

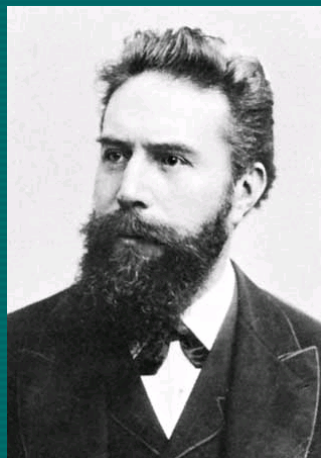
Detekcija ionizirajućeg zračenja

Marina Dumančić

Sadržaj

- Povijest otkrića radioaktivnosti
- Radioaktivnost
 - ionizacija
 - vrste zračenja
- Mjerne jedinice
- Detektori ionizirajućeg zračenja
 - ionizacijski detektori
 - detekcija ljudskom percepcijom
 - poluvodički detektori.
- Zanimljivosti
- Zaključak

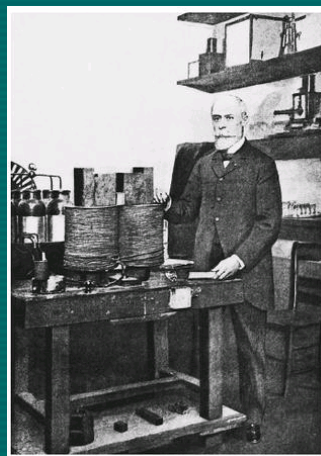
Povijest otkrića radioaktivnosti



1895 W.K. Röntgen

-istražuje katodne zrake.

- zaključuje da se radi o novoj vrsti zraka koje se razlikuju od katodnih zraka.

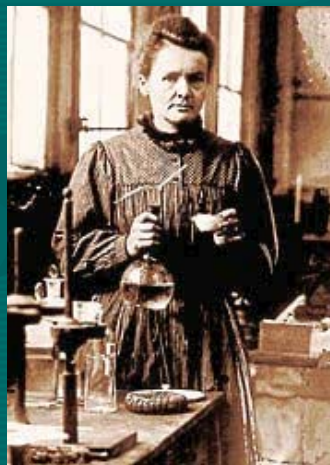


1896 H. A. Becquerel

- zanima se za vezu između emisije rendgenskih zraka i fluorescencije.

- dokazao je da pojava tih zraka ovisi samo o prisutnosti urana te da one ioniziraju zrak slično kao rendgenske zrake.

- te zrake nazivaju se Becquerelovim zrakama.



Maria Skłodowska-Curie

- nastavlja Becquerelovo istraživanje.

- Otkriva da Becquerelove zrake ne ovise o tome u kakvom je kemijskom spoju uran te da se na to zračenje ne može utjecati grijanjem ni drugim vanjskim djelovanjem

- Zaključuje da se radi o nekoj općoj pojavi i naziva je

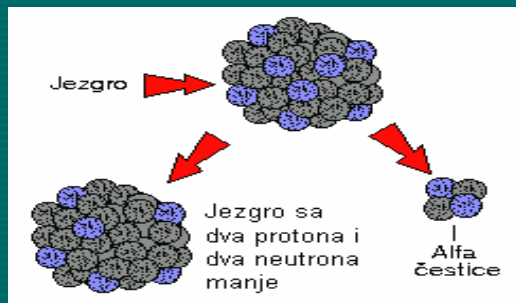
RADIOAKTIVNOST

Radioaktivnost

(spontani nuklearni proces)

- Radioaktivnost je svojstvo nekih vrsta atoma da im se jezgre spontano mijenjaju i pri tome emitiraju energiju u obliku zračenja. Tu promjenu jezgre nazivamo radioaktivnim raspadom.
- Radioaktivno zračenje mijenja strukturu i svojstva materijala kroz koji prolazi. Najznačajniji efekt pri tome je ionizacija.
- Ionizirajuće zračenje ima dovoljnu energiju da ionizira neke atome u tijelu. Tako nastali atomi narušavaju biokemijske procese u stanicama, što može dovesti do različitih poremećaja u njihovom funkcioniranju i dijeljenju, te konačno do nastanka ozbiljnih bolesti.
- U ionizirajuće zračenje spadaju α, β, γ X zrake, kozmičko zračenje i neutroni.

