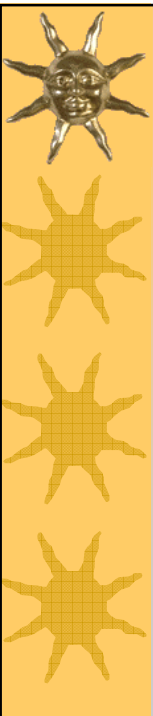




Základné pojmy radiačnej ochrany


Dozimetria a radiačná ochrana



Základné pojmy radiačnej ochrany

Rádioaktívna látka je každá látka, ktorá obsahuje jeden alebo viac rádionuklidov, ktorých aktivita alebo hmotnostná aktivita, alebo objemová aktivita nie je z hľadiska radiačnej ochrany zanedbateľná.

Rádionuklid je druh atómov, ktoré majú rovnaký počet protónov, rovnaký počet neutrónov, rovnaký energetický stav a ktoré podliehajú samovoľnej premene v zložení alebo v stave atómových jadier.




Základné pojmy radiačnej ochrany

Radiačná ochrana je ochrana ľudí a životného prostredia pred ožiarením a pred jeho účinkami vrátane prostriedkov na jej dosiahnutie.

Radiačná ochrana je jedným z determinujúcich faktorov ovplyvňujúcich úroveň verejného zdravia, na ktoré sa zameriava systém verejného zdravotníctva.

Legislatívny rámec verejného zdravotníctva je tvorený Zákonom č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia.


Základné bezpečnostné požiadavky na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením sú ustanovené v Nariadení vlády SR č. 345/2006 Z.z.



izotopy, izobary, izotony a izoméry

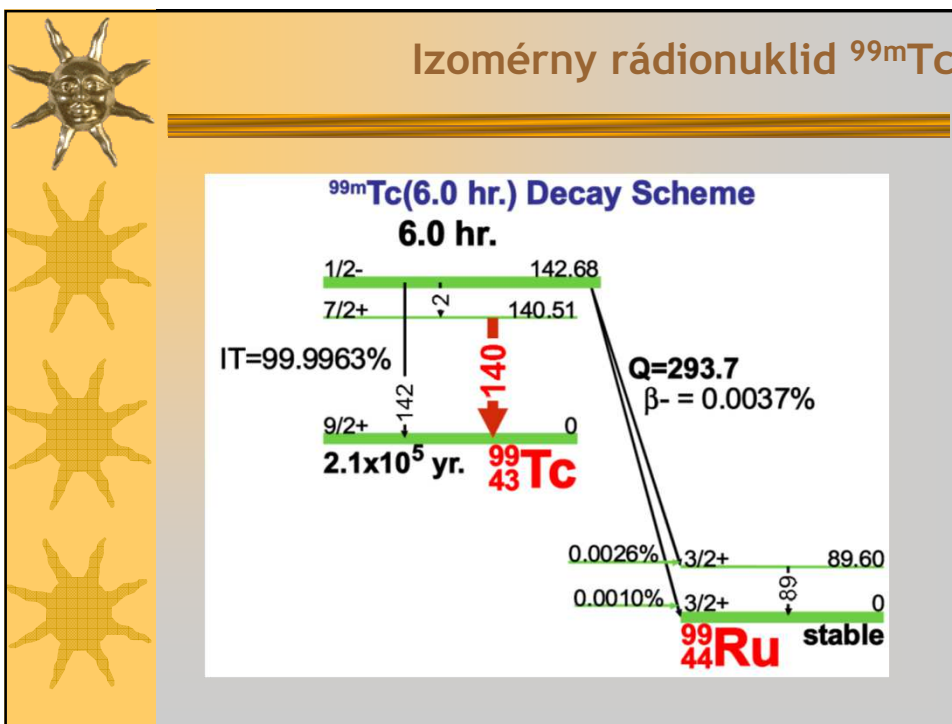
- ★ Jadro je určené energetickým stavom a
 - počtom protónov – atómovým číslom Z
 - počtom neutrónov N
 - počtom nukleónov - hmotnostným číslom $A=Z+N$
- ★ Izotopy majú rovnaké atómové číslo Z
- ★ Izotony majú rovnaký počet neutrónov N
- ★ Izobary majú rovnaké hmotnostné číslo A
- ★ Izoméry majú rovnaké Z a N a teda aj A ale rôzny energetický stav. Izoméry označujeme písmenom m ale len tie, ktoré majú významný polčas premeny.
 - ^{137m}Ba sa považuje za izomér ^{137}Ba s $T_{1/2}=2,55\text{m}$
 - ^{60}Ni vznikajúci po beta premene ^{60}Co je v excitovanom stave s $E=1,3325\text{MeV}$ a s $T_{1/2}=1\text{ps}$.


