

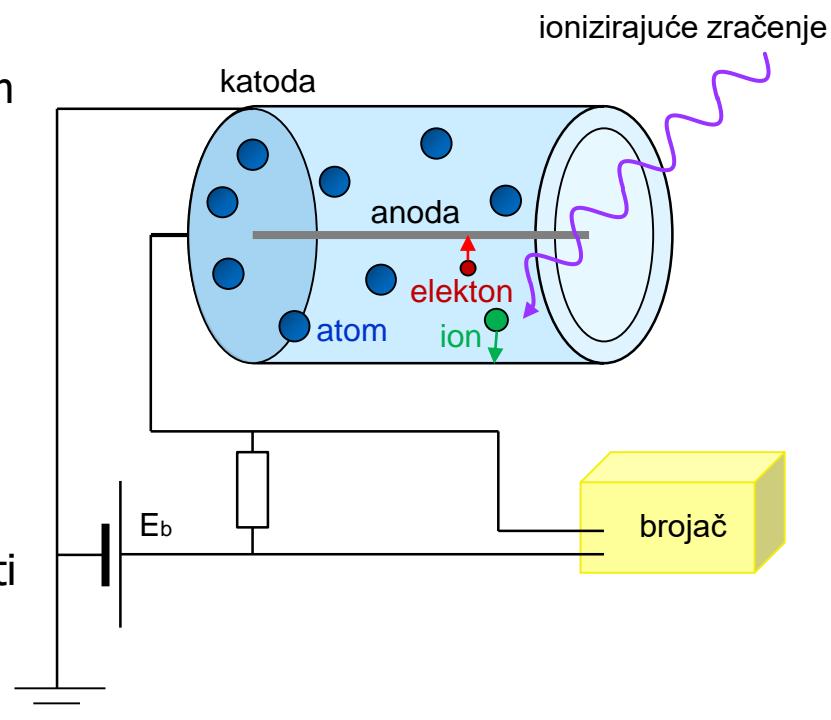
## Detektori radioaktivnosti

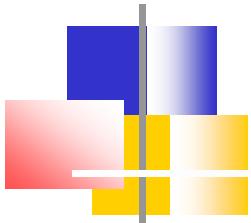
---

- Zračenje ne možemo detektirati našim osjetilima
- Potrebni su nam detektori da potvrdimo prisutnost zračenja
- Moguće je detektirati zračenje radi njegove interakcije s materijom (čvrstim tijelom, plinom)
  - Ionizacija
  - Pobuđenja
- Princip rada svih detektora zračenja: odgovor na energiju pohranjenu zračenjem u materijalu od kojeg su građeni
- Informacija pohranjena u detektoru se pretvara u električni signal i dalje elektronički odnosno računalno obrađuje.

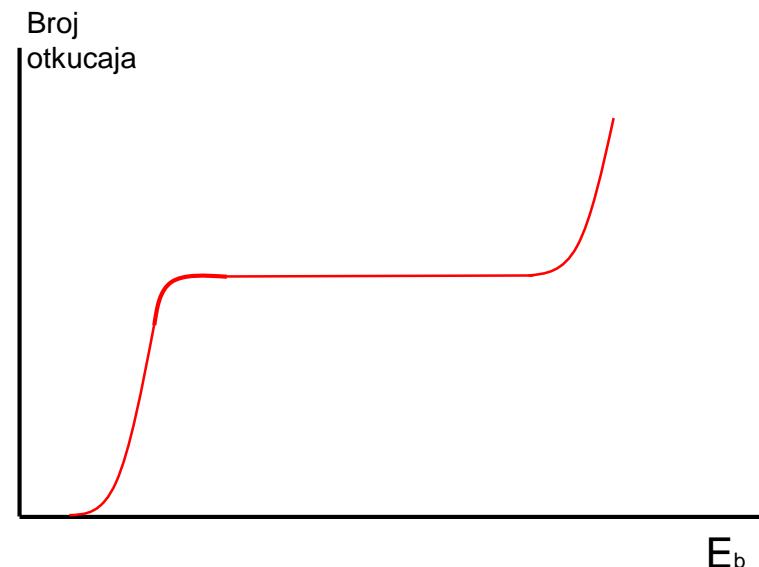
## Geiger - Müllerov brojač

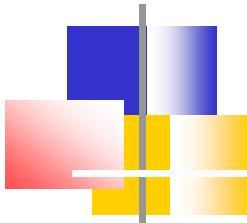
- sastoji se od cijevi ispunjene plinom pod niskim tlakom koja ima otvor za radioaktivne čestice
- unutarnja strana cijevi je metalna i priključena je na negativan pol izvora visokog napona
- sredinom cijevi prolazi metalna nit priključena na pozitivan pol izvora napona
- prolazeći kroz cijev čestica ionizira plin
- pozitivni ioni putuju prema negativnom dijelu cijevi, a negativni elektroni prema pozitivnoj niti
- takvo gibanje elektrona i iona predstavlja električni impuls koji se registrira brojačem