α, β, γ zračenje



- Općenito



- α –zračenje
 - jezgre spontano emitiraju nakupinu od dva protona i dva neutrona u obliku jezgre ${}_2^4\text{He}$
 - pri tome se takva jezgra pretvara u novu jezgru sa dva protona i dva neutrona manje. Taj proces nazivamo α -raspadom, a izbačene jezgre ${}_2^4\text{He}$ α -česticama

α, β, γ zračenje



- β –zračenje

β -minus raspad

- jezgre spontano mijenjaju svoju građu tako da se jedan neutron u njima pretvara u proton ,pri tome jezgra izbacuje dvije čestice , elektron i antineutrino

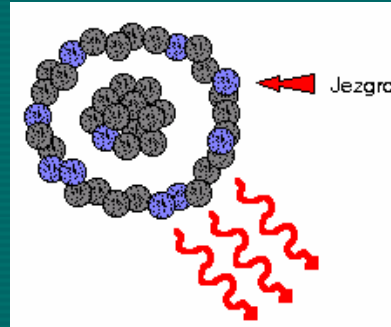


β -plus raspad

- proton u jezgri pretvara se u neutron ,a iz jezgre izlječu antielektron i neutrino.



α, β, γ zračenje



- γ –zračenje

-kada se jezgra nalazi u nekom pobuđenom stanju tj, na nekoj višoj energijskoj razini energije E_n može prijeći u nižu energijsku razinu energije E_m emisijom γ -fotona.

-javlja se poslije čestične emisije i uvijek ga emitira jezgra nastala radioaktivnim raspadom.

Mjerne jedinice

- Energija zračenja
 - jedinica za energiju je džul (J) ,no ona je prevelika za opisivanje zračenja,pa se koriste manje jedinice : elektronvolti ;
 $1\text{eV}=1.602\cdot 10^{-19}\text{J}=3.826\cdot 10^{-23}\text{kcal}.$
- Poluvrijeme raspada
 - vrijeme potrebno da se početni broj atoma smanji na polovicu.
 $\tau=\ln 2/\lambda$
- Radioaktivnost izvora
 - aktivnost je broj raspadnutih jezgri nekog radioaktivnog izvora u jedinici vremena. $\dot{A}=N/T$
 - jedinica je becquerel (Bq) i znači jedan raspad u jednoj sekundi. Prije se koristila jedinica Curie(Ci)koja je mnogo veća od Bq i iznosi $3.7\cdot 10^{10}$ raspada u sekundi.

Mjerne jedinice

- Energetska doza

- upijena energija zračenja po jedinici mase u kojem se događa upijanje naziva se energetska doza (D).

- jedinica za energetska dozu je Grey (Gy) predstavlja apsorpciju energije 1J u masi 1kg.

$$D=W/m=[Gy]$$

- Ionizacijska doza

- definira se kao naboj oslobođen prelaskom zračenja u jedinici mase tijela u kojoj dolazi do ioniziranja.

- jedinica je rontgen (R): $1R=2.58 \cdot 10^{-4} C/1kg$ zraka.

Ekvivalentna doza

- jedinica je sivert (Sv)

$$H=D \cdot Q$$

Detektori ionizirajućeg zračenja

- UVOD

- Osnovni princip:

pohrana energije čestice koje se detektiraju te njene pretvorbe u signal koji je dostupan ljudskoj percepciji.

- na samim počecima korišteni su detektori čiji se signal mogao izravno vidjeti.

- Detektori današnjice su u biti “električni”.

- Pod pojmom detektor često se podrazumijeva osim uređaja i pripadna elektronika.

Detektori ionizirajućeg zračenja

- Ionizacijski detektori:
- prvi električni uređaji za detekciju zračenja.
 - ionizacijska komora
 - proporcionalna komora
 - Geiger – Muller-ov brojač
- različitih su dimenzija ,oblika svojstava.
- svaki dizajn je optimiziran za određenu mjernu situaciju.

