

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 21 (1993/1994)

Številka 6

Strani 342-345

Andrej Likar:

RADON

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/21/1193-Likar.pdf>

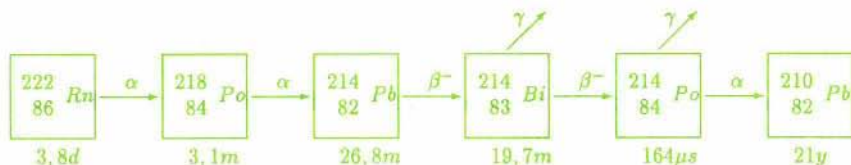
© 1994 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

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

RADON

Radioaktivni plin radon je sestavni del ozračja. Radon (^{222}Rn) je izotop žlahtnega plina $_{86}\text{Rn}$, ki nastaja v naravi z razpadom α radija. Začetnik razpadne verige, ki vodi do radija, je ^{238}U . Ta element je od nekdaj v zemeljski skorji, saj je njegov razpolovni čas, 4,5 milijard let, približno tolikšen kot starost Zemlje. Razpolovni čas radona pa meri le 3,83 dni. V razpolovnem času razpade polovica radioaktivnih atomov, ki so jih imeli v vzorcu na začetku. Po dveh razpolovnih časih je v vzorcu torej le še četrtnina, po treh pa osmina začetnega števila radioaktivnih atomov. Radon razpada, vsak razpad radijevega jedra pa rodi nov atom radona. Koliko radonovih atomov pa se na novo rodi? Število nastalih atomov radona v sekundi v kilogramu zemlje je enako številu razpadov radija, to pa je enako številu razpadov urana ^{238}U . Povprečno aktivnost ^{238}U v enem kilogramu zemlje cenimo na 25 razpadov v sekundi. Na čast francoskemu fiziku Henriju Becquerelu imenujemo en razpad na sekundo Becquerel in ga pišemo okrajšano z Bq. Aktivnost enega kilograma snovi ali enega kubičnega metra zraka bomo imenovali specifična aktivnost, njena enota je Bq/kg ali Bq/m³. Ponekod, kjer so tla bogatejša z uranom, nastaja tudi več radona.



Slika 1. Radonov razpadni niz. Radon razpade z izsevanjem delca α v polonij, niz pa se konča z izotopom svınca. Pod kvadratkami, ki ustrezajo posameznim izotopom, so napisani razpolovni časi, kjer pomeni d dan, m minuto, s sekundo in y leto.

Radon razpada z oddajanjem delcev α , β in sevanja γ po vrsti v kratkožive potomce ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi in ^{214}Po (slika 1). Izotop ^{210}Pb sicer tudi razpada, a ima razmeroma velik razpolovni čas 21 let, zato bomo z njim razpadno verigo zaključili.

Delec α pri letu iz jedra iz atoma iztrga elektron, zato so kratkoživi radonovi potomci ob nastanku pozitivno nabiti. V ozračju se vežejo na prašne delce. Vdihavanje zraka z radonovimi potomci je zdravju nevarno. Pljuča zbirajo prah kot filter, delci α pa poškodujejo občutljivo tkivo. Sam radon zanemarljivo prispeva k obsevanju.

Človek je radonu izpostavljen povsod, najbolj pa v zaprtih prostorih. Radon izpuhneva iz sten in tal in se posebno pozimi nabira v slabo zračenih prostorih. Vdihavanje radonovih potomcev prispeva, v nekaterih področjih sveta, do 50% celotnega obsevanja zaradi naravnih in umetnih radioaktivnih izvirov. Precej radona se sprošča zaradi človekove dejavnosti. Pri pridobivanju in predelavi urana ter skladiščenju jalovine se izpuhnevanje radona na nekaterih mestih poveča. Radon močneje puhti tudi pri sežiganju premoga, zemeljskega plina in uporabi zemeljske toplote. Njegov pogubni vpliv na zdravje so prvi izkusili rudarji v Češkem rudogorju že v 16. stoletju. Za pljučnim rakom so zbolele tri četrtine rudarjev. Vzrok te "gorske bolezni" so odkrili šele v dvajsetih letih tega stoletja.

Tveganje, da bomo zaradi vdihavanja radonovih potomcev zboleli, je sorazmerno s specifično aktivnostjo, to je številom razpadov radona v sekundi v enem kubičnem metru zraka. Ocenimo ga po opazovanju ljudi, ki so bili bolj obsevani. Za primerjavo povejmo, da kadilec, ki pokadi zavojček cigaret dnevno, tvega glede pljučnega raka toliko kot nekadilec, ki živi v prostoru s specifično aktivnostjo radona 750 Bq/m^3 (100 primerov/1000 prebivalcev v 60 letih). Če pomislimo, da so posamezniki zaradi višjih koncentracij radona izpostavljeni tudi mnogo večjim tveganjem, je skrb za zmanjševanje radona v bivalnih prostorih razumljiva.

Specifične aktivnosti radona v zraku so najnižje nad oceani, zaledenelimi površinami in otoki, pod 1 Bq/m^3 , nad kopnim med 1 in 10 Bq/m^3 , v zaprtih prostorih med 10 in 1000 Bq/m^3 , v jamah, rudnikih in nekaterih toplicah pa dosežejo do nekaj tisoč Bq/m^3 in več. V mnogih državah sistematično merijo njegovo koncentracijo predvsem v vrtcih, šolah in stanovanjskih hišah, kjer je večinoma specifična aktivnost radona manjša kot 100 Bq/m^3 .

Oglejmo si nekaj metod za merjenje radona v zraku. Merilne metode temeljijo na štetju delcev α , ki jih sevajo radon in še dva izotopa polonija, ali sevanju γ bizmuta in polonija.