- Ovisnost broja otkucaja o međuelektrodnom naponu  $E_b$  prikazana je na slici
- Geiger - Müllerov brojač radi u području platoa
- Ispod platoa dolazi do rekombinacije pozitivnih iona i elektrona, te je naponski puls relativno slab
- Za  $E_b$  u području platoa ioni i elektroni se ubrzavaju, te stvaraju nove parove iona i elektrona; nastaje lavina iona i elektrona. Radioaktivna čestica izaziva vrlo veliki naponski puls.
- Poviše platoa napon je toliko visok da se plin potpuno razgrađuje i ne može se koristiti kao detektor

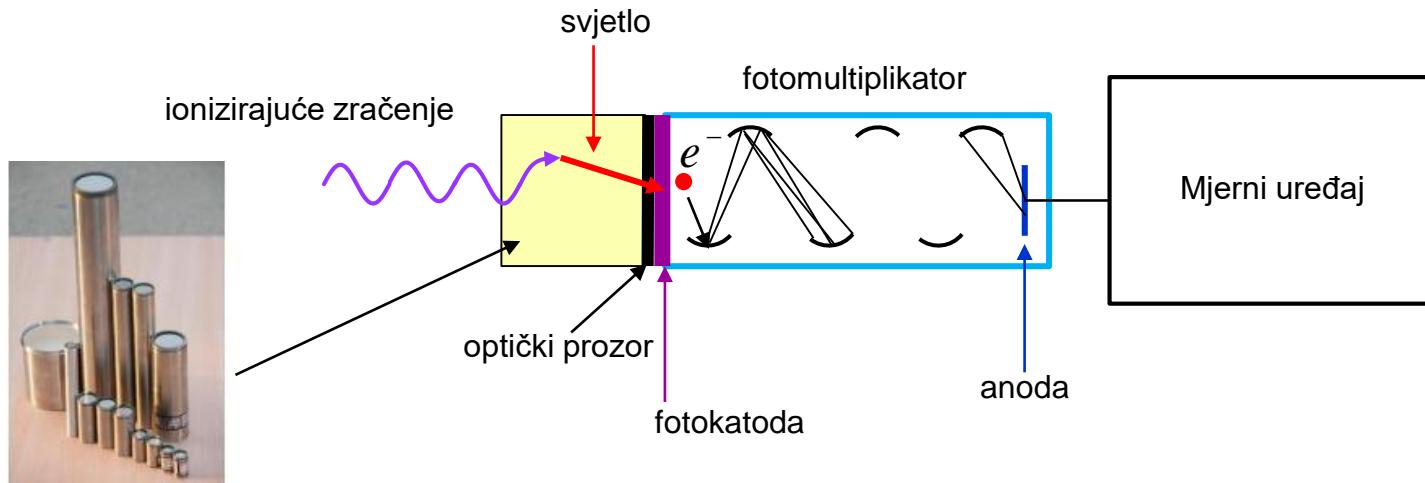


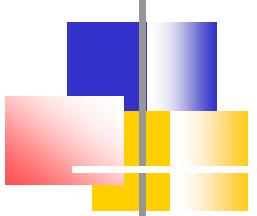


## Kristalni detektor



- Plinski detektori slabo registriraju  $\gamma$ -zračenje.
- Zbog gustoće materije, apsorbcija  $\gamma$ -zraka intenzivnija je u čvrstom tijelu.
- U **scinitilacijskom detektoru**  $\gamma$ -zrake pobuđuju atome sredstva kojim prolaze te ti atomi zrače svjetlost, svjetluju u obliku kratkotrajnih bljeskova, scintilacijama.
- kratkotrajna bljeskanja prevode se fotoelektričnim učinkom u električne impulse te se pomoću fotomultiplikatora pojačavaju i boje.

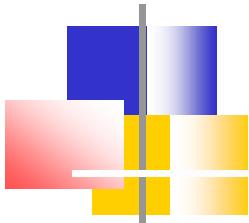




## Doze zračenja. Biološko oštećenje tkiva

- Međudjelovanjem ionizacijskog zračenja s materijom pohranjuje se energija zračenja u tijelu
- Tijelo apsorbira energiju zračenja **stvaranjem parova ion-elektron ili pobuđivanjem atoma**
- Jedinica **apsorbirane doze zračenja je 1 gray (Gy)**
  - $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
- Prije se kao jedinica koristio **1 rad (rd)**
  - $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rd}$
- Zbog nejednakog prijenosa energije pri pojedinačnim sudarima, ista apsorbirana doza različitih vrsta zračenja izaziva različita biološka oštećenja tkiva. Kaže se da zračenja imaju **različitu vrijednost LET-a** (linear energy transfer).
- Biološko oštećenje tkiva mjeri se **doznim ekvivalentom H** u **sivertima (Sv)**
- Prije se kao jedinica koristio **1 rem**
  - $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
- **Dozni ekvivalent** jednak je umnošku **apsorbirane doze D i faktora kvalitete Q**