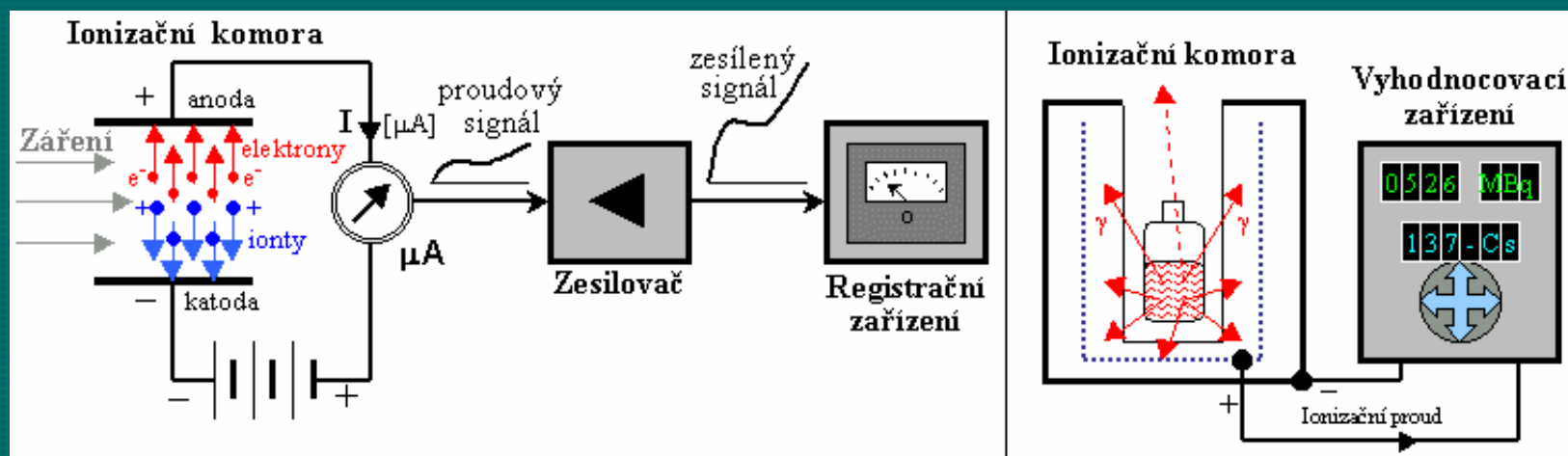
Detektori ionizirajućeg zračenja

- Ionizacijska komora
- Prikladne su za niske energije elektrona i fotona.
- Posebna posuda u kojoj se nalaze dvije elektrode (anoda i katoda) spojene na visoki napon.
- U posudi se obično nalazi plemeniti plin (detekcijski materijal) , jer u njemu prije dođe do multiplikacije nego u onima složenijih molekula.

Detektori ionizirajućeg zračenja

- Radioaktivno zračenje koje dospijeva u aktivnu zapreminu komore ionizira plin.
- Pod utjecajem električnog polja pozitivni ioni putuju prema katodi (negativnoj elektrodi), a elektroni prema anodi (pozitivnoj elektrodi).
- Kretanje naboja dovodi do strujnog pulsa koji se registrira mjernim uređajem.
- Ionizacijska komora ima relativno mali napon među elektrodama, no on mora biti dovoljno velik da skoro u potpunosti razdvoji elektrone i pozitivne ione i u isto vrijeme dovoljno mali da ne ubrzava elektrone do te mjere da na putu do anode mogu ponovo ionizirati atome detektorskog plina.

