



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

USPOSABLJANJE ŠTUDENTOV ZA VARNO DELO Z RADIOAKTIVNIMI MATERIALI

3. letnik



Robert SUSIČ

oktober 2018

Viri ionizirajočih žarkov

- Odprti radiaktivni viri (taki, ki se zlahka (raz)delijo).
- Zaprti radioaktivni viri (vložiti je treba znaten napor, da jih razdelimo).
- Generatorji (Roentgenske cevi, pospeševalniki).

Ionizirajoči žarki

- Žarki α (helijeva jedra)
- Žarki β (β^+ , e^- ; pozitroni, β^+ , e^+)
- Žarki γ (elektromagnetno valovanje)

A to še ni vse

- Nevtroni
- Hitri protoni (kozmični žarki, sončni veter)
- Nabiti pioni, ... (sekund. kozmični žarki.)

Radioaktivnost

- Radioaktivnost je pojav, ki spremlja spremembe v jedrih atomov.
- Jedro preide iz stanja z višjo energijo v stanje z nižjo energijo (bolj stabilno).
- Pri tem se sprosti energija v obliki elektromagnetnih valov (žarkov gama) ali pa (vsaj) del energije odnesejo delci, ki zapustijo jedro.

Radioaktivni razpad

- Naključen pojav.
- Aktivnost (A), število razpadov v sekundi, enota Becquerel, $\text{Bq} = \text{s}^{-1}$,
($1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$),

$$A = - \frac{dN}{dt},$$

kjer je N polno število radioaktivnih nuklidov, t pa čas.

Atomi, izotopi, nuklidi

- Atomi so najmanjši delci elementov. Protoni, nevtroni ~ nukleoni. Atomsko število (Z) pove, koliko protonov je v jedru.
- Nuklid je atom z izbranim številom protonov in nevtronov A_ZX .
- Vsem nuklidom z istim atomskim številom (Z), t.j. vsem nuklidom določenega elementa pravimo izotopi.

