

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **30** (2002/2003)

Številka 5

Strani 261-266, XVIII

Irena Mele, Metka Kralj in Nadja Železnik:

OH, TO SEVANJE!

Ključne besede: fizika, sevanje, mehansko valovanje, elektromagnetno valovanje, sevanje delcev.

Elektronska verzija:

<http://www.presek.si/30/1524-Mele-Kralj-Zeleznik.pdf>

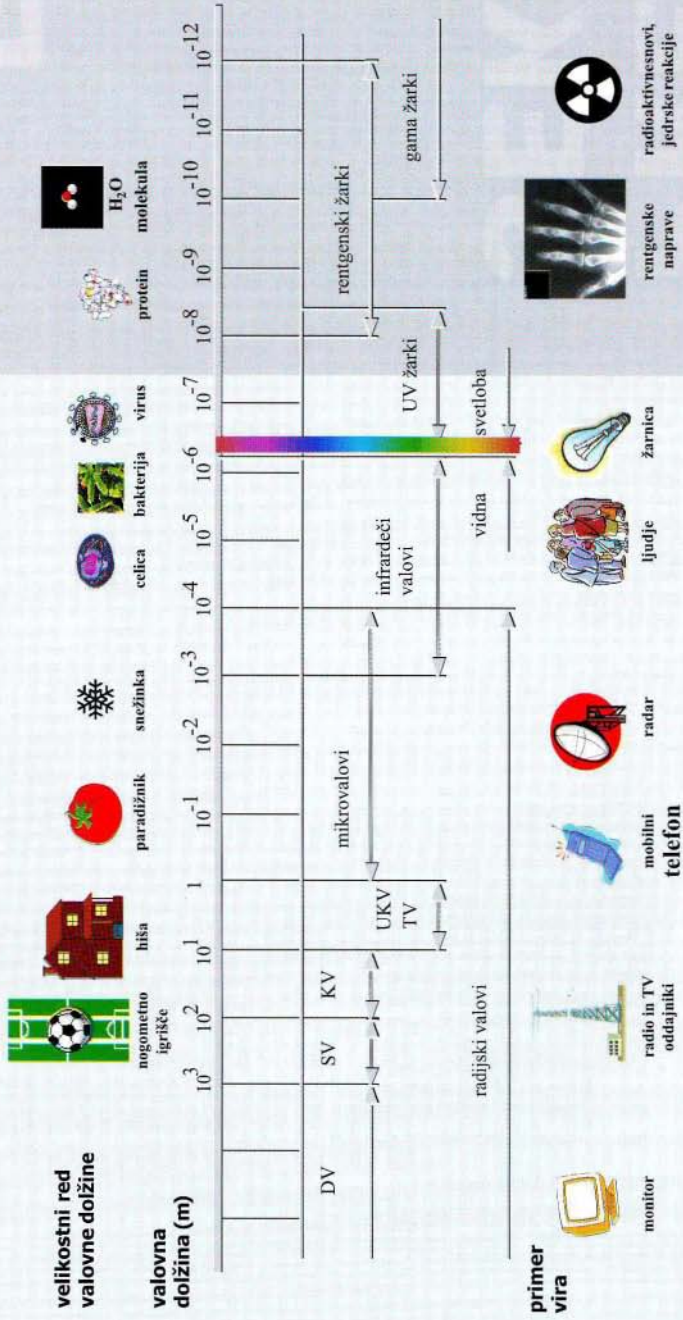
© 2003 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

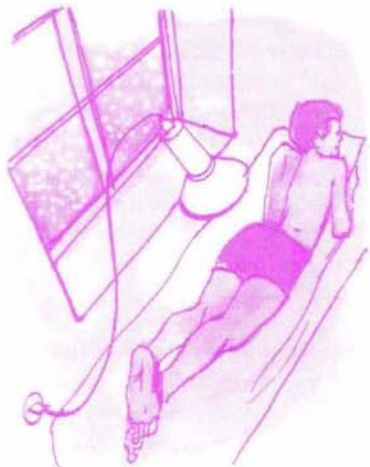
NEIONIZIRAJOČA SEVANJA

IONIZIRAJOČA SEVANJA



Slika 2. Spekter elektromagnetnega valovanja s prikazom posameznih skupin valov, valovnimi dolžinami, primeri virov in predmeti, ki ponazarjajo velikostni red valovnih dolžin posameznih skupin valov.