Detektori ionizirajućeg zračenja

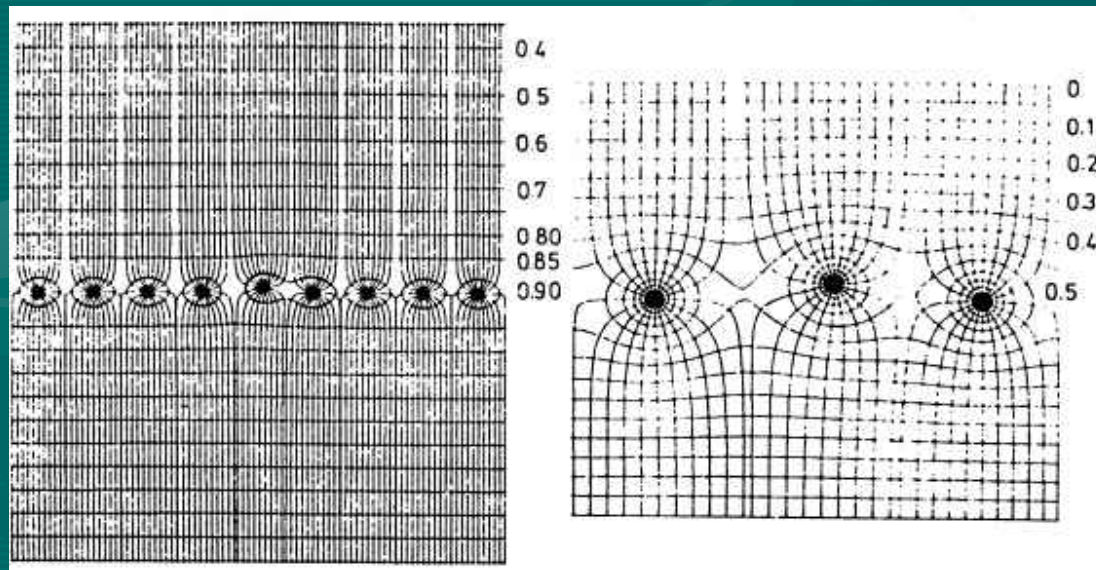
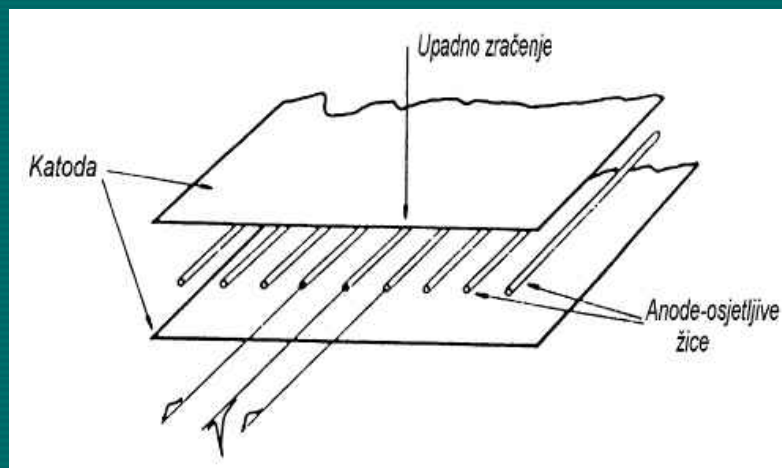


- Veličina elektrického pulsa u ionizační komoře je proporcionalna broju nastalich ionskih parova (iona-elektrona), odnosno energiji upadne čestice.
- Sa ovakvim detektorom možemo mjeriti energije upadnog zračenja.

Detektori ionizirajućeg zračenja

- **Proporcionalna komora**
- Povećanjem napona između anode i katode elektroni se jače ubrzavaju te ioniziraju detektorski plin.
- Novonastali elektroni mogu ponovo izazvati ionizaciju ; to se događa u uskom području oko anode , gdje vlada jako polje.
- Ukupan broj nastalih ionskih parova proporcionalan je početnom broju ionskih parova (primarna ionizacija) i naponu.
- Od posebne važnosti za današnju modernu fiziku su proporcionalne komore s mnogo žica (Multiwire Proportional Chamber.)

