

ШТО ПРЕТСТАВУВА ЈОНИЗИРАЧКОТО ЗРАЧЕЊЕ



Краток вовед

Дирекција за радијациона сигурност
Скопје



Изработил: д-р Трифче Сандев

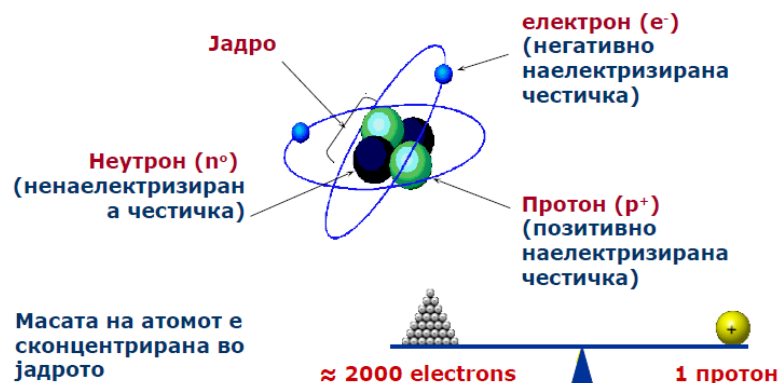
Дирекција за радијациона сигурност
Партизански одреди 143, П.Фах 22
1020 Скопје, Република Македонија

Тел: 02 3099 030
Факс: 02 3099 032
E-mail: drs@drs.gov.mk
Web: www.drs.gov.mk

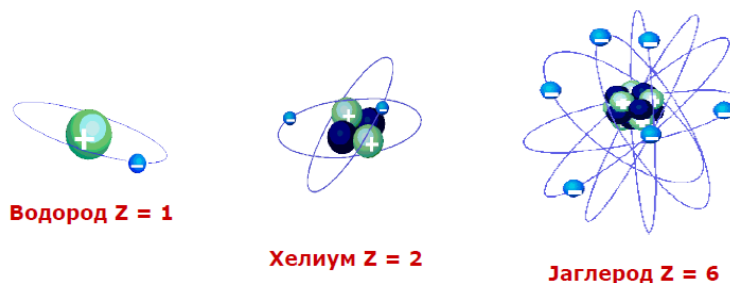
Дежурен телефон
за пријава на вонредни настани:
075 25 - 42 – 25

Директор	Светислав Ѓорѓевиќ svetislav.gjorgjevic@drs.gov.mk
Човечки ресурси	Димче Китески dimce.kiteski@drs.gov.mk
Нормативно-правни работи	м-р Билјана Георгиевска-Димитриевски biljana.georgievska@drs.gov.mk
Стручно-техничка и оперативна поддршка	Билјана Атанасовска biljana.atanasovska@drs.gov.mk
Информатички систем	Ангелина Мишевска angelina.mishevska@drs.gov.mk
Мониторинг и вонредни настани	м-р Горан Ангеловски goran.angelovski@drs.gov.mk
Дозволи/лиценци	м-р Емилија Петрова emilija.petrova@drs.gov.mk
Дозволи/лиценци	д-р Трифче Сандев trifce.sandev@drs.gov.mk
Координација на инспекциски надзор	м-р Санија Зулфиќари sanija.zulfikjari@drs.gov.mk
Инспектор за радијациона сигурност	Горан Трајков goran.trajkov@drs.gov.mk
Инспектор за радијациона сигурност	Гордана Николова gordana.nikolova@drs.gov.mk
Јавни набавки и буџет	Башким Емурљи bashkim.emurli@drs.gov.mk
Сметководител	Кабир Асани kabir.asani@drs.gov.mk
Возач	Милош Алексиќ milos.aleksic@drs.gov.mk

Од што се состои атомот?



