

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 28 (2000/2001)

Številka 4

Strani 196–199, XIII

Jože Pahor:

ZGODBA IZ GANE

Ključne besede: fizika, zgradba snovi, radioaktivnost, nevtronska aktivacijska analiza.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/28/1445-Pahor.pdf>

© 2001 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.

28 (2000-2001)

4

ISSN 0351-6652
DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV
IN ASTRONOMOV SLOVENIJE

**PRE
SEK**

ZGODBA IZ GANE

“O čem bova govorila jutri?” sem vprašal Karla. Sedela sva v vrtu Havelock Tour Inna v Colombu, glavnem mestu Sri Lanke, in pripravljala predavanja za naslednji dan. Morda bi kaj povedala o aktivacijski analizi? V Colombu so se odločili, da pripravijo magistrski študij iz jedrske fizike. Večino predavanj so zmogli sami, naju s Karlom pa je povabila Mednarodna agencija za atomsko energijo, da pomagava pri nekaterih predmetih.

“Zanimivo zgodbico vem,” je rekel Karel. “Morda bi jo uporabila za uvod? V Gani sem na trgu naletel na bakren kipec. Prodajalec je trdil, da je star nekaj sto let. Naj ga kupim? Kako bom vedel, če je pravi ali ponarejen? V Afriki najdemo stare kulture in prav mogoče bi bilo, da je bil kipec res izdelan pred petsto leti.”

Videl sem se na trgu s spominki v Akri. Vročina, vlaga. Oblaki nad nami so se gostili. Bili smo sredi deževne dobe. Množica prodajalcev, ki je oblegala tri kupce. Kipci iz ebenovine, sulice, bobni, maske, kože... Težko se je bilo odločiti za nakup. Ko smo odhajali, nam je kar nekaj prodajalcev sledilo in še vedno ponujalo svoje izdelke.

“Premamilo me je. Ni mi bilo toliko do samega kipca. Bolj me je privlačila želja, da bi raziskal, če je kipec pravi,” je nadaljeval Karel.

“Pa si tudi arheolog?” me je zanimalo.

“Ne, pomagali sta mi kemija, oz. fizika. Bakru, ki ga pridobimo iz rud, je primešano srebro, dostikrat tudi zlato. Zadnjih sto let prečiščujejo baker z elektrolizo. Tako pridejo do primesi, ki so marsikdaj dragocenejše od samega bakra. Pred dobo elektrike za primesi niso vedeli in jih niso znali izločiti. Če je kipec star, vsebuje poleg bakra tudi nekaj srebra. Če je potvorba, vlita nedavno, srebra ne odkriješ.”

“Lahko tebi, ki si kemik,” sem zavidal Karlu, ki se je nasmehnil: “Ravno vi, fiziki, ste omogočili, da hitro preverim, če kipec vsebuje kaj srebra. Kaj pa nevtronska aktivacijska analiza?”

Seveda. Košček srebra, ki ga za nekaj minut izpostavimo obsevanju z nevtroni, postane radioaktiven. To pa pomeni, da oddaja sevanje, tudi ko ga oddaljimo od nevtronskega vira. Radioaktivnosti se je srebro nalezlo zelo hitro, zato ta radioaktivnost tudi hitro usiha. Po desetih ali petnajstih minutah o radioaktivnosti ne bo več niti sledu. Enako velja tudi tedaj, če obsevamo bakreni kipec, ki vsebuje le nekaj srebra. Če torej radioaktivnost kipca, ki jo ugotavljamo z geigerskim ali scintilacijskim števcem, pojema tako, kot to pričakujemo pri srebru, vemo, da je v bakru primes srebra. Kipec je najbrže pristen. Če srebrove aktivnosti ne zasledimo, je kipec iz sodobnega bakra, torej ni mogel biti napravljen pred nekaj stoletji.

Zdaj si oglejmo analizo podrobneje. Najteže je priti do nevtronov. Če imamo raziskovalni jedrski reaktor, nam nevtronov ne manjka. Kadar je reaktor v pogonu, se nevtroni rojevajo pri cepitvah uranovih jeder. Ob rojstvu so ti nevtroni hitri, ob trkih z jedri vodika v vodi, ki obliva uranske palice, se nevtroni upočasnijo. Počasni nevtroni cepijo nova uranova jedra. Marsikateri počasni nevtron pa zadene tudi jedro srebrovega atoma in v njem obtiči, ko spustimo kipec iz Gane v reaktor.