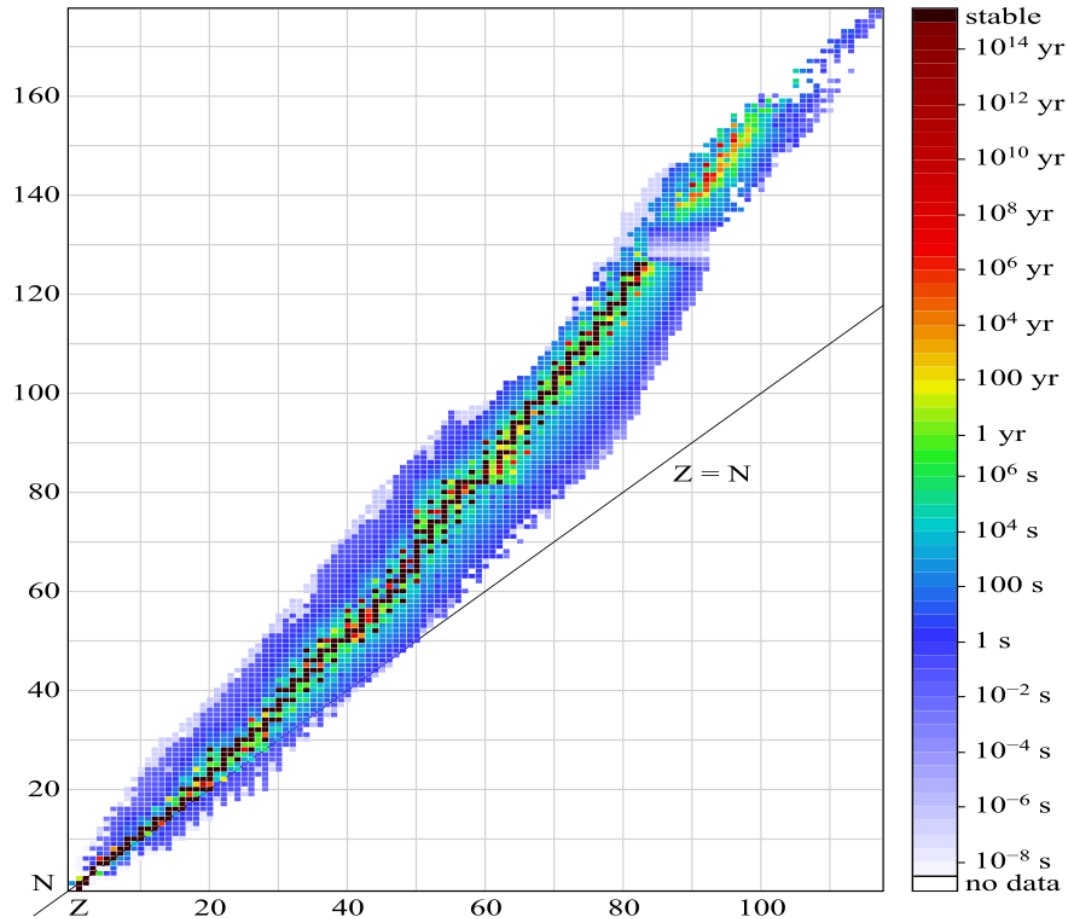
Izobari, izotoni

- Masno število (A)

$$A = Z + N$$

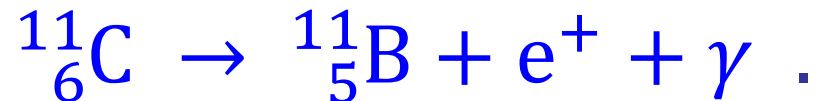
- Izobari so nuklidi z istim masnim številom (A).
- Izotoni so nuklidi z istim številom nevtronov (N).

Stabilnost jeder



Jedrske reakcije

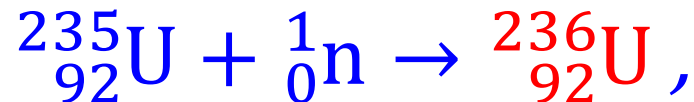
Razpad beta (-, +)



Razpad alfa



Razpad po zajetju nevtrona



Absorbirana doza

- Pove koliko energije je ostalo; koliko se je je torej absorbiralo v obsevani snovi.
- Označujemo jo s črko D . Izražamo jo v J/kg [gray, Gy] (stara enota 1 rad=0.01 Gy).

Ekvivalentna doza, H

Vse vrste sevanja niso enako učinkovite pri poškodbah celic. Radiacijsko biološko efektivnost izraža radiacijski utežni faktor W_R

$$H_T = \sum_R W_R D_{T,R}$$

H_T ... ekvivalentna doza za tkivo T,

W_R ...radiacijski utežni faktor za vrsto sevanja R,

$D_{T,R}$... radiacijska doza, ki jo je prejelo tkivo T.

Utežni faktorji vrste sevanja

vrsta sevanja	Energija	Q
Žarki x , žarki γ , elektroni, pozitroni,		1
nevtroni	energija $< 10\text{keV}$	5
	$10\text{keV} \geq \text{energija} \geq 100\text{keV}$	10
	$100\text{keV} \geq \text{energija} \geq 2\text{MeV}$	20
	$2\text{MeV} \geq \text{energija} \geq 20\text{MeV}$	10
	energija $> 20\text{MeV}$	5
Protoni, nabiti pioni	$> 2\text{MeV}$	2
delci α , razcepki jedra, težka jedra		20

Efektivna doza, E

$$E = \sum_T W_T H_T = \sum_T W_T \sum_R W_R \bar{D}_{T,R}$$

E ... efektivna doza za celotno telo,

W_T ... tkivni utežni faktor tkiva T,

W_R ... utežni faktor vrste sevanja R,

$\bar{D}_{T,R}$...povprečna absorbirana doza tkiva T vrste sevanja R.

Tkivni utežni faktorji

Organ	ICRP26 1977	ICRP60 1990	ICRP103 2007
Gonade	0.25	0.20	0.08
Rdeči kostni mozeg	0.12	0.12	0.12
Debelo črevo	-	0.12	0.12
Pljuča	0.12	0.12	0.12
Želodec	-	0.12	0.12
Prsi	0.15	0.05	0.12
Mehur	-	0.05	0.04
Jetra	-	0.05	0.04
Požiralnik	-	0.05	0.04
Ščitnica	0.03	0.05	0.04
koža	-	0.01	0.01
Kostna povrhnjica	0.03	0.01	0.01
Žleze slinovke	-	-	0.01
Možgani	-	-	0.01
Preostalo telo	0.30	0.05	0.12
Seštevek	1.00	1.00	1.00

Efektivne doze, izražanje

- Enota za efektivne doze, E je enaka kot za absorbirano dozo, torej Jkg^{-1} . V izogib zmešnjavi za efektivne doze uporabljamo enoto sievert (Sv).
- Svetovno povprečje naravnega ozadja je 2.4 mSv/leto.
- Medicinska diagnostika pa prispeva še 0,4-1,0 mSv/leto.