Атомски број (Z) – број на протони во јадрото на атомот



Изотопи – елементи со ист број протони, но различен број неутрони

Масен број (A) – вкупен број протони и неутрони во јадрото на атомот



Идентификација на изотопи

${}^A_Z X$ "X" е хемиски симбол, "A" е масен број и "Z" е атомски број

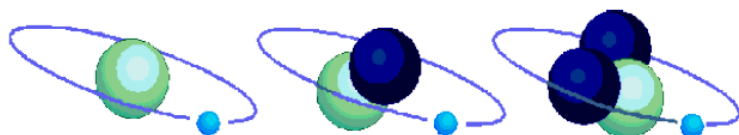
Пр. водород деутериум трициум:



Други начини на означување на изотопите:

H-3, Co-60, ${}^{60}\text{Co}$, U-238

Изотопите можат да бидат **стабилни** и **нестабилни**



Водород Н-1
стабилен

Деутериум Н-2
стабилен

Трициум Н-3
нестабилен

Нестабилните изотопи се **радиоактивни** и се наречени **радиоизотопи**

Примери на радиоизотопи:

H-3, C-14, Co-60, Sr-90, I-131, Cs-137, Ir-192, Am-241

Радиоактивност

Радиоизотопите стануваат стабилни со емитирање на зрачење (радиоактивни трансформации, радиоактивно распаѓање)

Различни радиоизотопи емитираат различен тип на зрачење (како на пример, алфа, бета, гама, неутрони)

ВАЖНО!!!

Рентген апаратите и акцелераторите не се радиоактивни извори – кај нив јонизирачкото зрачење се генерира на различен начин од емитирањето на зрачењето кај радиоактивните извори

Радиоактивно распаѓање

Активност – број на радиоактивни трансформации во единица време; единица – бекерел (Bq)

1 Bq = една радиоактивна трансформација во секунда [1 Bq = 1 s⁻¹]

Период на полураспаѓање (T_{1/2}) – време потребно половина од атомите да се распадат

пр. T_{1/2}(I-131) = 8 дена, T_{1/2}(Co-60) = 5,27 год., T_{1/2}(Cs-137) = 30,1 год.

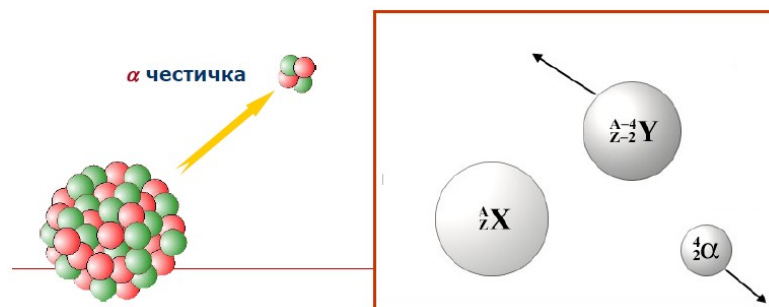
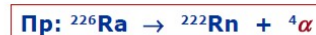
После поминато време од еден период на полураспаѓање активноста на радиоизотопот се намалува два пати; после поминато време од два периоди на полураспаѓање активноста на радиоизотопот се намалува четири пати итн.

Префикси

1 000 000 000 000 000 000	Exa (E)	EBq
1 000 000 000 000 000	Peta (P)	PBq
1 000 000 000 000	Tera (T)	TBq
1 000 000 000	Giga (G)	GBq
1 000 000	Mega (M)	MBq
1 000	kilo	kBq
1	-----	Bq
0,001	milli (m)	mBq
0,000 001	micro (μ)	μBq
0,000 000 001	nano (n)	nBq
0,000 000 000 001	pico (p)	pBq
0,000 000 000 000 001	femto (f)	fBq
0,000 000 000 000 000 001	atto (a)	aBq

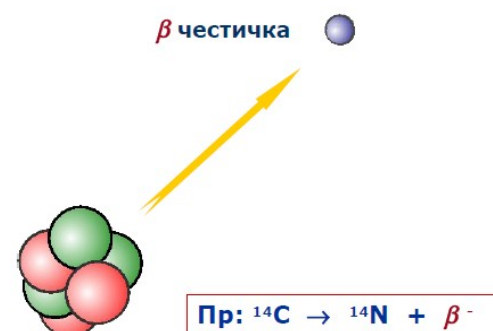
Алфа распад

Алфа честичка – јадро на хелиум (се состои од два протони и два неутрони) ⇒ полнеж +2



Бета распад

Бета честичка
– може да има полнеж +1 (позитрон) и -1 (електрон)



