

Dozimetrija i zaštita od zračenja



Sanja Dolanski Babić
akad.god. 2005/06

Zračenje – pojava prijenosa energije u obliku fotona ili čestica

Ionizirajuće zračenje – nastaje pri nuklearnim pretvorbama, elektronskim prijelazima u omotačima pobuđenih atoma, ubrzavanjem nabijenih čestica te kočenjem brzih čestica

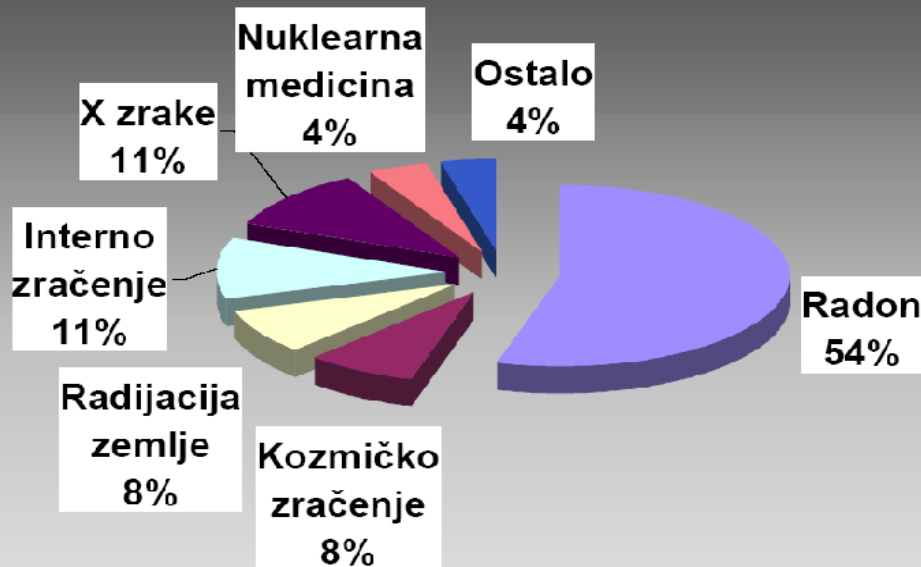
Izvori ionizirajućeg zračenja – prirodni i umjetni

Dozimetrija – mjerenje doze zračenja i njezinih posljedica u tvari

Radioaktivnost – pojava emitiranja ionizirajućeg zračenja u obliku brzih čestica ili fotona visokih energija; nastaje pri raspadu radionuklida

Aktivnost uzorka slijedi zakon radioaktivnog raspada.

IZVORI RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA



$$[A] = \text{Bq}$$
$$\text{Ci} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$



Uređaji za zapažanje i mjerenje zračenja

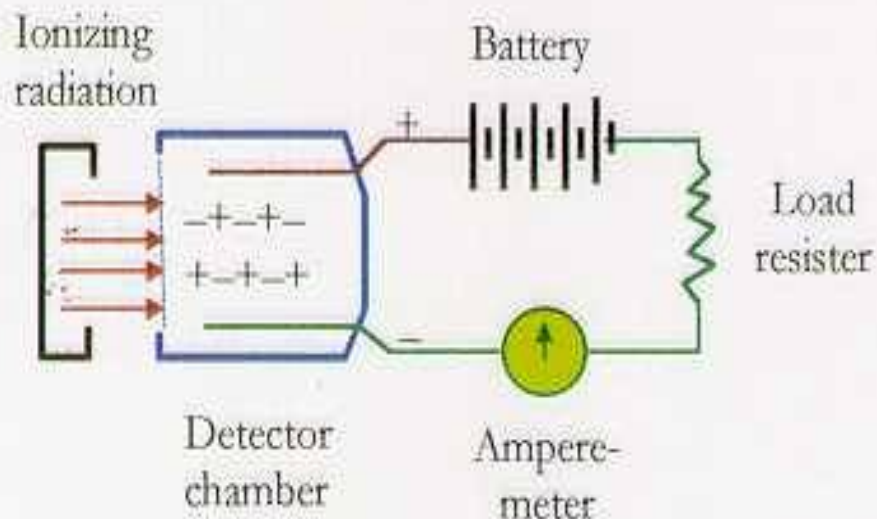
1. Vizualizatori tragova – radiografski sloj i Wilsonova maglena komora (M. Curie 1898.)
2. Dozimetri – radiografski sloj, ionizacijska komora, luminiscentni slojevi, kemijski dozimetri itd.
3. Brojači (detektori) – Geiger-Müllerov, scintilacijski, poluvodički, gama-kamera itd.