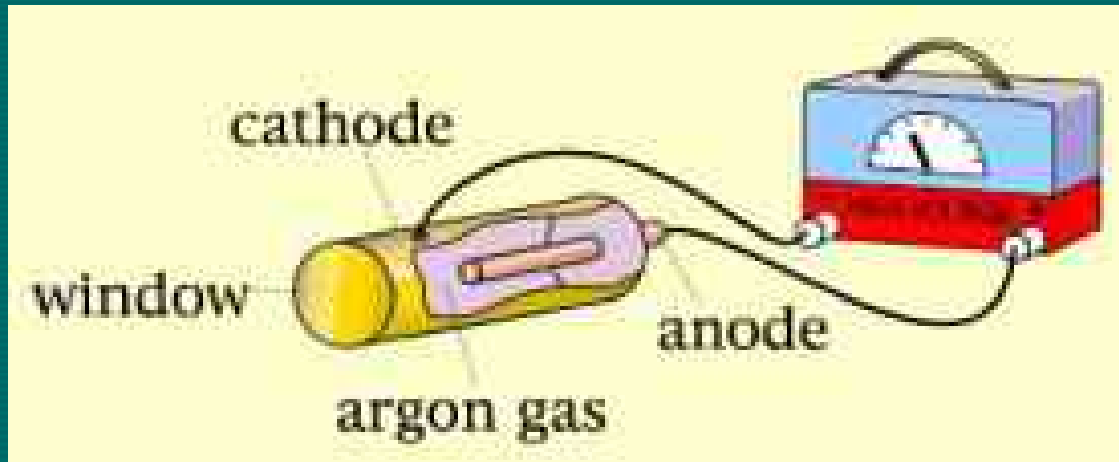
Detektori ionizirajućeg zračenja



Detektori ionizirajućeg zračenja

- Geiger-Muller-ov brojač
- Daljnjim povećanjem napona među elektrodama elektroni se tako jako ubrzavaju da snažno ioniziraju atome , a potom to čine novonastali elektroni.
- proces ionizacije se višestruko ponavlja i nastaje prava lavina elektrona; količina skupljenog naboja je vrlo velika i ne ovisi o primarnoj ionizaciji (energiji upadne čestice).
- Geiger-Muller može samo detektirati prisutstvo zračenja i ništa više.

Detektori ionizirajućeg zračenja

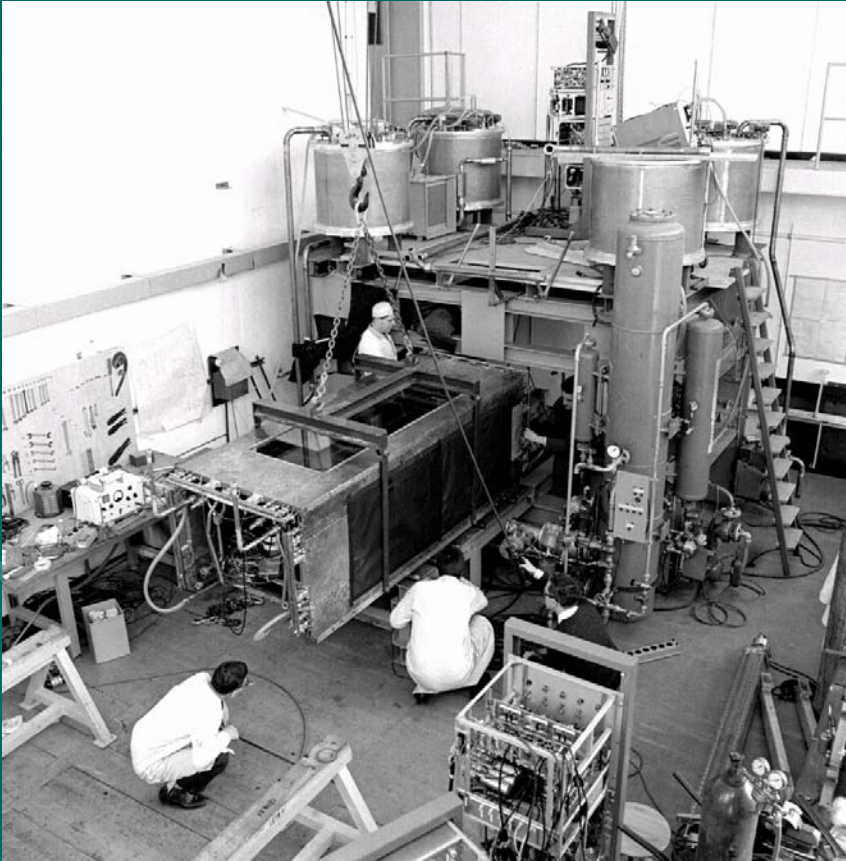


Detekcija ljudskom percepcijom

- **Wilsonova komora**

- mesingane valjkaste posude u kojoj se kao u parnom valjku može slobodno kretati klip.
- posuda je ispunjena zasićenom parom vode, helija dušika ili argona.
- izvor radioaktivnog zračenja stavlja se unutar aktivne sredine
- naglim povećanjem tlaka para se prvo sabije, a zatim smanjivanjem tlaka dolazi do širenja pare (temperatura se snizi) te prelazi u prezasićeno stanje.
- para se u takvom stanju lako kondenzira u tekućinu

Detekcija ljudskom percepcijom



- prolaskom samo jedne alfa čestice stvara se tisuću parova iona koji postaju centri kondenzacije pare.
- Na taj način formiraju se kapljice tekućine koje stvaraju tragove vidljive ljudskim okom.