Гама и рентгенско зрачење

Гама фотоните немаат полнеж

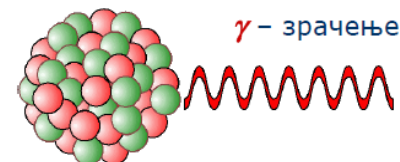
Лесно пенетрираат низ материјалите

Лесно се детектира

Разлика помеѓу гама и рентгенското зрачење

γ – зрачењето се јавува како резултат на радиоактивни трансформации во јадрото

x – зрачењето се јавува како резултат на премини на електроните од едно на друго енергетско ниво

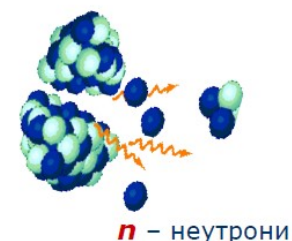


Неутронско зрачење

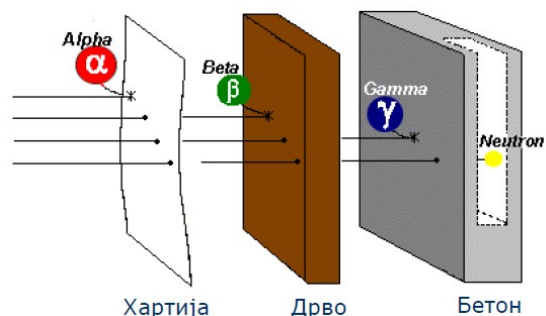
Неутроните се ненаелектризирани честички

Лесно пенетрираат низ материјалите

Може да предизвикаат голема штета на организмот



Заштитни материјали за јонизирачко зрачење



Алфа честичките се стопираат во неколку центиметри воздух и во неколку десетици микрометри од повеќето материјали – поради тоа заштитата од алфа зрачење е лесно изводлива, но исто така алфа честичките тешко се детектираат

Опасност се јавува при инхалација на алфа честички!!!

Бета честичките исто така лесно се стопираат во повеќето материјали поради нивната наелектризираност. Средниот пат што бета честичките го поминуваат во воздух пред да бидат запрени изнесува неколку метри

1 см пластика е доволно да се заштитите од бета зрачење

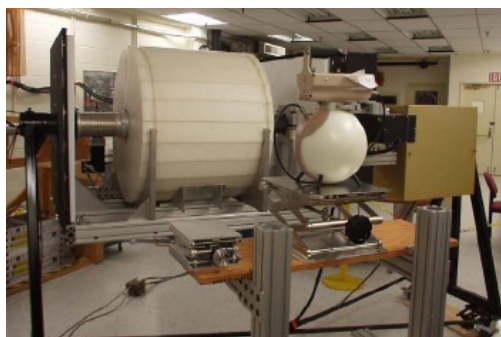


Заштитата од **гама и рентгенско зрачење** е потешко изводлива

Како заштитни материјали се користат: *осиромашен ураниум, волфрам, олово, железо, бетон со поголема дебелина* и др.

Заштитниот материјал за **неутронско зрачење** зависи од брзината на неутроните

За заштита од неутронско зрачење обично се користат *материјали коишто содржат значително количество водород* (пр. полиетилен, парафин, вода) во комбинација со соединенија на бор (В); се користи и бор којшто содржи бор



ВАЖНО!!! Како заштитни материјали за неутрони **не се користат** олово, железо, волфрам, осиромашен ураниум; истите се користат само во комбинација со заштитни материјали за неутрони, заради заштита од индуцираното гама зрачење

Јонизација – избивање на електрон од електро-неутрален атом (создавање на јонски пар)