Posebna skupina: osobni dozimetri – ionizacijska komora za integralno registriranje, radiografski film i termoluminiscentni dozimetri

Ionizacijska komora

- mjere se posljedice ionizacije plina zračenjem
- napon između elektroda je dovoljno visok da sve ionizacijom primarno stvorene nabijene čestice dospiju do elektroda- struja zasićenja

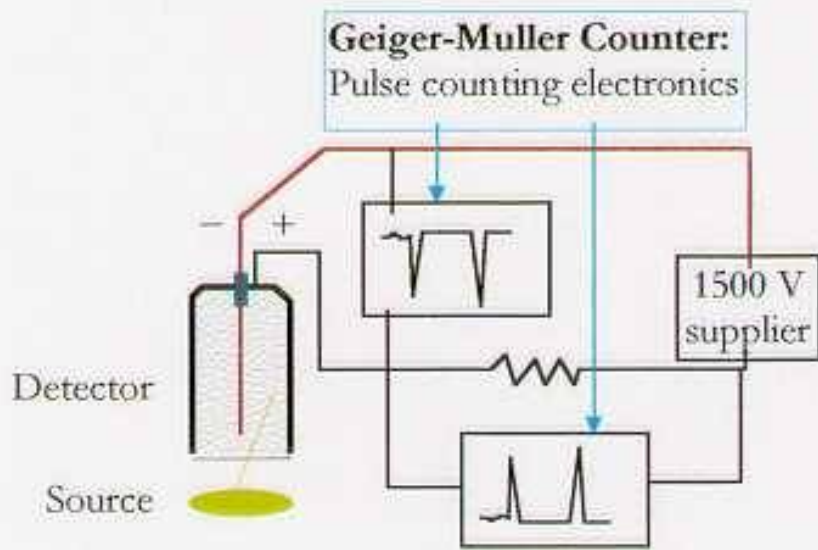
Key Components in a Simple Ionization Chamber



- u medicinskoj dozimetriji se mjere male doze
- struje su slabe: oko 10^{-15} A
- X i γ zračenje

Geiger-Müllerov brojač

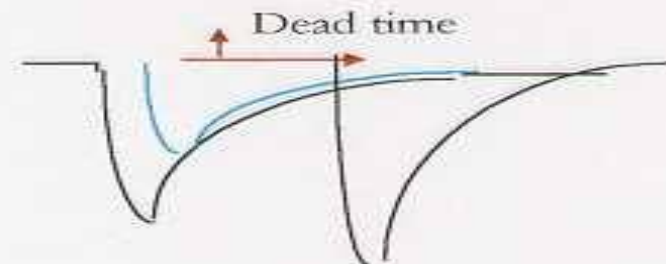
Working Components of a Geiger Muller Counter



- veći napon izvora
- gotovo trenutna “lančana” ionizacija plina
- struja veća 10^{10} puta od primarne struje

- “mrtvo vrijeme” brojača
- efikasnost je za α i β do 100%; za γ zračenja do 5%

Dead Time in Pulse Counting



APSORPCIJSKA doza (D)– mjera povećanja unutrašnje energije (ΔU) u 1 kg tkiva uzrokovanog apsorpcijom radijacijskog zračenja

$$D = \Delta U / \Delta m \quad [D] = \text{Gy} = \text{J/kg} \quad 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

- određena je za sva zračenja
- nije ju moguće izmjeriti u živim tkivima

EKSPOZICIJSKA doza (X)– mjera za ionizaciju zraka mase 1kg

$$X = \Delta Q / \Delta m \quad [X] = \text{C/kg} \quad 1 \text{ R} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$$

- određena je samo za elektromagnetska zračenja energija manjih od 3 MeV

-biološka šteta uzrokovana ionizirajućim zračenjem ne ovisi samo o apsorbiranoj dozi nego i o vrsti zračenja

Zračenje	Faktor kvalitete (H)
X i γ	1
β	1 -2
neutronska	3 - 10
protonska i α	10
teškoionska	20