izotopy, izobary, izotony



	Zn 58 86 ms p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 59 -47260 (40) 182.0 ms p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 60 32 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 62 -61167 (10) 9.186 h p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 63 -62209.3 (21) 38.47 m p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 64 -65999.5 (17) > 2.3E18 a p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 65 -65907.8 (17) 244.26 d p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 66 -68896.3 (15) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 67 -67877.2 (16) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Zn 68 -70004.0 (16) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1
30										
29	Cu 57 196.3 ms p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 58 3.204 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 60 23.7 m p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 62 -62795 (4) 9.67 m p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 63 -65576.2 (14) 9.72 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 64 -65420.8 (14) 12.700 h p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 65 -67259.7 (17) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 66 -66254.3 (17) 5.076 m p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cu 67 -67300 (8) 61.83 h p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	
28	Ni 56 -53900 (11) 6.075 d p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 57 -56075.5 (29) 35.60 h p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 59 -61151.1 (14) 7.6E4 a p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 60 -64468.1 (14) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 62 -66742.7 (14) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 63 -65509.2 (14) 100.1 a p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 64 -67095.9 (14) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 65 -65122.6 (15) 2.5172 h p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Ni 66 -66029 (16) 54.6 h p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	
27	Co 55 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 56 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 58 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 59 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 60 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 62 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 63 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 64 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Co 65 p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	
26	Fe 54 -56248.4 (13) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 55 -57475.0 (13) 2.73 a p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 57 -60175.7 (14) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 58 -62148.8 (14) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 59 -60658.4 (14) 44.95 d p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 60 -61407 (4) 1.566 a p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 62 -58898 (15) 68 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 63 -55780 (190) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Fe 64 -55080 (280) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	
25	Mn 53 -54683.6 (14) 3.74E6 a p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 54 -55551.3 (17) 312.13 d p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 56 -56905.6 (14) 2.5789 h p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 57 -57485 (3) 85.3 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 58 -55900 (30) 86.2 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 59 -55473 (29) 4.59 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 60 -52910 (270) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 62 -48470 (260) 671 ms p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Mn 63 -46750 (280) 286 ms p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	
24	Cr 52 -55412.8 (14) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 53 -55280.6 (14) p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 55 -55103.3 (14) 3.497 m p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 56 -55289 (10) 5.94 m p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 57 -52390 (90) 2.11 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 58 -51930 (240) 7.0 s p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 59 -47850 (250) 96 μs p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 60 -46830 (260) 490 ms p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	Cr 62 -41170 (370) 160 ms p ⁺ (8.14) (8.35) γ γ 1303.548-1	

IZOTONY N=30
 IZOBARY A=61
 IZOTOPY Z=





Základné pojmy radiačnej ochrany

Rádioaktívny žiarič je rádioaktívna látka, ktorej aktivita a hmotnostná aktivita presahujú hodnoty aktivity a hmotnostnej aktivity uvedené v prílohe č. 2 v tabuľke č. 1. Nariadenia vlády 345/2006 Z.z. SR z 10. mája 2006 o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením

Rádioaktívna látka je **rádioaktívny žiarič** ak obsahuje

- jeden rádionuklid, ktorého **aktivita** a súčasne **hmotnostná aktivita** sú väčšie ako hodnoty aktivity a hmotnostnej aktivity uvedené vo Vyhláske, alebo
- niekoľko rádionuklidov, ktorých súčet podielov **aktivít** a hodnôt aktivít uvedených vo Vyhláske a súčasne súčet podielov **hmotnostných aktivít** a hodnôt hmotnostných aktivít uvedených vo Vyhláske je väčší ako jeden.