Detektori ionizirajućeg zračenja

- Poluvodički detektori
 - manji su , mehanički stabilniji i pristrani (dodatni) napon nije potreban.
 - mala površina omogućuje blizinu površine detekcije prema zračenoj površini.
 - značajke ovise o izboru materijala u samoj izradi poluvodića.

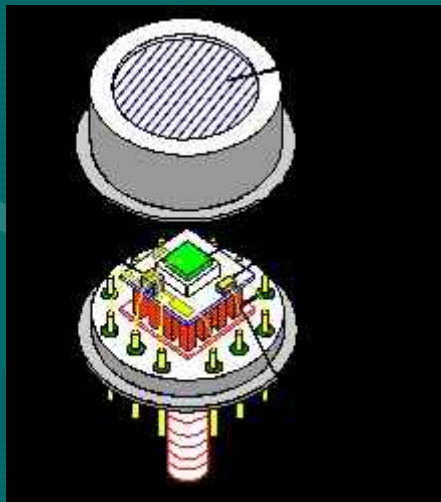
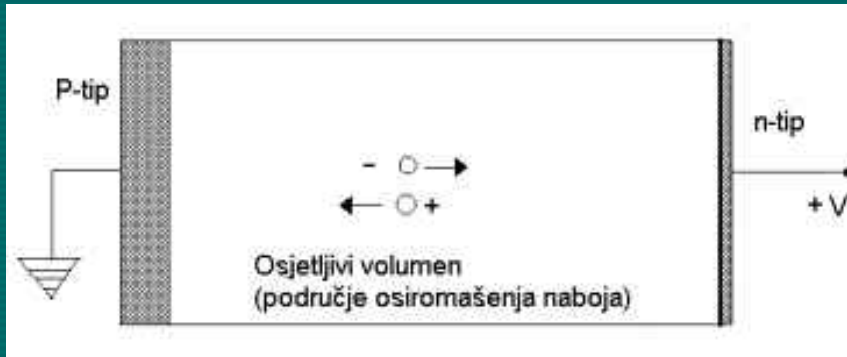
Detektori ionizirajućeg zračenja

- Intrinsičan poluvodič : poluvodič čija se rešetka sastoji od samo jedne vrste atoma.
 - Vodljivost uglavnom dolazi od termičkih pobuđenja kristalne rešetke.
- Ekstrinsičan poluvodič:
poluvodič kojem se električna svojstva mijenjaju uvođenjem kemijskih dodataka (primjesa) u kristal.
 - Takav proces nazivamo doping.

Detektori ionizirajućeg zračenja

- ako je primjesa iz V skupine periodnog sustava (N,P,As,Sb) radi se o donorskim atomima i dobiva se N-tip poluvodiča.
- Ako je primjesa iz III. skupine periodnog sustava (B,Al,In,Ga) radi se o akceptorskim atomima i dobiva se P-tip poluvodiča.
- P-N tip poluvodiča
 - **osnovno svojstvo:** pri jednom polaritetu stalnog priključenog napona vodi struju praktički bez otpora ,a promjenom polariteta napona daje vrlo veliki električni otpor (dioda).
 - rade u zapornom režimu.
 - primjenjuju se veliki naponi ($\sim 2000V$)

Detektori ionizirajućeg zračenja



Zanimljivosti

- Intenzitet zračenja ovisi o geografskoj širini. Veći je prema plovima i raste s nadmorskom visinom.
- Vjerojatnost umiranja zbog istjecanja radioaktivnost iz nuklearne elektrane jednaka je vjerojatnosti smrti zbog toga što vas je udario meteorit.
- Naše vlastito tijelo godišnje zrači četrdeset puta intenzivnije nego da stanujemo u blizini nuklearne elektrane.
- Mršaviji ljudi su “radioaktivniji” od debelih zato što imaju manje sala koje apsorbira zračenje iz vlastitog tijela.
- Jedan sat leta u zrakpolovu ozrači putnika približno četiri puta više nego cijela nuklearna industrija u godinu dana.
- Male doze mogu poslužiti u konzerviranju hrane.

Zaključak

- U ionizirajuće zračenje spadaju α, β, γ X zrake , kozmičko zračenje i neutroni.
- Osnovni princip rada detektora je pretvorba energije zračenja u signal dostupan ljudskoj percepciji.
- Detekcija je doprinjela razvoju i razumjevanju moderne fizike.