



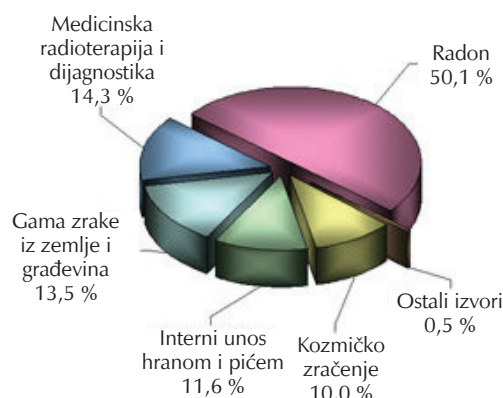
N. Bolf*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu
Savska c. 16/5a, 10 000 Zagreb

Ionizirajuće zračenje

Prisutnost prirodnog pozadinskog zračenja neizbježno je i svi smo mu izloženi. Ovisno o mjestu stanovanja, udišemo male količine radioaktivnog plina radona. Tlo i objekti oko nas ponešto su radioaktivni. Naša tijela dobivaju prirodnu radioaktivnost iz hrane i pića, a kozmičke zrake kontinuirano nas obasipaju.

Budući da, u općem smislu, zračenje ne možemo osjetiti, često postoji neopravdan, a ponekad i opravdan razlog za strah. Međutim, zračenje nam donosi i veliku korist, osobito u zdravstvu za dijagnostičke postupke, ali i pri analizi tvari.



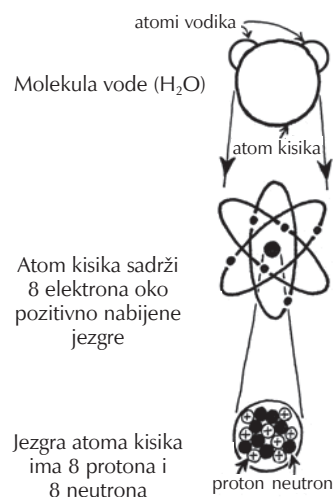
Slika 1 – Tipični izvori zračenja kojima podliježu ljudi. Ukupna godišnja ekvivalentna doza je 0,0026 Sv, ali pojedinačne doze mogu se znatno razlikovati.

Što je zračenje ili radijacija?

Zračenje je energija koju prenose elektromagnetski valovi ili čestice u gibanju. Elektromagnetski valovi razlikuju se prema valnoj duljini i energiji koju nose. Kvantna mehanika predviđa da se elektromagnetski valovi vrlo kratke valne duljine vladaju kao nenabijene čestice koje zovemo fotoni. Taj dualizam se u fizici očituje tako što elektromagnetsko zračenje pokazuje i valna i čestična svojstva.

Ioni su atomi s manjkom ili viškom elektrona. *Ionizirajuće zračenje* je zračenje koje ima dovoljno energije da izbije elektrone iz atoma i tako proizvodi ione. Rendgenske i gama zrake oblici su ionizirajućeg zračenja. Ionizacija može pokrenuti kemijske procese, kao što je proces stvaranja fotografske rendgenske snimke. S druge strane, kemijski procesi inducirani zračenjem mogu dovesti do bioloških učinaka poput uništavanja tumora.

Energiju zračenja ne nose samo fotoni. Elektroni, koji se nazivaju i *beta čestice*, negativno su nabijene čestice male mase. Protoni su pozitivno nabijene čestice veće mase. Neutroni imaju masu sličnu protonima, ali nisu nabijeni. Kao što znamo, opisane čestice čine atome. *Alfa čestice* su osobito stabilne skupine dvaju protona i dva neutrona. Sve vrste atomskih čestica mogu prenositi energiju.



Slika 2 – Molekula vode

Izvori ionizirajućeg zračenja

Izvori zračenja mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine: *prirodno radioaktivne atome* i *umjetne izvore* koji nastaju ubrzavanjem i/ili usporavanjem nabijenih čestica.

Neke jezgre prirodno se raspadaju jer su nestabilne. Taj proces naziva se *radioaktivni raspad*. Radioaktivne jezgre mogu se proizvesti i umjetno. Kad se dijelovi jezgre preraspodjele da bi oslobodili energiju i postali stabilni, obično emitiraju gama zrake i druge čestice.

Na nabijene čestice u električnom polju djeluje sila. Stoga se nabijene čestice mogu ubrzati tako da ostvare vrlo visoke energije. Naglim usporavanjem nabijenih čestica stvaraju se rendgenske (X-) zrake. *Rendgensko zračenje* također se javlja prilikom pre-

* Prof. dr. sc. Nenad Bolf
e-pošta: bolf@fkit.hr

raspodjele atoma pri čemu se oslobađa energija. Takve zrake nazivaju se karakteristične rendgenske zrake. Te zrake su "karakteristične" za svaki element kada elektroni iz vanjske ljuske prelaze i pune slobodni prostor u unutarnjoj ljuski atoma. Otkrio ih je 1909. Charles Glover Barkla za što je 1917. dobio Nobelovu nagradu.