OH, TO SEVANJE!



Kaj vse je sevanje?

Sevanje, žarki, radiacija so besede, ki jih v našem vsakdanjem življenju pogosto srečujemo. Včasih nam te besede ponazarjajo nekaj svetlega in zaželenega, nekaj, zaradi česar je življenje lepše. Drugič, predvsem tedaj, ko jih povezujemo s tehnologijo, nam vzbujajo neprijetne občutke. Nekateri te besede povezujejo tudi z idejami, ki so povezane s področjem mejnih znanosti ali celo praznoverja, vendar bomo to pojmovanje sevanja tu pustili ob strani.

Sevanje obstaja, odkar obstaja vesolje. Je normalen del narave in življenja. Svetloba, toplota, radijski valovi, sevanje radioaktivnih snovi, celo zvok so primeri sevanj, s katerimi se srečujemo vsakodnevno. Naše telo je vsak trenutek izpostavljeno različnim virom sevanja. Sevanje prihaja tudi iz vesolja. Sevanje Sonca vsi dobro poznamo in tudi vemo, da je močnejše, čim više gremo. Manj vemo o kozmičnem sevanju, to je toku delcev, ki z veliko energijo priletijo iz globin vesolja v našo atmosfero. Tudi to sevanje z višino narašča. Čim više v gore se vzpnemo, tem več ga prejmemo; še več, če letimo z letalom.

Sevanje prihaja tudi iz zemeljske skorje. Minerali vsebujejo radioaktivne elemente, ki oddajajo sevanje ob svojem razpadu, zato je sevanje vsakdanji spremljevalec dejavnosti, s katerimi posegamo v globlje geološke plasti. Z njim se srečujemo v rudnikih, v podzemnih jamah, pa tudi mineralne vode in topli vreli, ki prihajajo iz globin, nosijo s seboj radioaktivne snovi, ki oddajajo sevanje.

Ne nazadnje je vir sevanja tudi človek sam. Oddajamo toploto, sevamo pa tudi zaradi radioaktivnih snovi, ki so prisotne v telesu vsakogar: v kosteh se kopičita radioaktivni polonij in radij, v mišicah se nabirata radioaktivni ogljik in kalij, v naših pljučih se zadržujejo radioaktivni žlahtni plini.

Velika večina teh sevanj je naravnega izvora in je torej del našega naravnega okolja, le zelo majhen del je plod človekove dejavnosti in razvoja tehnologije.

O večini teh pojavov niti ne razmišljamo kot o sevanju. Če govorimo o sevanju, danes večina ljudi pomisli na sevanje radioaktivnih snovi, včasih še na sevanje mobilnih telefonov, računalniških in televizijskih zaslonov ali sevanje v mikrovalovnih pečicah. Na splošno je razširjeno prepričanje, da so sevanja nevarna in zdravju škodljiva. Kaj je res in kaj ni res? Zakaj so nekatera sevanja na tako slabem glasu, za druga pa se niti ne zmenimo? Je strah pred sevanji upravičen ali je plod pretiravanja? Je to posledica dejstva, da za veliko večino sevanj človek nima ustreznih čutil (oči, ušesa, nos, jezik in koža se nanje ne odzovejo)? Zaznamo jih le z instrumenti, brez njih pa ne moremo vedeti, kakšno je sevanje v naši okolici. Ali je razlog za strah morda dejstvo, da o sevanju ne vemo dovolj?

Definicija sevanja ni enolična

Fiziki sevanje opisujejo kot **pojavnost, pri katerem se energija iz vira širi v obliki delcev ali valovanja**. Sevanje je torej oddajanje in razširjanje valovanja ali delcev in s tem energije v prostor. Vendar uporaba pojma sevanje ni enolična; poleg pojma oddajanja in širjenja valovanja in delcev v prostor se lahko pojem sevanja uporablja tudi za energijo, ki se širi pri tem pojavu.