Preprosta je metoda s scintilacijsko celico. Posodo s prostornino okrog 0,2 l znotraj prevlečejo s cinkovim sulfidom, na eni strani pa naredijo okno za fotopomnoževalko. Delci α pri prehodu skozi scintilator sprožijo bliske, ki jih šteje fotopomnoževalka. Zrak z radonom zajamejo v stekleno posodo, v laboratoriju pa z njim preprihajo celico. Meriti začnejo po treh urah, ko je radon v ravnovesju s potomci. Ozadje, to je pogostost bliskov, ki niso povezani z razpadom radona in potomcev, je v taki celici okoli 1/min. Če je v celici zrak s specifično aktivnostjo 250 Bq/m^3 in štejemo eno uro, dobimo 420 ± 20 bliskov od radona in ozadja in 60 ± 8 bliskov iz ozadja. Pri

računanju smo privzeli, da en razpad radona ustreza povprečno okrog dvema bliskoma v celici. Temu pravimo "izkoristek celice". Ne smemo pozabiti, da na en razpad radona pridejo trije delci α , zato je izkoristek lahko večji od ena. Razlika prešteti s sunkov je 360 ± 22 , torej merimo aktivnost radona z napako 6%.

Pri drugem načinu merjenja prečrpajo zrak z znano prostornino skozi filter iz steklenih vlaken, ki zadrži skoraj vse radonove potomce, in merijo energijo izsevanih delcev α . Ta je značilna za posamezne potomce. S tem določijo aktivnost potomcev v zraku, o aktivnosti radona pa ne morejo zanesljivo sklepati.

V stanovanjskih prostorih odloča o izpostavljenosti stanovalcev povprečna specifična aktivnost v daljšem razdobju. Metoda z zbiranjem radona na aktivnem oglju in metoda z jedrskimi sledmi sta namenjeni prav takim merjenjem.

Pri prvi segrevajo posodice z ogljem nekaj ur pri temperaturi nekaj nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, da izženejo adsorbirani radon in vodo. Nato posodice ohladijo in tesno zaprejo. V prostoru posodice odprejo in za nekaj dni izpostavijo zraku. Tesno zaprte posodice nato v laboratoriju po treh urah, ko je radon v ravnovesju s potomci, postavijo na spektrometer γ . Sevanje γ oddajata ^{214}Bi in ^{214}Po takoj po razpadu β^- ^{214}Pb in ^{214}Bi . Iz izmerjene aktivnosti določijo specifično aktivnost radona v prostoru, v katerem je bila posodica odprta.

Pri metodi jedrskih sledi uporabimo košček plastične folije. Delci α pustijo v foliji sledi, ki postanejo z jedkanjem v vročem NaOH vidne (slika 2). Štetje značilnih sledi opravijo z računalnikom na osnovi slike, ki jo posreduje televizijska kamera.

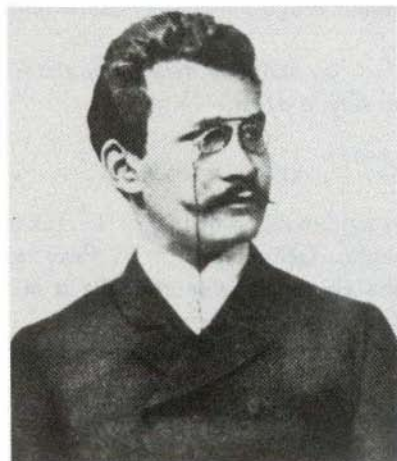


Sledi delcev α po jedkanju v vročem NaOH vidimo kot svetle pike, ko folijo močno osvetlimo s strani. Vsaka folija ima odtisnjeno številko in poseben znak, ki ga prepozna tudi računalnik.

Njihovo število je sorazmerno s časom ekspozicije in specifično aktivnostjo radona v zraku. Detektor moramo zaščititi pred radonovimi potomci v zraku. Zato ga položimo v plastično posodo z zelo ozko špranjo, ki zadrži potomce, v posodo pa spusti le radon. Take dozimetre izpostavimo radonu v prostoru od enega do treh mesecev in z njimi merijo povprečno aktivnost nad 1 Bq/m^3

Andrej Likar

HERMANN MINKOWSKI 1864 - 1909 Ob 130-letnici rojstva



Rusko-nemški matematik Hermann Minkowski se je rodil 22. 6. 1864 v Aleksoti v Rusiji. Doktoriral je na königsberški univerzi, kjer je nato tudi nekaj let predaval, nakar je odšel v Zürich in nazadnje v Göttingen.

Ko je predaval matematiko na züriškem politehnikumu, je tam študiral nemško-švicarsko-ameriški fizik Albert Einstein. Le ta je zelo neredno hodil na predavanja, zato ga je v tistih dneh Minkowski imel za "lene-ga psa". Ko pa je leta 1905 Einstein objavil specialno teorijo relativnosti, jo je Minkowski z navdušenjem sprejel. Einstein je v svojem članku po-

kazal, da je običajna trirazsežna geometrija neprimerna za natančen opis stvarstva. Minkowski je svojem delu Čas in prostor, objavljenem leta 1907, podal ustrezno formalno geometrijsko sliko relativnosti. Pokazal je, da moramo upoštevati čas kot nekakšno četrto razsežnost, čeprav nekoliko drugače kot tri prostorske razsežnosti. Čas in prostor sta tako tesno povezana. Einstein je ta pogled upošteval v svoji splošni teoriji relativnosti, ki pa jo je objavil devet let kasneje, ko je bil Minkowski že mrtev.

Med bolj elementarnimi rezultati Minkowskega je najbolj znana neenakost, ki jo predstavljamo v članku Neenakost Minkowskega na naslednji strani.

Roman Drnovšek