EKVIVALENTNA doza

$$D_{eq} = D \cdot H$$

$$[D_{eq}] = Sv = J/kg$$

$$1 Sv = 100 rem$$

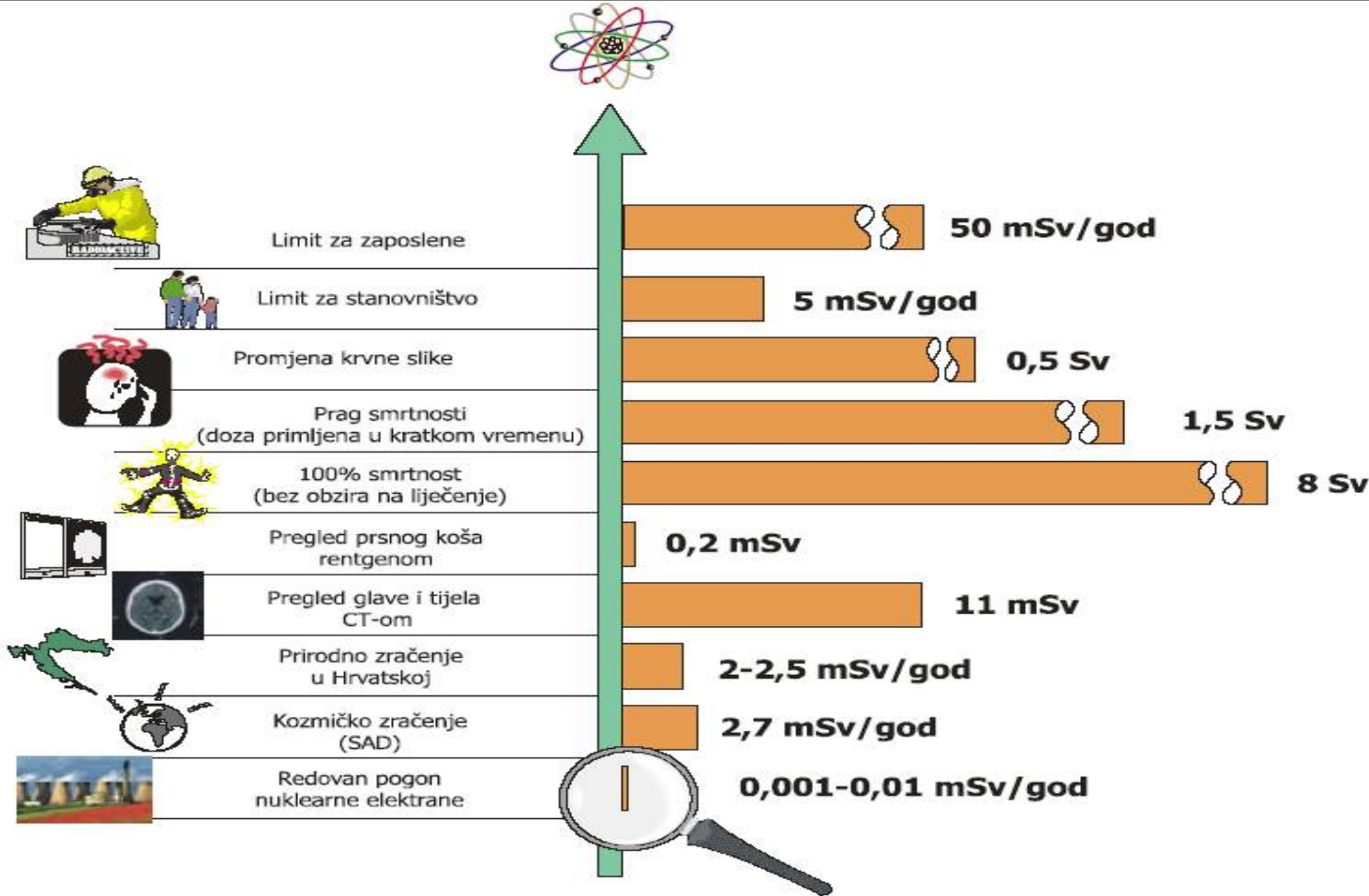
- apsorbirana doza je mjerena

$$[D] = Gy$$

- ekvivalentna doza je izračunata

$$[D_{eq}] = Sv$$

EFEKTIVNA EKVIVALENTNA doza – svaki dio tijela ima određen težinski faktor



BRZINE doza – radijacijske doze u vremenu od 1s
 - važne za biološke posljedice

Biološki učinci ionizirajućeg zračenja

- uzrokovani su energijom koju je tkivo primilo zračenjem

- težina bioloških oštećenja je nerazmjerna veličini predane energije

- primjer: apsorpcijska doza od 100 Gy, smrtonosna za sve stanice, uzrokuje povećanje temperature od 0.02°C

- efekti su uzrokovani direktnim i indirektnim interakcijama

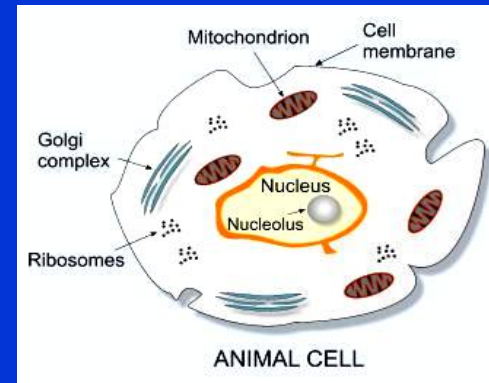
Direktne interakcije – ionizacija malih molekula, stvaranje slobodnih radikala na većim molekulama koji mogu nastati ionizacijom dijela velikih molekula ili kidanjem kovalentnih veza

