skilimo pusamžis, jeigu per vieną parą iš 1 mln. atomų suskyla 175000 atomų.

- 3.6032 paros

Uždaviniai

- Kaip pasikeičia branduolio atominis numeris ir masės skaičius, branduolinės reakcijos metu iš brandolio išlėkus alfa dalelei?

Uždaviniai

- Kaip pasikeičia branduolio atominis numeris ir masės skaičius, branduolinės reakcijos metu iš brandolio išlėkus alfa dalelei?

$$ {}^{A}_{Z}X - {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y $$

Uždaviniai

- Polonio preparatas kas sekundę išspinduliuoja $3{,}7 \times 10^9$ alfa dalelių, kurių energija 5,3 MeV. Kiek energijos išskirs šis preparatas per valandą

Uždaviniai

- Polonio preparatas kas sekundę išspinduliuoja $3,7 \times 10^9$ alfa dalelių, kurių energija 5,3 MeV. Kiek energijos išskirs šis preparatas per valandą

- 7.06×10^{13} MeV