Od energije valovanja ali delcev, ki jih vir oddaja, je odvisno, kakšen učinek bo sevanje imelo na snov, skozi katero gre ali jo na svoji poti zadene. Če je ta energija dovolj velika, bo sevanje pri prehodu skozi snov iz atomov izbilo elektrone. V snovi se pojavijo ioni in zato taka sevanja imenujemo ionizirajoča sevanja. Sevanja, ki nimajo dovolj velike energije, da bi povzročila nastanek ionov, pa so neionizirajoča sevanja. Kadar govorimo o valovanju, namesto o energiji, raje razmišljamo o valovni dolžini ali pa frekvenci. Obe sta neposredno povezani s količino energije, ki se prenaša z valovanjem. Daljša valovna dolžina in hkrati nižja frekvenca sta značilni za neionizirajoče sevanje. Krajša valovna dolžina in hkrati večja frekvenca pa sta značilnosti ionizirajočega sevanja.



Slika 1. Valovna dolžina λ je razdalja med dvema sosednjima valovnimi vrhovoma ali valovnimi dolinama. Frekvenca ν je povezana z valovno dolžino z enačbo $c = \lambda\nu$. Enota za valovno dolžino je m, za frekvenco pa s^{-1} ali Hz.

Če je živo bitje izpostavljeno ionizirajočemu sevanju, se tudi v njegovih celicah in v medcelični pojavi ioni in prosti radikali, kar ima lahko škodljive učinke. Življenje v okolju, kjer so viri ionizirajočega sevanja, je torej lahko tvegano. Zato so ti viri pod nadzorom.

Vrste sevanj

V grobem lahko sevanja razdelimo na:

- sevanja, pri katerem vir oddaja mehansko valovanje,
- sevanja, pri katerem vir oddaja elektromagnetno (EM) valovanje in
- sevanja, pri katerem vir oddaja delce.

Iz praktičnih razlogov za ta sevanja velikokrat uporabljamo krajše izraze kot elektromagnetno sevanje ali sevanje delcev. Po analogiji lahko tudi oddajanje mehanskega valovanja poimenujemo mehansko sevanje, vendar ta izraz pri nas ni pogost.

Mehansko sevanje

Mehansko valovanje se lahko širi samo skozi snov, zato je mehansko sevanje možno le v mediju, ki je plin, tekočina ali trdna snov. Najznačilnejši in najbolj znan predstavnik mehanskega valovanja je zvok, ki se od vira širi v obliki zgoščin in razredčin. Kot mehansko valovanje zvok za razširjanje nujno potrebuje medij. Brez snovi, po kateri se širi, tudi zvoka ni.

Elektromagnetno sevanje

Elektromagnetno sevanje zajema valovanja zelo različnih valovnih dolžin. Ker med elektromagnetnimi valovi različnih območij valovnih dolžin obstajajo precejšnje razlike, so se za posamezna območja valovnih dolžin uveljavila različna imena, vse skupaj pa imenujemo elektromagnetni spekter (slika na II. strani ovitka):

- radijski valovi (vključno s televizijskimi in mikrovalovi),
- infrardeči ali toplotni valovi (tudi infrardeči žarki ali infrardeča svetloba),
- svetloba (tudi vidna svetloba),
- ultravijolični (UV) žarki (tudi ultravijolično sevanje ali ultravijolična svetloba),
- rentgenski žarki (tudi rentgensko sevanje) in
- žarki gama (tudi gama sevanje).

Poimenovanje območij v spektru ni enolično, ampak se za posamezna območja v pogovornem in strokovnem jeziku uporablja več različnih besednih zvez kot npr. žarki, valovi, sevanje, svetloba (zgoraj že nakazano v oklepajih).

Ultravijolični žarki s krajšimi valovnimi dolžinami, rentgenski žarki in žarki gama se uvrščajo med ionizirajoča sevanja, neionizirajoča sevanja pa so radijski valovi vključno z mikrovalovi, infrardeča svetloba, vidna svetloba in ultravijolična svetloba z daljšimi valovnimi dolžinami.

Razpon valovnih dolžin **radijskih valov** je izredno velik – od več 1000 km do nekaj desetim mm (dolgi valovi, srednji valovi, kratki valovi, ultrakratki valovi in televizijski valovi, mikrovalovi). **Televizijski valovi** imajo valovno dolžino od 1 do 3 m, **mikrovalovi** pa od desetine mm do 1 m.