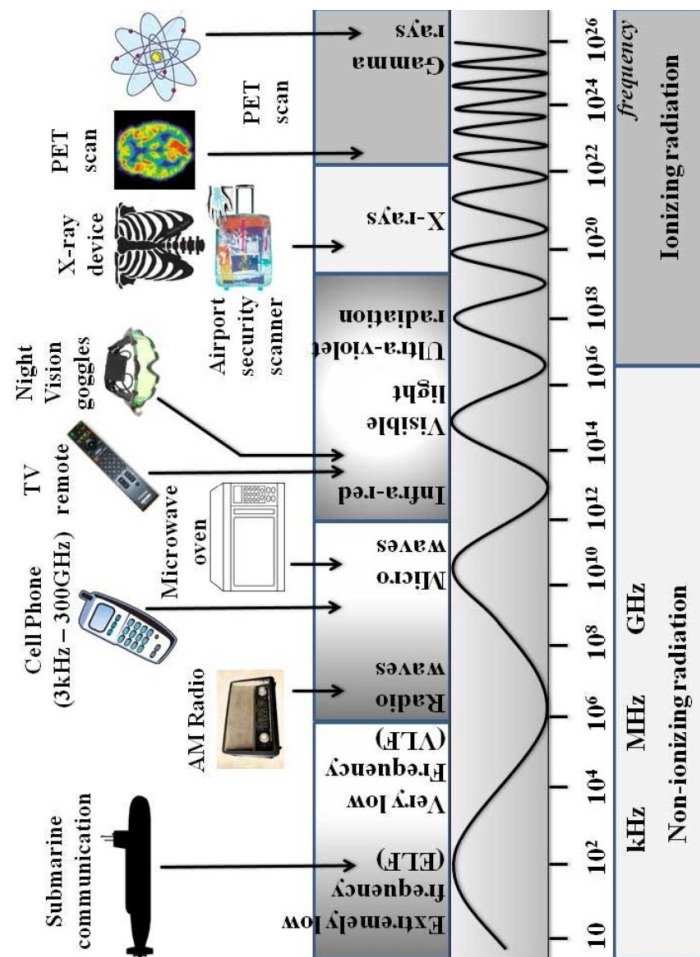


Јонизацијата овозможува зрачењето да се детектира, да се користи соодветен заштитен материјал за намалување на интензитетот, но може и да предизвика штетни биолошки ефекти врз организмот

Јонизирачкото зрачење (радијација) е она зрачење, коешто има доволно висока енергија да предизвика избивање на електрон од електроннеутрален атом, со што врши јонизација

ВАЖНО!!! Треба да се прави разлика помеѓу јонизирачкото и **нејонизирачкото зрачење**. Нејонизирачкото зрачење е со помала енергија од јонизирачкото и не врши јонизација во средината низ којашто минува. Во нејонизирачко зрачење спаѓаат: *ултравиолетовата светлина, видливата светлина, инфрацрвената светлина, микробрановите* (пр. комуникацијата со мобилните телефони), *радиобрановите* (пр. оние со чија помош се пренесуваат радио и ТВ сигналите), *нискофреквентните бранови, термичкото зрачење (топлината)* и др.

Спектар на електромагнетно зрачење



Извори на јонизирачко зрачење

Постои **природна радијација**, на пример, **космичкото зрачење** кое се состои од најразлични честички: **протони**, **алфа честички**, **атоми со поголема маса**, **електрони**, како и јонизирачко зрачење од **космогени радионуклиди** коишто настануваат кога космичкото зрачење заемодејствува со атмосферата (H-3, Be-7, C-14, Na-22), морската вода (минорно) и земјината кора (минорно, со исклучок на Cl-36).

Изложеноста на космичко зрачење се зголемува со зголемување на надморската висина. При летање со авион изложеноста на космичко зрачење е значително поголема од онаа на површината на земјата.

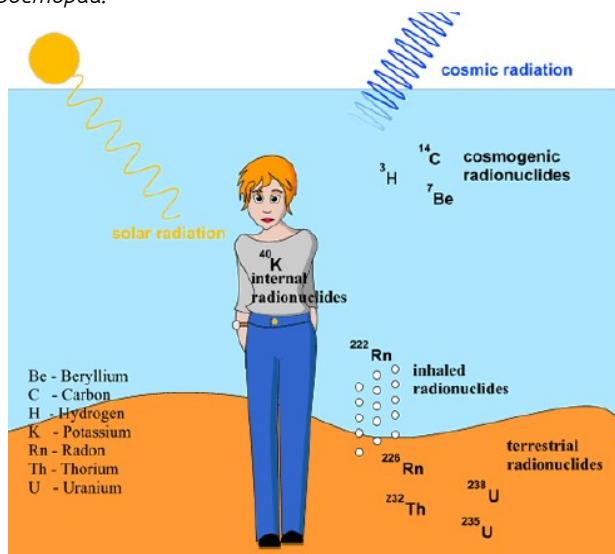
Јонизирачкото зрачење потекнува и од **радиоактивни материјали кои постојат во земјината кора**. Овие радионуклиди припаѓаат на една од **сериите на ураниум (U-238), актиниум (U-235), торциум (Th-232) и нептунциум (Np-237)**. Со исклучок на серијата на нептунциум, сите други серии на радионуклиди постојат на земјата.