- promijenjena kemijska aktivnost kao biološko oštećenje

Indirektne interakcije – radioliza vode

- radikali H i OH kao jako reaktivni djeluju na otopljene molekule
- štetni efekt pojačan je prisutnošću kisika
- značajno veća osjetljivost DNA u nediferenciranim stanicama

Utjecaj zračenja na čovjeka



- Stohastički učinci
 - vjerojatnost oštećenja ovisi o veličini doze
 - nema donje granične doze
 - genetski učinci (prenose se na potomstvo) i razvoj karcinoma
- Nestohastički učinci
 - vjerojatnost oštećenja ovisi o veličini doze
 - određena je donja granična doza
 - somatski učinci u ozračene osobe – eritem, sterilnost, katarakta

- problem malih doza

Zaštita od zračenja

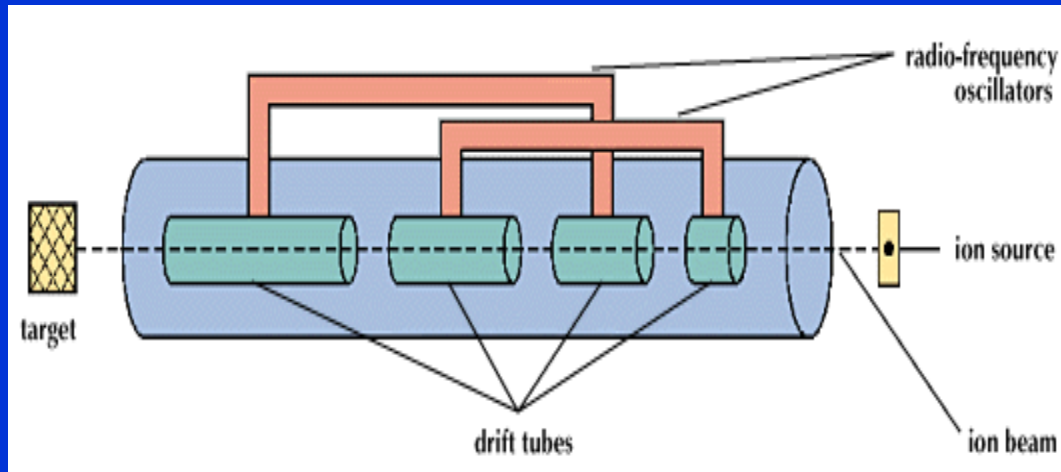
- Polazišta: 1. opravdanost primjene pojedine vrste zračenja i primjene zračenja u određenoj djelatnosti
2. primjena najbolje moguće zaštite od zračenja
 3. poštovanje granica efektivne ekvivalentne doze

Zaštita od izravnog zračenja:

- upotreba što slabijih zračenja
- povećanje udaljenosti od izvora
- skraćivanja trajanja zračenja
- stavljanja apsorbera na putu zračenja

Akceleratori

- radioaktivni izotopi se proizvode bombardiranjem stabilnih izotopa ubrzanim česticama
- linearni akc., sinhrotron, sinhrociklotron, ciklotron i betatron



- linearni akcelerator: duljina svakog slijedećeg cilindra je sve veća i to u smjeru gibanja iona;
 - ubrzava elektrone koji se koriste u terapiji površinskih tumora i pri stvaranju tvrdih X-zraka

Međudjelovanje UZVa i tkiva

Učinci UZVa:

2. toplinski

2. mehanički

3. pojava kavitacije

4. kemijski

5. biološki

Primjena:

2. dijagnostika: intenziteti do

$$I = 100 \text{ mW/cm}^2 = 10^3 \text{ W/m}^2$$

2. terapija

1. toplinski učinci – koristi se u terapeutske svrhe; moguć je termički stres

2. mehanički učinci – veze unutar makromolekule pucaju kada je amplituda prisilnog titranja veća od 10nm, odnosno promjena lokalnog tlaka nekoliko atmosfera; iz izraza: $I = A^2 \omega^2 \rho v$, za $I > 300 \text{ mW/cm}^2$

3. kavitacija – pojava nastajanja mjehurića zraka unutar tkiva koje je ozvučeno valovima velikih intenziteta
- kidaju se molekularne veze i nastaju slobodni radikali
primjer: pojava kavitacije u vodi za $f = 2$ MHz uz intenzitet od 6 MW/m^2

4. kemijski učinci – pojava slobodnih radikala vode OH i H

5. biološki učinci – UZV je za bakterije, viruse i gljivice smrtonosan

– prag osjetljivosti na UZV je najniži za eritrocite, ali je još uvijek značajno iznad intenziteta i frekvencija dijagnostičkog UZV