Rádioaktívna látka je **rádioaktívny žiarič** ak

$$\{A \geq A_i^{LIM}\} \wedge \{a_m \geq a_m^{LIM}\}$$

$$\left\{ \sum_i \frac{A_i}{A_i^{LIM}} \geq 1 \right\} \wedge \left\{ \sum_i \frac{a_{mi}}{a_{mi}^{LIM}} \geq 1 \right\}$$


Miera obsahu rádionuklidov, pri ktorej prekročení
je rádioaktívna látka rádioaktívny žiaric

Tabuľka č. 1
Aktivity a hmotnostné aktivity rádionuklidov

Rádionuklid	Aktivita [Bq]	Hmotnostná aktivita [kBq/kg]	Rádionuklid	Aktivita [Bq]	Hmotnostná aktivita [kBq/kg]
H-3	10^9	10^6	V-48	10^5	10
Be-7	10^7	10^3	Cr-51	10^7	10^3
C-14	10^7	10^4	Mn-51	10^5	10
O-15	10^9	10^2	Mn-52	10^5	10
F-18	10^8	10	Mn-52 m	10^5	10
Na-22	10^6	10	Mn-53	10^6	10^4
Na-24	10^5	10	Mn-54	10^6	10
Si-31	10^6	10^3	Mn-56	10^5	10
P-32	10^5	10^3	Fe-52	10^6	10
P-33	10^8	10^5	Fe-55	10^6	10^4
S-35	10^8	10^5	Fe-59	10^6	10
C-136	10^8	10^4	Co-55	10^6	10
C-138	10^5	10	Co-56	10^5	10
Ar-37	10^8	10^6	Co-57	10^6	10^2
Ar-41	10^9	10^2	Co-58	10^6	10
K-40	10^6	10^2	Co-58 m	10^7	10^4
K-42	10^6	10^2	Co-60	10^5	10

Základné pojmy radiačnej ochrany

- ★ **Zdroj ionizujúceho žiarenia** je rádioaktívna látka, prístroj alebo zariadenie schopné emitovať ionizujúce žiarenie alebo produkovať rádioaktívne látky.
- ★ **Generátor ionizujúceho žiarenia** je elektrický prístroj alebo elektrické zariadenie, ktoré obsahuje súčiastky pracujúce s potenciálovým rozdielom väčším ako 5 kV.




Definície

Prírodný zdroj ionizujúceho žiarenia je zdroj IŽ prírodného zemskeho alebo kozmického pôvodu.

Umelý zdroj ionizujúceho žiarenia je zdroj IŽ iný ako prírodný zdroj ionizujúceho žiarenia.

Uzavretý rádioaktívny žiarič je rádioaktívny žiarič, ktorého konštrukcia zabezpečuje tesnosť a ktorý za podmienok bežného používania vylučuje únik rádioaktívnych látok zo zdroja ionizujúceho žiarenia.

Otvorený rádioaktívny žiarič je rádioaktívny žiarič, ktorý nespĺňa podmienky uzavretého rádioaktívneho žiariča.

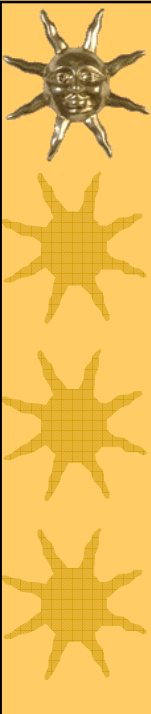


Základné pojmy radiačnej ochrany

★ **Ionizujúce žiarenie** je žiarenie prenášajúce energiu vo forme častíc alebo elektromagnetických vln s vlnovou dĺžkou do 100 nm alebo frekvenciou nad $3 \cdot 10^{15}$ Hz, ktoré má schopnosť priamo alebo nepriamo utvárať ióny.

(Mobily fungujú v pásme 900 resp. 1800 MHz, teda jedná sa o neionizujúce žiarenie.)

★ **Prírodné ionizujúce žiarenie** je ionizujúce žiarenie prírodného zemskeho alebo kozmického pôvodu.