Дури и човечкото тело содржи радионуклиди – пр. K-40, C-14, Po-210.

Изложеноста на населението на природната радијација се менува од место на место на Земјината топка.

Најголемиот дел на изложеност на природна радијација припаѓа на изложеноста на радон. Радонот (Rn-222) е радиоактивен благороден гас којшто се добива како резултат на распаѓање на U-238, U-235, Th-232 и се наоѓа во најразлични концентрации во почвите и минералите. Неговиот период на полураспаѓање изнесува 3,82 дена при што се распаѓа на цврсти честички коишто се прилепуваат за ситните честички во воздухот. Притоа, истите може да се вдишат од човекот со што настанува изложување на ткивата во белите дробови на алфа зрачење со што се зголемува ризикот од појава на рак на бели дробови.

Радонот може лесно да навлезе во домовите, посебно во приземните простории и доколку истите не се проветруваат да дојде до акумулирање на голема концентрација на радон со што може да предизвика голема изложеност на зрачење на луѓето што живеат во тие простории.



Освен од природното зрачење, јонизирачкото зрачење потекнува и од **вештачки добиени радиоактивни извори** коишто се користат во медицината, индустријата, научните истражувања и др., како и од **генераторите на јонизирачко зрачење**, како што се **рентген апарати, акцелератори, циклотрони** и сл.

Основни принципи на радијациона заштита

- **оправданост** – ползата од јонизирачкото зрачење треба да биде поголема од штетата што може да ја предизвика истото врз поединец на населението и околината

- **оптимизација** – било каква изложеност на јонизирачко зрачење на поединец од населението и околината треба да биде сведена на најниско можно ниво при што се земаат предвид економските и општествените фактори

- **ограничување на дозата** – вкупната доза од сите видови работа со извори на јонизирачко зрачење не смее да ја надмине законски пропишаните граници на дози од Дирекцијата за радијациона сигурност, со исклучок на медицинската изложеност на пациентите

Дефиниции за дози на зрачење

Апсорбирана доза – енергија на јонизирачкото зрачење (во кули - J) предадена на единица маса (во kg); единица – **греј** [1 Gy = 1 J/kg]

Еквивалентна доза – ги зема предвид биолошките ефекти на даден тип јонизирачко зрачење врз дадено ткиво или орган; единица – **сиверт** [1 Sv = 1 J/kg]

Ефективна доза – ја дава проценката на влијанието на апсорбираната доза врз даден организам; единица – **сиверт** [1 Sv = 1 J/kg]

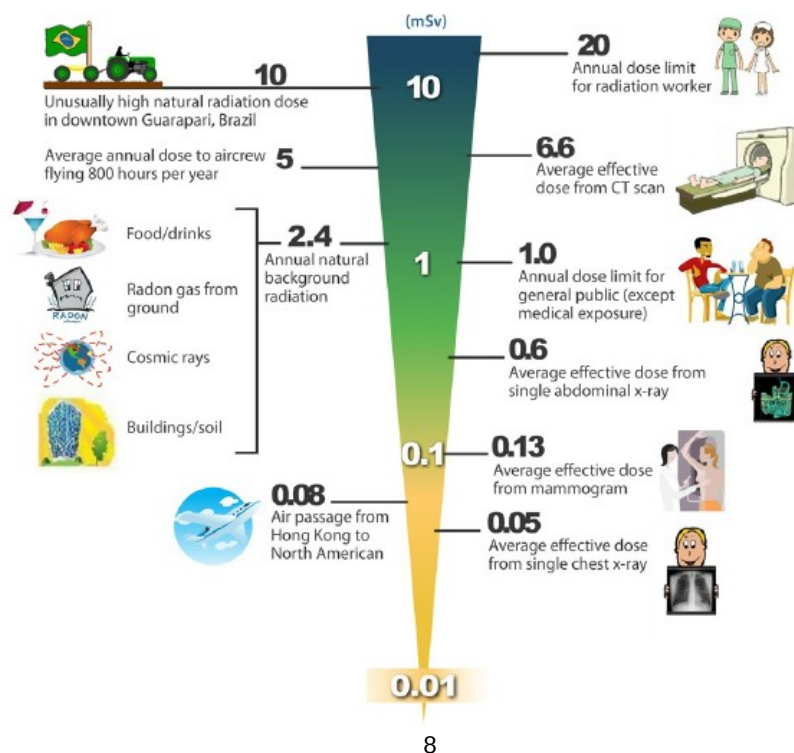
ВАЖНО!!!