Mjerenje zračenja i mjerne jedinice

Zračenje nije lako izmjeriti. Budući da ga ne možemo registrirati našim osjetilima, potrebno ga je mjeriti neizravno. Postupak mjerenja možemo smatrati deponiranjem radijacije. Količina deponirane energije po jedinici mase u materijalu naziva se "apsorbirana doza". Izvedena SI jedinica apsorbirane doze je gray (Gy) što predstavlja *joule po kilogramu* (J kg^{-1}). Gray je dobio ime po britanskom fizičaru Louisu Haroldu Gray (1905. – 1965.), osnivaču radiobiologije koja se bavi učincima zračenja na živo tkivo i biološke sustave.

Ionizirajuća zračenja razlikuju se u načinu interakcije s biološkim tvarima, tako da iste apsorbirane doze ne moraju uvijek imati iste biološke učinke. Ekvivalentna doza (engl. RBE – *relative biological effectiveness*) predstavlja apsorbiranu dozu korigiranu s faktorom relativne učinkovitosti uzrokovanja biološke štete. Ekvivalentna doza za tkivo računa se tako da se apsorbirana doza množi s faktorom linearnog prijenosa energije Q , koji ovisi o vrsti radijacije, i s faktorom N , koji ovisi o svim ostalim faktorima.

Jedinica ekvivalentne doze (RBE) je sievert (Sv) – također J kg^{-1} . Izvedena SI jedinica nosi ime po švedskom fizičaru i liječniku Rolfu Sievertu poznatom po mjerenju radijacije i istraživanju bioloških posljedica radioaktivnosti i zaštite od zračenja.

Za beta, gama i X-zrake, 1 Gy je isti kao i 1 Sv. Međutim *neutroni* i *alfa čestice* su štetniji, za njih 1 Gy vrijedi između 5 i 20 Sv.

Bekerele (Bq) jeste izvedena jedinica SI sustava za radioaktivnost. 1 bekerel je aktivnost određene količine radioaktivnog materijala u kojem se desi 1 raspad jezgra atoma u 1 sekundi (jedinica: s^{-1}). Henri Becquerel je 1903. zajedno sa supružnicima Curie dobio Nobelovu nagradu za fiziku za rad na otkriću radioaktivnosti.

Instrumenti za mjerenje zračenja




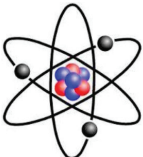

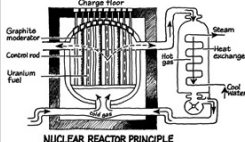

Postoji velik broj instrumenata za mjerenje različitih vrsta zračenja, različitih mjernih područja i točnosti. U radiografiji poput rendgena pluća, varijacija prodorne snage rendgenskih zraka u kostima i tkivu daju rendgensku sliku. Ionizacijska komora za mjerenje ionizirajućeg zračenja prikuplja naboj od iona u plinu. Budući da se većina energije apsorbirane zračenjem na kraju ispoljava kao toplina, moguće je izravno mjeriti porast temperature zbog zračenja primjenom kalorimetra. Uređaji tog tipa primjenjuju se kao primarni standardi za apsorbirane doze. Postoji i veći broj drugih **mjernih načela** prilagođenih konkretnoj namjeni.

Za određivanje radioaktivnosti materijala potrebne su dvije informacije: aktivnost i način raspada jezgre. Te informacije ovise isključivo o prisutnosti pojedinih radioaktivnih jezgri, pa se aktivnost, u pravilu, određuje za svaki pojedini slučaj.

Tipične količine zračenja

	Ekvivalentna doza (Sv)
Doza potrebna za steriliziranje medicinskih proizvoda	25 000
Tipična ukupna doza kod radioterapije pri tretiranju tumora	60
Zakonska granica doziranja radnika	0,02
Prosječna godišnja doza iz svih izvora	0,008
Prosječna godišnja doza iz prirodnih izvora	0,002
Tipična doza pri snimanju pluća Rendgenom	0,00002
Prosječna doza tijekom leta između europskih gradova	0,00001

Kratka povijest otkrića zračenja

	1895.	Röntgen otkriva X-zrake i uzroke fluorescence
	1898.	Marie i Pierre Curie otkrivaju radioaktivne elemente radij (Ra) i polonij (Po)
	1905.	Einstein postavlja relaciju između mase i energije $E = mc^2$
	1913.	Bohr predlaže model atoma
	1910. – 1926.	Ekspерimenti s balonima u višoj atmosferi potvrđuju postojanje kozmičkog zračenja
	1942.	Fermi ostvaruje prvu samoodržujuću lančanu reakciju. Počinje era kontroliranog otpuštanja nuklearne energije u nuklearnim reaktorima
	1979.	Nobelova nagrada Hounsfieldu i Cormacku za izum CT skenera

Literatura

- <http://www.npl.co.uk> (25. 7. 2018.).
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Gray_\(unit\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Gray_(unit)) (25. 7. 2018.).
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Sivert> (25. 7. 2018.).
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Ioniziraju%C4%87e_zra%C4%8Denje (25. 7. 2018.).
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Ioniziraju%C4%87e_zra%C4%8Denje#Ekvivalentna_doza_ili_dozni_ekvivalent (25. 7. 2018.).