Posledice ionizirnega sevanja

Akutni učinki: I: ni poškodb

II: popravljive poškodbe celic

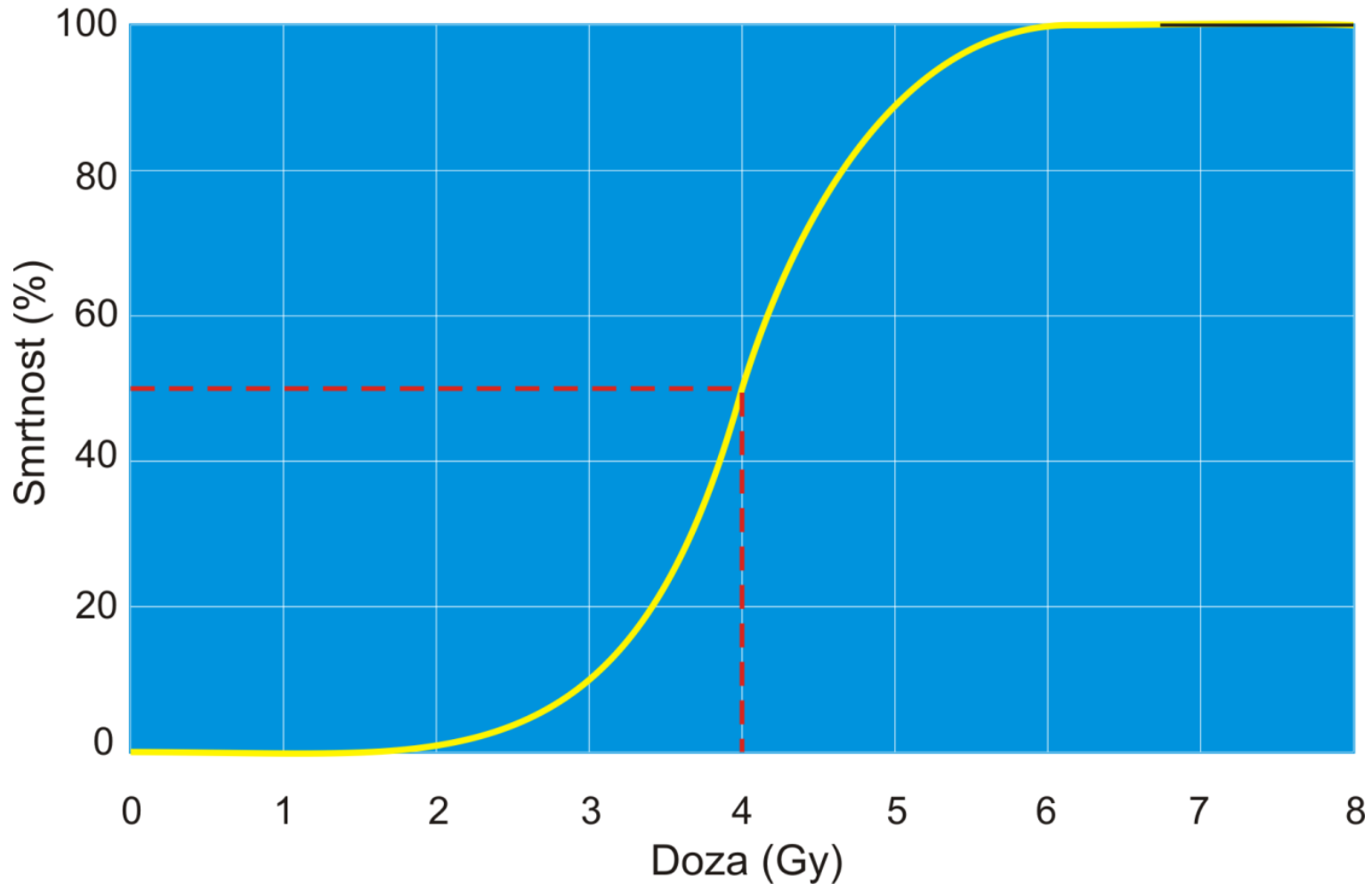
III: nepopravljive poškodbe celic –
ne povzročijo smrti

IV: razpad celic

Kronični učinki: rakotvorni
teratogeni
mutageni

Deterministični učinki

Akutni radiacijski sindrom (ARS)



Stohastični učinki

To so maligne bolezni, dedne spremembe, pri katerih je njihova pogostost povezana z prejeto dozo in nima nobenega praga. Sama prizadetost (hujša ali milejša oblika bolezni), pomembnost dedne spremembe

NI POVEZANA Z DOZO.