- Границата за ефективна доза **за работно изложено лице** согласно националната легислатива и регулатива изнесува **20 mSv/година**
- Границата за ефективна доза **за население** изнесува **1 mSv/година**

Основни принципи за намалување на дозата на зрачење

- **намали го времето на изложеност** на зрачење
- **зголеми го растојанието од изворот** на зрачење (со двојно зголемување на растојанието дозата на зрачење се намалува 4 пати; доколку растојанието се зголеми 10 пати примената доза се намалува 100 пати)
- **користи соодветен материјал за заштита** од зрачење

Зрачењето во секојдневниот живот

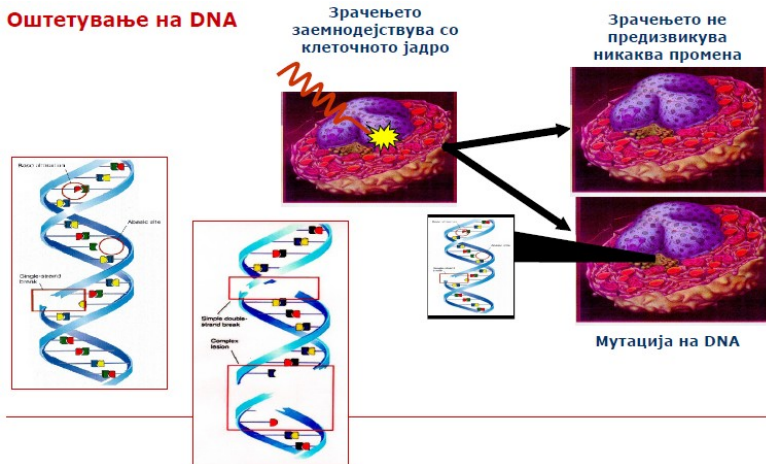


Биолошки ефекти на јонизирачкото зрачење

Фактори коишто ги определуваат биолошките ефекти

- Вкупната примена доза и брзината на доза
- Делот од телото изложен на зрачење
- Карактеристиките на зрачењето
- Радиосензитивност на клетките

Оштетување на DNA



Можни резултати после оштетување на клетката:

- оштетувањето се репарира
- умирање на клетката
- клетката преживува но мутирана

Детерминистички ефекти – здравствени ефекти кои се последица на изложеност на јонизирачко зрачење за кои постои праг на дозата при што при надминување на прагот ефектот е поголем колку е поголема дозата

- се јавуваат при многу високи дози
- се резултат на инцидентни ситуации

Стохастички ефекти – здравствени ефекти коишто се последица на изложеност на јонизирачко зрачење за кои не постои праг на доза, но чија веројатност за појавување е пропорционална со дозата, а ефектот не зависи од дозата (леукемија, рак)

- се јавуваат при ниски дози на зрачење
- во случај кога зрачењето не ги уништува клетките, туку само предизвикува некои промени; во повеќето случаи ваквите промени не предизвикуваат некои видни ефекти; но постои веројатност тие промени да доведат до побрзо делење на клетките од нормалното и појава на абнормални клетки; доколку овие клетки го окупираат нормалното ткиво, истите се нарекуваат малигни клетки и резултираат во појава на рак
- ракот не се јавува веднаш туку по одреден период (2-10 години за леукемија, во првите 10 години за рак на коски, дури и по 20-30 години и повеќе за друг тип на рак) – доцни ефекти

- Женскиот пол е посензитивен за појава на рак на дојка и тироида (воглавно за возраст до 20 години)

- Кај машкиот пол почеста е појавата на леукемија
- Децата се посензитивни на индуцирање рак за разлика од возрасните

Радиосензитивност на клетките

- **висока:** коскена срцевина, тимус, лимфни јазли, гонади, очни леќи, лимфоцити
- **средна:** кожа, црн дроб, срце, бели дробови
- **ниска:** мускули, коски, нервно ткиво, мозочни клетки