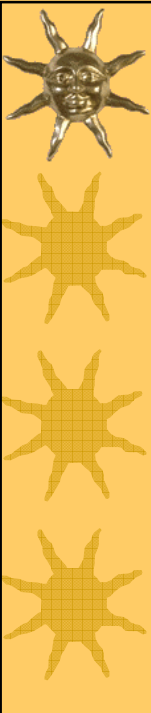
Ionizujúce žiarenie

$$\nu^{min} = 3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,141 \cdot 10^{-21} \text{ MeV} \cdot \text{s}$$

$$E_{\gamma} = h \nu = \frac{hc}{\lambda}$$

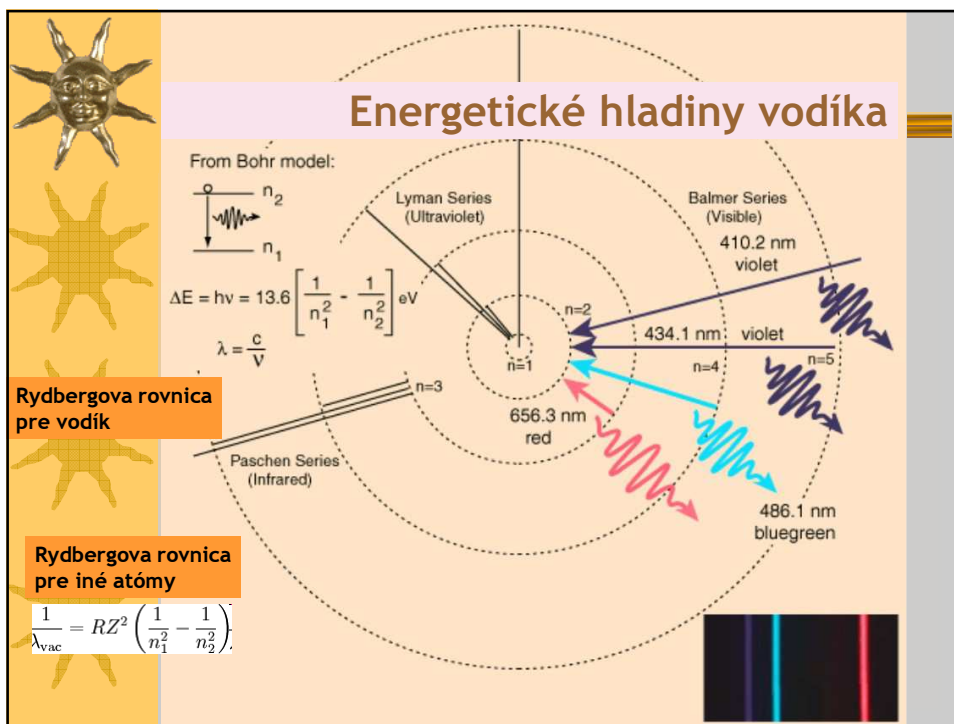
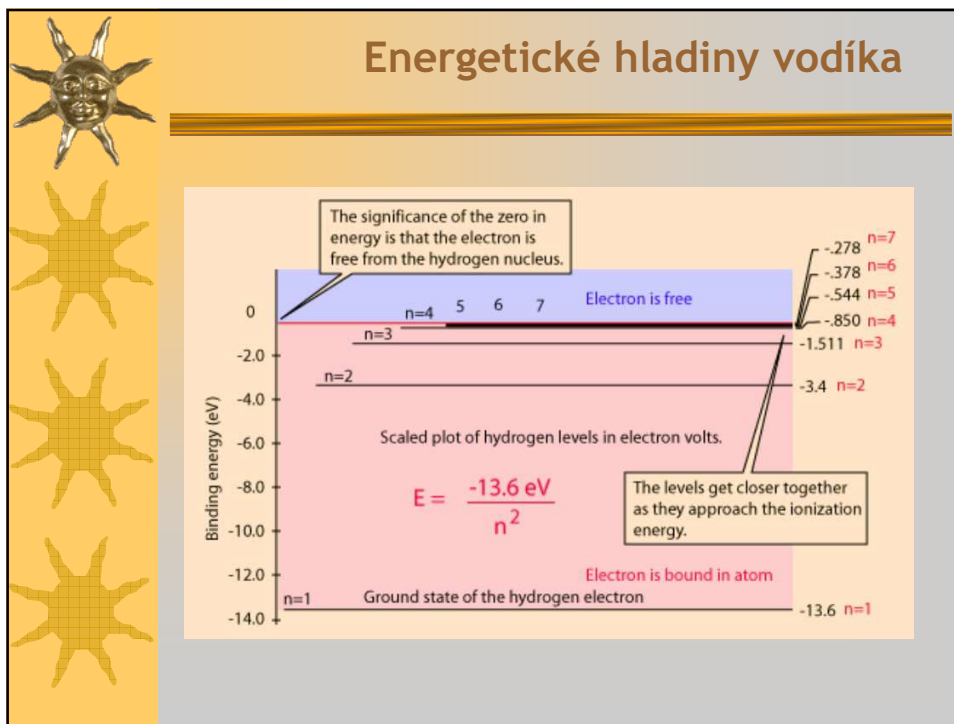
$$\lambda^{max} = 10^{-7} \text{ m} = 100 \text{ nm}$$