Radijske valove oddajajo različne kombinacije in izvedbe anten. Energija, ki jo oddajajo, ni zelo velika, zato zdravju niso posebej nevarni. Zanj človek nima posebnih čutil. Radijski in televizijski valovi so pomembni prenosniki informacij, mikrovalove pa uporabljajo radarji.

Infrardeči valovi imajo valovno dolžino od 1 mm do 0,8 tisočin mm. Oddajajo jih segreta telesa in jih imenujemo tudi toplotni valovi. Z njimi lahko snov segrejemo. Čutilo za toploto imamo v koži, ker pa čutnice niso enakomerno razporejene, so nekateri deli telesne površine za toploto bolj občutljivi, drugi pa manj.

Elektromagnetno valovanje z valovnimi dolžinami od 0,8 do 0,4 tisočin mm človeško oko lahko zazna. Ta del spektra imenujemo **vidna svetloba**. Različne valovne dolžine zaznavamo kot različne barve. Tudi vidno svetlobo sevajo močno segreta telesa. Čim višja je temperatura telesa, tem krajša je valovna dolžina svetlobe, ki jo telo seva. Svetloba z najmanjšimi valovnimi dolžinami je modre in vijoličaste barve. Tudi ta vrsta sevanja za živa bitja ni nevarna.

Elektromagnetno valovanje s še manjšimi valovnimi dolžinami – od 0,4 tisočin do 5 milijonin mm – je **ultravijolično sevanje**. Oddajajo ga telesa pri zelo visokih temperaturah ali nastane ob razelektritvah v plinih. Človeško oko tega sevanja ne zaznava, ker zanj nima ustreznih vidnih pigmentov, nekatere žuželke pa vidijo tudi v ultravijolični svetlobi. Človek nekaj ultravijoličnega sevanja potrebuje, saj pod njegovim vplivom v koži nastaja vitamin D, ki je potreben za vgrajevanje kalcija v kosti. Večje količine takega sevanja so lahko za kožo nevarne, povzročajo opekline, zdravniki pa opozarjajo, da dolgotrajno izpostavljanje temu sevanju lahko povzroči tudi kožnega raka.

Rentgensko sevanje ima zelo majhno valovno dolžino – od 10 milijonin do 1 milijardine mm. To sevanje oddajajo pospešeni elektroni, ki jih zavira polje atomskega jedra težke kovine. Pri tem se del energije izseva v obliki elektromagnetnega valovanja. Tega sevanja živa bitja ne zaznavajo. Ker pa je rentgensko sevanje zelo prodorno in lahko prodre skozi telesno površino do notranjih organov, ga uporabljamo v medicini za slikanje notranjih organov. Mesta v tkivu, ki so gostejša, sevanje bolj zadržijo in na filmu se tam zato pojavi senca.

Sevanje, katerega valovna dolžina je krajša od 1 milijardine mm, imenujemo **sevanje gama**. Nastane tedaj, ko nestabilno atomsko jedro razpade in s tem preide v bolj stabilno obliko. Pri tem se del energije sprosti v obliki elektromagnetnega sevanja gama. Hkrati se spremeni tudi jedro. Pojav imenujemo radioaktivni razpad in je značilen za radioaktivne snovi, ki vsebujejo velika atomska jedra, v katerih število protonov in nevtronov ni uravnovešeno. Sevanje gama nastaja tudi pri jedrskih reakcijah, pri katerih jedra obstreljujemo z delci ali fotoni, ki povzročijo spremembe v jedru. Pri tem jedro lahko izseva tudi enega ali več žarkov gama.

Sevanje delcev

Ob radioaktivnem razpadu nekaterih jeder se poleg elektromagnetnega sevanja gama sproščajo oziroma izsevajo tudi delci – elektroni in helijeva jedra – skupki dveh protonov in dveh nevtronov. Prvo imenujemo **sevanje beta**, drugo pa **sevanje alfa**. Tudi ti dve vrsti sevanja sta ionizirajoči sevanji. Snovi, za katere je značilen radioaktiven razpad, imenujemo **radioaktivne snovi**. Mnoge so prisotne v naravi, lahko pa jih naredijo tudi umetno z obsevanjem v reaktorju ali obstreljevanjem v pospeševalnikih.