Категоризација на радиоактивни извори

Опасен извор - извор на јонизирачко зрачење којшто доколку не е под контрола може да доведе до изложеност на јонизирачко зрачење доволна да предизвика појава на детерминистички ефекти кои се фатални или претставуваат закана по животот на поединецот или резултираат во трајна повреда која го намалува квалитетот на живеење на поединецот

Категоризацијата на радиоактивни извори се темели на D-вредноста за даден радиоактивен извор, која што претставува вредност на активноста на изворот над која истиот се смета за опасен извор

Категорија	Извори и дејности	Однос на активноста (A/D)
1	Ирадијатори, извори за телетерапија	$A/D \geq 1000$
2	Извори за индустриска радиографија	$1000 > A/D \geq 10$
3	Индустриски мерачи со високо активни извори; радиоактивни извори за геолошки испитувања	$10 > A/D \geq 1$
4	Индустриски мерачи кои не содржат високо активни извори	$1 > A/D \geq 0.01$
5	Извори за проверка, јонизациони јавувачи на пожар	$0.01 > A/D$ и $A > A_{\text{exempt}}/D$

A_{exempt} – активност која одговара на **нивото на изземање**

Изворите со активност помала од A_{exempt} се изземени од постапката за издавање на дозвола за вршење на дејност со извори на јонизирачко зрачење

ВАЖНО!!! Најопасни се изворите од Категорија 1

Радиоактивни извори изземени од постапката за издавање на дозвола за вршење на дејност со извори на јонизирачко зрачење



Извори за тестирање на функционалноста на детекторите на јонизирачко зрачење

Категорија 5



Извор за калибрација на инструменти: Cs-137

Категорија 4



Индустриски мерач: Am-241



Индустриски мерач за мерење на густина и влажност на почва: Cs-137 и Am-241/Be



Јонизационен јавувач на пожар: Am-241



Индустриски мерач за мерење на густина и дебелина: Sr-90 и Kr-85

Категорија 3



Индустриски мерач:
Cs-137



Индустриски мерач:
Co-60

Категорија 2



Индустриска
радиографија: Am-60



Индустриска
радиографија: Se-75

Индустриска
радиографија: Ir-192

Категорија 1



Извори за телетерапија: Co-60



Уред за телетерапија:
Co-60



Ирадијатор за
истражување и
озрачување на
материјали: Co-60



Извори за индустриска
стерилизација и
истражување: Co-60



Радиоизотопни
термоелектрични
генератори: Sr-90 Pu-238

Примена на изворите на
јонизирачко зрачење во
медицината, индустријата,
науката



Јонизационен
јавувач на
пожар: Am-241



Th-232 се
користи кај
гасни лампи



Ei-152 радиоактивен громобран

Генератори на рентгенско зрачење



Индустриска
примена



Медицинска
примена



Контрола на товар, багаж

Проценка на ризик

Главните извори на информации за причините за појава на рак како резултат на изложеност на јонизирачко зрачење на целото тело се добиени од студиите поврзани со преживеаните лица после фрлањето на атомските бомби во Хиросима и Нагасаки во 1945 година, од лицата коишто биле изложени на зрачење како резултат на нуклеарните проби, хаваријата во Чернобил, како и други радијациони несреќи

Ризик за појава на фатален рак како резултат на изложеност на јонизирачко зрачење (според ICRP-60)

- ризик за население: 0,05/Sv
- ризик за работно изложени лица: 0,04/Sv

Пример:

1000 лица од населението 20 години се изложени на доза од 2 mSv годишно. Колкав е дополнителниот број на смртни случаи од рак како последица на изложеноста на зрачењето?

Одговор:

$0,05/Sv \times 0,002 Sv/година \times 20 години \times 1000 лица = 2$ смртни случаи од рак во 1000 лица, како резултат на изложеност на јонизирачкото зрачење, во период од 20 години

Ризик – споредба (за појава на смртен случај: 1/1 000 000)

- 10 дена работа во нуклеарна медицина
- Пушење на 1,4 цигари
- 2 дена живеење во загаден град
- 1,5 минути планинарење
- 480 km патување со автомобил
- 1600 km патување со авион
- 2 месеци живеење со пушач

Ризик – споредба (очекување на намалување на животниот век)

- Пушач: 2250 дена
- 30% поголема маса: 1300 дена
- Рак: 980 дена
- Градежен работник: 300 дена
- Собраќајна несреќа: 207 дена
- Несреќа во домот: 95 дена
- Административна работа: 30 дена
- Радиолошко испитување: 6 дена

ВАЖНО!!!