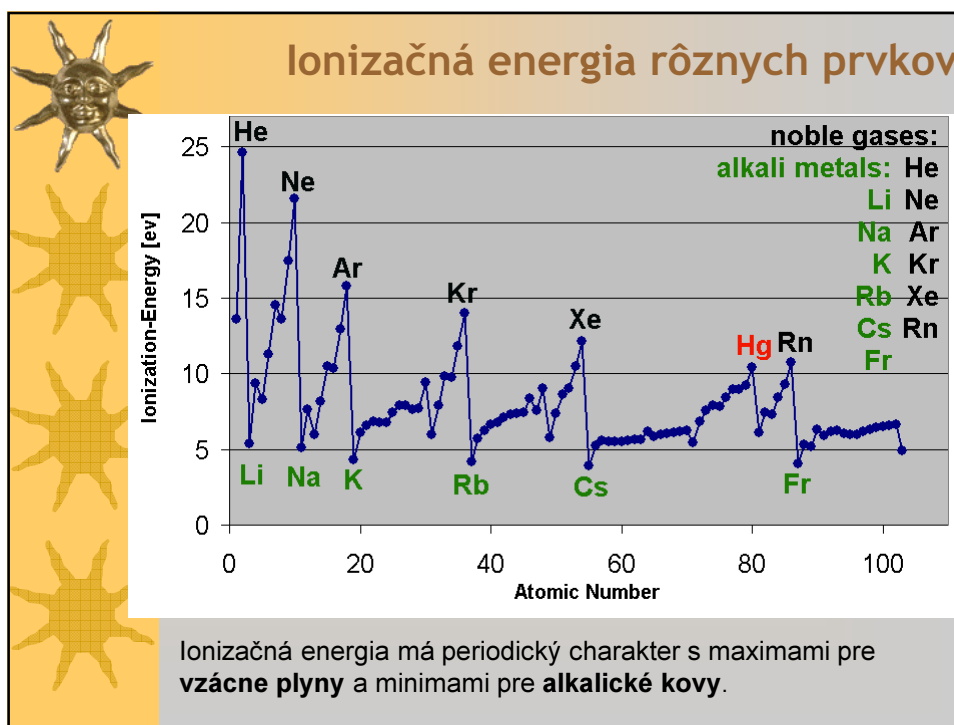
$$E_{\gamma}^{min} = 12,4 \text{ eV}$$


Odkiaľ sa vzal prah 13 eV

- ★ Energetický ekvivalent maximálnej vlnovej dĺžky fotónov, ktoré môžu byť emitované atómom vodíka.
- ★ Alternatívne to predstavuje minimálnu energiu fotónov, ktoré dokážu excitovať atóm vodíka.
- ★ Táto hodnota sa nazýva **Rydbergova konštanta**
- ★ Môže byť vypočítaná pomocou kvantovej mechaniky a je využívaná v atómovej fyzike na výpočet spektier žiarenia.

$$1Ry = 13,6056923 \cdot eV$$





Ožiarenie


Ožiarenie je vystavenie pôsobeniu ionizujúceho žiarenia.

Havarijné ožiarenie je ožiarenie jednotlivcov, ktoré je bezprostredným dôsledkom radiačnej havárie alebo radiačnej nehody; nezahrňa ožiarenie v ohrození.

Ožiarenie v ohrození je ožiarenie jednotlivcov, ktorí vykonávajú potrebný neodkladný zásah s cieľom


- **pomôcť** ohrozeným osobám,
- **zabrániť** ožiareniu veľkého počtu osôb, alebo
- **zachrániť** materiálne hodnoty alebo majetok,

pričom by mohol byť **prekročený niektorý z limitov** ožiarenia ustanovených pre pracovníkov. Ožiarenie v ohrození je prípustné len u **dobrovoľníkov**.