Omenimo še **kozmično sevanje**. Kozmični žarki, ki prihajajo do nas iz globin vesolja, so mešanica atomskih jeder (90% protonov – vodikovih jeder, 9,5% helijevih jeder in 0,5% drugih težjih jeder) z zelo veliko energijo. Ob vstopu v našo atmosfero zadevajo ob jedra atomov, ki ozračje sestavljajo in sprožajo različne jedrske pretvorbe. Pri tem nastajajo novi delci, ki kot nekakšni plazovi padajo v spodnje plasti zemeljskega ozračja do zemeljskega površja, nekateri pa prodrejo celo v zemeljsko notranjost.

Koristi in tveganja pri uporabi sevanj

Ker so sevanja že od nekdaj običajen pojav v okolju vseh živih bitij na Zemlji, ni presenetljivo, da se je v razvoju pojavilo mnogo različnih načinov izkoriščanja energije, ki jo sevanje nosi s seboj. Najpomembnejši je gotovo fotosinteza, v kateri rastline lahko izkoristijo svetlobno energijo za izdelovanje organske snovi - sladkorja. Tako rastline zagotovijo hrano

sebi, hkrati pa je fotosinteza neposredno ali pa posredno tudi vir hrane za vsa druga živa bitja na Zemlji.

Dve vrsti sevanja – svetloba in zvok – služita mnogim živalim za medsebojno sporazumevanje in spoznavanje okolice. Mnoge živali svetlobo in zvok zaznavajo in ju tudi oddajajo. Imajo zelo različno občutljive oči; nekaterim zadostuje že zelo malo svetlobe, druge vidijo tudi ultravijolično svetlobo, nekatere ločijo barve, druge ne. Imajo tudi različno občutljiva ušesa; pes na primer sliši bistveno višje frekvence kot človek. Vendar ne človek ne žival ne moreta s čutili zaznati vseh vrst sevanj, ki so prisotna v naravi. Človek je z razvojem znanosti in tehnologije izdelal posebne merilne instrumente, s katerimi je mogoče zaznavati tudi drugovrstna sevanja (sevanje gama ali pa radijske valove).

Razvoj tehnologije ni le razširil spektra sevanja, ki ga lahko zaznavamo, omogočil je tudi koristno uporabo dolgovalovnih in kratkovalovnih elektromagnetnih sevanj, izkoriščamo pa tudi ultrazvok. Z njim je na primer mogoče zelo dobro očistiti kovinske površine, v medicini pa z ultrazvokom tudi preiskujejo notranjost človeškega telesa. Radijski/televizijski oddajnik in radijska/televizijska antena omogočata spremljanje programa, z radarjem je mogoče zaznati predmete, ki so daleč ali v megli, pa tudi mobilni telefoni za prenos informacij izrabljajo radijske valove.

Neionizirajoča sevanja nas v običajnem okolju ne ogrožajo. Pri uporabi ionizirajočih sevanj moramo biti previdni, saj v celicah povzročijo nastanek prostih radikalov, zelo reaktivnih snovi, ki spremenijo delovanje celice. Lahko celo poškodujejo molekulo DNK v celičnem jedru, torej dedno informacijo, ki določa, kaj se bo v celici dogajalo. Prav lastnost, da sevanje poškoduje celico, izrabljamo za uničevanje bakterij in tumorjev. Lastnost, da ionizirajoče sevanje prodira skozi goste in trdne snovi, pa izrabljamo v zdravstvu za preiskave notranjih organov ter v industriji za preiskavo materialov. Če vire ionizirajočega sevanja uporabljamo premišljeno in upoštevamo načela varnega ravnanja z njimi, se nam jih ni potrebno bati.

Svet brez sevanja – mrzel, tih in temen – gotovo ni okolje, kjer bi kdorkoli želel živeti. Pravzaprav to sploh ne bi bilo mogoče. Neionizirajoče in ionizirajoče sevanje nas spremlja od začetka, živa bitja so se razvila ob prisotnosti sevanja. Res je, da sevanja lahko predstavljajo tudi vir tveganja v našem okolju, vendar so dovolj očitne tudi njihove koristi. Proti velikokrat pretiranemu in neupravičenemu strahu pred sevanjem pa se najbolje borimo z znanjem in razumevanjem.

Irena Mele, Metka Kralj, Nadja Železnik