Načela radiološke zaščite

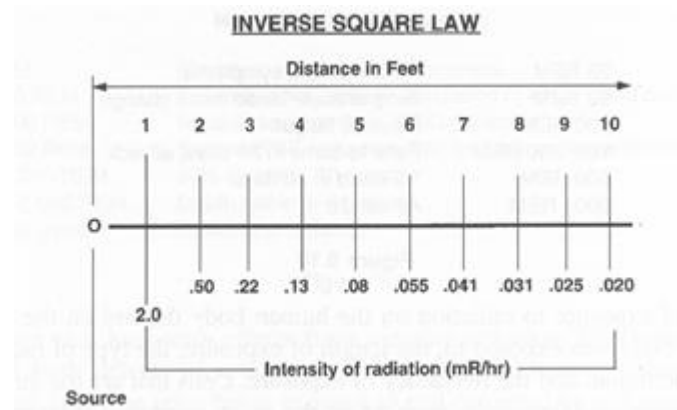
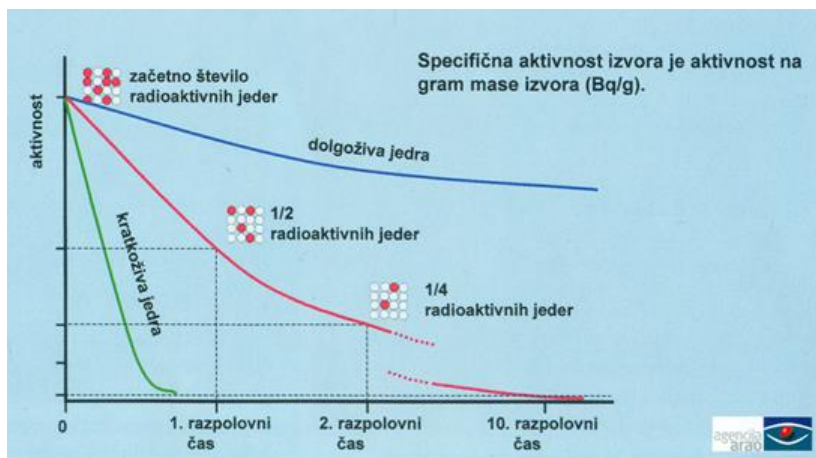
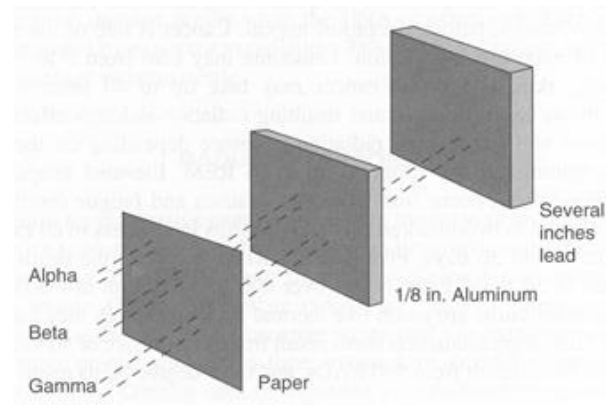
- Opravičitev dejavnosti.
- Optimizacija varstva, znana kot princip ALARA.

(ALARA= As Low As Reasonably Achievable)

- Omejitev individualnih doz in tveganja.

Zaščita pred radioaktivnim sevanjem

- Zaščita (zaslon, obleka).
- Oddaljenost.
- Čas.



Radioaktivne snovi

- Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-UPB2), Ur. l. št. 102/04
- Pravilnik o uporabi virov sevanja in sevalni dejavnosti, Ur. l. št. 27/06
- Pravilnik o obveznostih izvajalca sevalne dejavnosti in imetnika vira ionizirajočih sevanj, Ur. l. št. 13/04
- Pravilnik o čezmejnem pošiljanju jedrskih in radioaktivnih snovi, Ur. l. št. 75/08
- Pravilnik o ravnanju z radioaktivnimi odpadki in izrabljenim gorivom, Ur. l. št. 49/06

Literatura

- *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, J. Valentin, Ed., *Annals of the ICRP, Publication 103*, **2007 ICRP**.
- *An Introduction to Radiation Protection*, 6th Ed., A. Martin, S. Harbison, K. Peach, P. Cole, **2012 Hodder Arnold**.
- *Fundamentals of Radiation and Chemical Safety*, Ilya Obodovskiy, **2015 Elsevier**.