Činnosť vedúca k ožiareniu

- ★ **Činnosť vedúca k ožiareniu je ľudská aktivita, ktorá vedie alebo by mohla viesť ku zvýšeniu ožiarenia osôb**
 - umelým zdrojom ionizujúceho žiarenia,
 - prírodným zdrojom ionizujúceho žiarenia v prípadoch, keď sú prírodné rádionuklidy spracúvané pre ich rádioaktívne, štiepne alebo množivé charakteristiky,
 - okrem prípadu ožiarenia v ohrození.



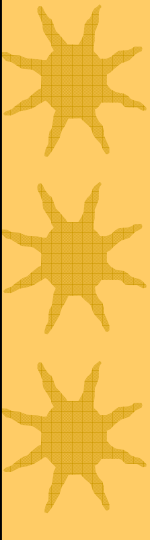

Zdravotná ujma

Zdravotná ujma je odhad rizika skrátenia dĺžky života a zhoršenia kvality života v populácii po ožiarení ionizujúcim žiarením. Zahŕňa **ujmu** následkom somatických poškodení, nádorových ochorení a vážnych genetických porúch.



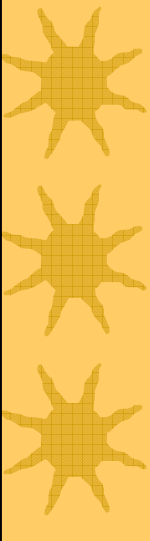
Rádioaktívna kontaminácia


* **rádioaktívna kontaminácia** je kontaminácia ľubovoľného materiálu, povrchu alebo prostredia alebo jednotlivca rádioaktívnymi látkami; ak ide o ľudské telo, rádioaktívna kontaminácia je vonkajšia kontaminácia kože a vnútorná kontaminácia bez ohľadu na spôsob príjmu rádionuklidov,

Inštitucionálny rádioaktívny odpad

* **inštitucionálny rádioaktívny odpad** je rádioaktívny odpad vznikajúci pri činnostiach vedúcich k ožiareniu so zdrojmi ionizujúceho žiarenia s výnimkou vyhoretého jadrového paliva a rádioaktívnych odpadov z jadrových zariadení; inštitucionálnym rádioaktívnym odpadom sú aj nepoužívané žiariče






Vyňatie rádioaktívnej látky spod administratívnej kontroly

Úrovnne umožňujúce vyňatie rádioaktívnej látky spod administratívnej kontroly sú hodnoty hmotnostnej aktivity a celkovej aktivity uvedené v prílohe č. 2 v tabuľke č. 1, NV 345/2006 ;


pri neprekročení týchto úrovní je riziko spojené s používaním rádioaktívnej látky z hľadiska radiačnej ochrany také nízke, že nie je nutná ani ich administratívna kontrola.



Smerná hodnota, Medzná dávka

Smerná hodnota je ukazovateľ alebo kritérium na posudzovanie radiačnej ochrany, ktorého prekročenie alebo nesplnenie spravidla signalizuje podozrenie, že radiačná ochrana nie je **optimalizovaná**.

Medzná dávka je obmedzenie budúcej dávky jednotlivca, ktorá môže byť spôsobená daným zdrojom ionizujúceho žiarenia, používa sa v etape plánovania alebo projektovania pri optimalizácii radiačnej ochrany.




Limity ožiarenia

Limit ožiarenia je hodnota ročnej alebo päťročnej efektívnej dávky alebo ročnej ekvivalentnej dávky, ktorá zodpovedá hornej hranici prijateľného rizika stochastického poškodenia zdravia v dôsledku ožiarenia pre jednotlivca aj spoločnosť a ktorá vylučuje výskyt deterministických účinkov ožiarenia


Sú ustanovené pre **pracovníkov, praktikantov, študentov a obyvateľov**.


Vzťahujú sa na **súčet príslušných dávok z vonkajšieho ožiarenia počas daného obdobia a úväzkov dávok z príjmu rádionuklidov** počas toho istého obdobia, pričom pre osoby staršie ako 18 rokov veku sa uvažuje časové obdobie 50 rokov a pre osoby mladšie ako 18 rokov veku časové obdobie do dosiahnutia veku 70 rokov.