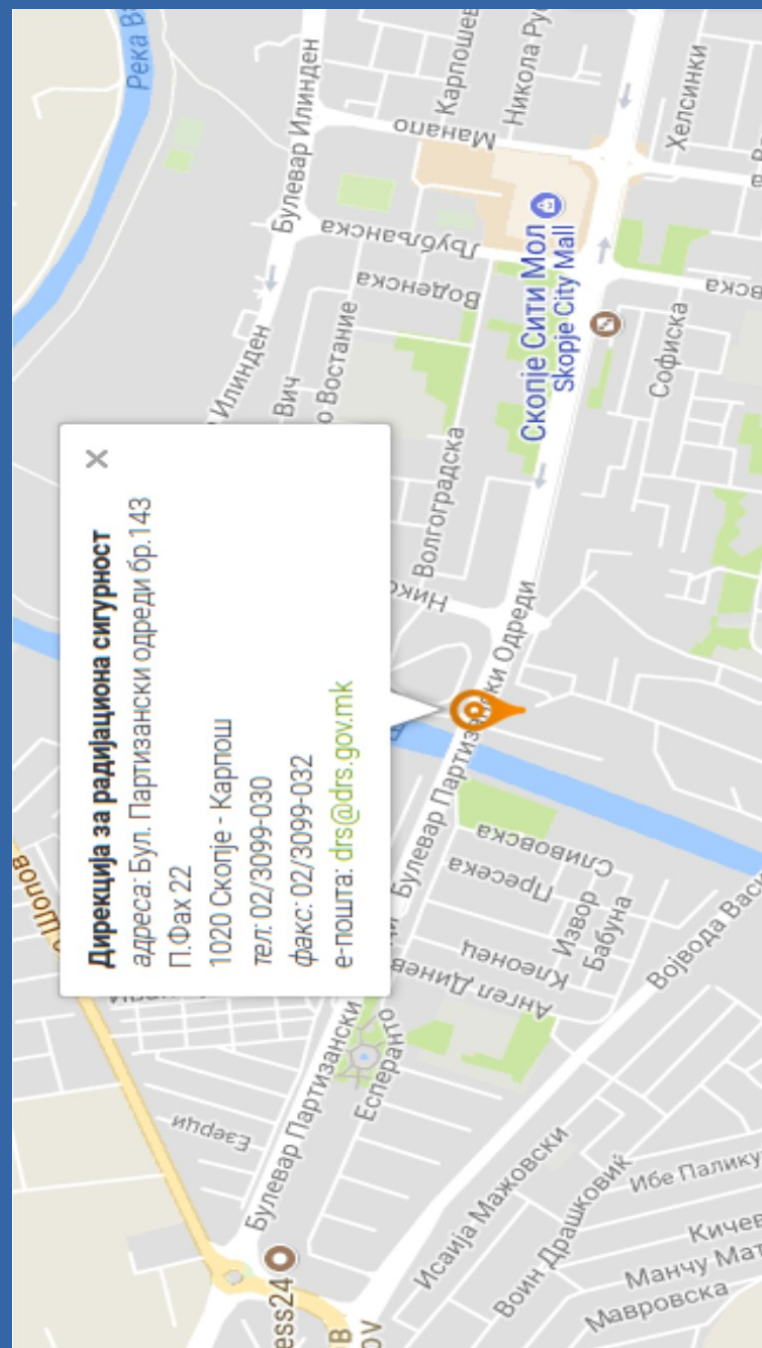
Доколку при користењето на изворите на јонизирачко зрачење се почитуваат сите законски пропишани одредби и се применуваат сите стандарди за сигурност и безбедност ползата од истите е значително поголема од штетата што може да ја предизвикаат

Интернет страници од интерес:

ЕХИМ
(Едношалтерски систем за дозволи
за увоз, извоз и транзит на стоки и
тарифни квоти)
www.exim.gov.mk



International Atomic Energy Agency (IAEA)
www.iaea.org



www.drs.gov.mk