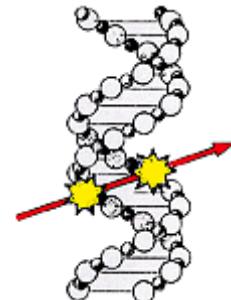
$$H=D \cdot Q$$

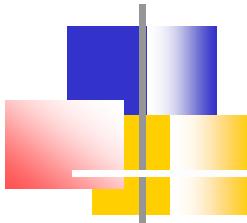


- Faktor kvalitete Q iskazuje rizik za različite vrste zračenja
  - za tvrde x-zrake ( $\lambda < \text{\AA}$ ) i  $\gamma$ -zračenja  $Q=1$
  - za neutronsko zračenje Q poprima vrijednosti od 2 do 12
  - za a čestice i druge teške jezgre Q ima vrijednost blizu 20
  - npr. apsorbirana doza od 10 Gy izazvana neutronima faktora kvalitete 10, izaziva isto oštećenje kao i apsorbirana doza od 100 Gy izazvana  $\gamma$ -zračenjem

## Učinci zračenja na biološke molekule

- Ionizirane molekule u stanici tkiva mogu biti kemijski vrlo aktivne, a produkti su molekule nesvojstvene stanici koje otežavaju ili prekidaju funkciranje stanice
- Posljedice radijacije na višestanične organizme dijele se na
  - trenutne, koje se uočavaju odmah nakon zračenja
  - posljedice koje se uočavaju nakon nekog vremena



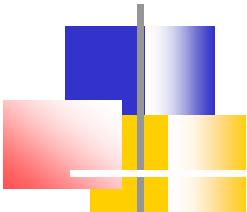


	Posljedice	Uzrok
trenutne	anemija, krvarenje	smanjenje broja eritrocita i pločica (a)
	sklonost infekcijama	smanjenje broja bijelih krvnih stanica i stanica što oblažu sluznicu crijeva,
	gubitak tjelesne težine	oštećenje kože (b)
	sterilnost	smrt spermatogonija i oocita
	smrt	(a) ili (b) ili razaranje živčanih stanica
nakon nekog vremena	genetska mutacija	kemijska oštećenja nukleinske kiseline
	oštećenje embrija	zračenje za vrijeme organogeneze
	izazivanje karcinoma	somatske mutacije
	katarakt	zračenje uzrokuje zamućenje leće

## Letalna i najveća dopuštena doza zračenja

- Osjetljivost neke žive vrste na zračenje obično se izražava letalnom dozom LD<sub>50/30</sub>. To je jednokratna letalna doza pri zračenju cijelog tijela, koja ubija 50% ozračenih živih bića u roku od 30 dana

Vrsta	Letalna doza LD <sub>50/30</sub> (Sv)
pas	3.5
miš	4-6
majmun	6
čovjek	6-7
štakor	6-10
žaba	7
daždenjak	30
puž	80-200



- Čovjek je izložen prirodnom zračenju kozmičkih zraka i terestičkom zračenju
- Prirodno zračenje iznosi **1mSv/godini**, premda ovaj broj može oscilirati za faktor 5, jer terestičko zračenje nije homogeno na površini Zemlje
- Zbog oscilacije prirodnog zračenja dozvoljava se dodatna doza zbog umjetno izazvanog zračenja istog iznosa (**1mSv/godini**)
  - ova doza je **maksimalna dopuštena godišnja doza** (MPD- maximum permissible annual dose)
  - profesionalno osoblje ima MPD 50mSv/godini
  - pacijent dobije oko 0.2 mSv pri jednom röntgenskom snimanju
- Za ljudski organizam vrlo je opasno i unutarnje zračenje, koje je posljedica unošenja radioaktivnih tvari u organizam
  - Tada postaju opasni izvori alfa zraka jer u organizmu ne postoji ni minimalna zaštitna pregrada koja bi ih zaustavila
- Do danas nije sasvim poznato djelovanje radijacije na ljudski organizam. Osobito nisu poznati efekti koji se pojavljuju nakon nekog vremena
- Bez obzira na dopuštene doze nema bezopasne radijacije
- Nabolje se držati **principa minimalizacije**, posebno zbog akumulacije efekata zračenja

## Izloženost zračenju u svakodnevnom životu

Aktivnost	Razina (mSv)
Kozmičko zračenje pri komercijalnom letu avionom New York –Tokio	0.01
Röntgen pluća	0.05
Godišnja doza prirodnog zračenja	0.4
Röntgen abdomena	0.6
Mamografija	0.7
Dozvoljena doza umjetnog zračenja u godini	1
CT glave	2