Akceptovateľné riziko z ionizujúceho žiarenia

- ★ Za všeobecne akceptovateľné možno predpokladať pracovné a životné podmienky pri ktorých je celoživotné ožiarenie výrazne nižšie ako limitné.
- ★ Žiadne prekročenie limitov nie je akceptovateľné.






Horná hranica tolerovateľnosti


Celoživotné profesionálne ožiarenie na úrovni 20mSv/rok v období od 18. roku po 65. rok života (celkovo 0,94 Sv) predstavuje riziko ročnej úmrtnosti 10^{-3} teda jedno úmrtie na 1000 pracovníkov za rok považujeme akceptovateľné riziko.

Pre obyvateľstvo celoživotné ožiarenie na úrovni 1mSv/rok predstavuje pravdepodobnosť úmrtia $5,7 \cdot 10^{-5}$.




Analýzy rizika z ožiarenia pracovníkov ročnou dávkou

Parameter rizika	Ročná dávka	
	20 mSv/rok	50 mSv/rok
Pravdepodobnosť úmrtia na rakovinu vyzvanú žiarením, %	3,57	8,56
Redukcia dĺžky života, človeko-rok/človeka	0,46	1,11
Redukcia dĺžky života z úmrtí na rakovinu, rokov	12,7	13



Analýzy rizika z ožiarenia jednorazovou dávkou na začiatku života


Parameter	0 mSv	70 mSv	350 mSv
Pravdepodobnosť úmrtia na rakovinu, %	-	1,25	6,0
Očakávaná dĺžka života, rokov	69,11	69,0	68,2
Skrátenie dĺžky života, rokov	-	0,15	0,87



Pracovník a Kritická skupina obyvateľov

Pracovník je zamestnanec alebo osoba samostatne zárobkovo činná, vystavená pri vykonávaní pracovnej činnosti ožiareniu, ktoré môže prekročiť niektorý z limitov ožiarenia ustanovených pre obyvateľov.


Kritická skupina obyvateľov je skupina zložená z jednotlivcov, ktorých ožiarenie je dostatočne rovnomerné a reprezentatívne pre tých jednotlivcov v populácii, ktorí sú daným zdrojom žiarenia ožiarení najviac.



Pracovník kategórie A resp. B

Pracovník kategórie A je pracovník, ktorého efektívna dávka z ožiarenia pri pracovnej činnosti môže byť väčšia ako 6mSv za obdobie jedného kalendárneho roka alebo ekvivalentná dávka z ožiarenia pri pracovnej činnosti môže byť väčšia ako tri desatiny ustanovených limitov ožiarenia očnej šošovky, kože a končatín.


Pracovník kategórie B je pracovník, ktorý nie je klasifikovaný ako pracovník kategórie A.



Kvalifikovaný expert , Odborný zástupca

Kvalifikovaný expert je osoba s vedomosťami a výcvikom potrebným na vykonávanie fyzikálnych, technických alebo rádiochemických skúšok umožňujúcich stanovenie dávok, na poskytovanie **poradenstva** s cieľom zabezpečiť efektívnu ochranu jednotlivcov pred ionizujúcim žiarením a správne používanie ochranných prostriedkov. Jeho spôsobilosť konať ako kvalifikovaný expert je uznaná úradom. Na kvalifikovaného experta môže byť prenesená technická zodpovednosť za otázky ochrany pracovníkov a jednotlivcov z obyvateľstva pred žiarením.

Odborný zástupca je v oblasti radiačnej ochrany kvalifikovaná a odborne spôsobilá osoba podľa osobitného predpisu.



Oznamovacia povinnosť a povolenie

Oznamovacia povinnosť je povinnosť predložiť úradu alebo príslušnému regionálnemu úradu oznámenie o úmysle vykonávať činnosť vedúcu k ožiareniu alebo inú činnosť, na ktorú sa vzťahuje toto nariadenie vlády.

Povolenie je úradom alebo príslušným regionálnym úradom na základe žiadosti vydané súhlasné rozhodnutie o návrhu na vykonávanie činnosti vedúcej k ožiareniu alebo inej činnosti, na ktorú sa vzťahuje toto nariadenie vlády.