Kaj se torej dogaja srebru v reaktorju? Za kemika je srebro le srebro, fizik pa razlikuje med dvema vrstama srebra: ^{107}Ag in ^{109}Ag . Pri prvem je jedro sestavljeno iz 107 kroglic. 47 je protonov, ki imajo majhen pozitiven naboj, 60 pa je nevtronov, ki so brez naboja. Ko tako jedro v reaktorju pogoltne nevtron, je v jedru kroglica več, zato se imenuje ^{108}Ag . Dodani nevtron je vnesel v jedro nemir. Novonastalo jedro ni stabilno. Prej ali slej se tako jedro spremeni. Izleti elektron, delec z neznatno maso, ki je približno dvatisočkrat manjša od mase protona ali nevtrona, in z nabojem, ki je enak naboju protona, le da je negativen. Ta delec odnaša tudi energijo, saj se giblje. Pojav, da jedra odmetavajo delce in se pri tem spreminjajo, se imenuje radioaktivnost po prvem elementu radiju, ki sta ga zasledila in raziskovala zakonca Pierre in Marie Currie. Pred sto leti, ko so z raziskavami radioaktivnosti začeli, niso vedeli kaj dosti o naravi sevanja, ki je izhajalo iz nekaterih snovi. Sevanje so delili na tri vrste: alfa, beta in gama. Šele kasneje so ugotovili, da gre pri sevanju beta za elektrone. Ime žarki ali delci beta pa se je ohranilo. Od kod pa se je vzela elektron, ki ga v jedru nismo zasledili? Eden od nevtronov se je preobrazil v proton. Nevtron je namreč težji od protona in elektrona skupaj. Tudi z nabojem je vse v redu. Nevtron nima naboja, izleteli elektron in proton, ki je ostal v jedru, imata enake naboje, različne le po predznaku, torej je tudi njun celotni naboj enak 0. Novo jedro s protonom več in nevtronom manj pa ni več srebro, ampak kadmij. Število vseh protonov in nevtronov v jedru je še vedno 108, zato tako kadmijevo jedro imenujemo ^{108}Cd .

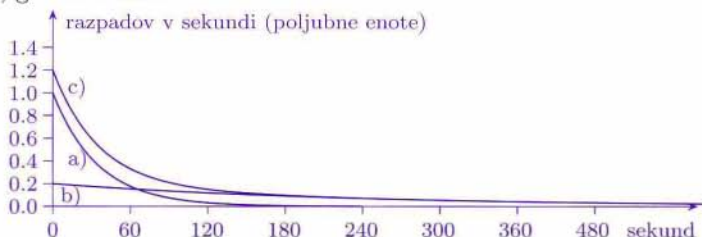
Podobno usodo doživlja ^{109}Ag . Ko pogoltne nevtron, postane ^{110}Ag . Tudi to jedro je nestabilno. Hitro razpade in odda sevanje.

Zdaj, ko smo spoznali, da obe vrsti srebra lahko pogoltneta nevtron, postaneta nestabilna, odmetavata delce in se spremenita v kaj bolj obstojnega, se vprašamo, kako bo naše prepoznavanje srebra sploh delovalo. Poleg srebra vsebuje bakreni kipec lahko tudi druge primesi, ki bodo goptale nevtrone in oddajale sevanje. Tudi samemu bakru bi se utegnilo zgoditi kaj podobnega. Res je, z opisano metodo, ki ji pravimo nevtronska aktivacijska analiza, je mogoče zaznavati mnoge kemijske elemente. Treba pa je nekaj detektivskega duha, da ugotovimo, za kateri element gre.

Nekatera novonastala jedra razpadejo zelo hitro. Še preden jih dvignemo iz reaktorja in pokažemo merilniku radioaktivnosti, bo razpad praktično končan. Nekatera so bolj dolgoživa. Njihov razpad se lahko razteza prek ur ali dni, mesecev ali celo let. Ker ima množica takih jeder za razpad dovolj časa, bodo razpadi le redki in jih bo zato težje zaznati.

Obe različici srebra, fiziki ju imenujemo izotopa, pa imata zelo pripravn razpadna časa. Od 10 000 jeder srebra 108 jih razpade 5 000 v približno 140 sekundah. Za srebro 110 je ta čas le 24 sekund. Posameznih atomov ne znamo prešteti; prav lahko pa je s primernim detektorjem sevanja ugotavljati posamezne razpade tako, da prestrežemo izleteli delec beta. Geigerski števec, ki ga vsaj po imenu dobro poznamo, je za kaj takega zelo primeren.

Svoji dve srebrni bomo prepoznali, če bomo zasledovali upadanje števila izletelih delcev. Če je časovni potek upadanja podoben, kot ga kaže slika 1, gre za srebro.



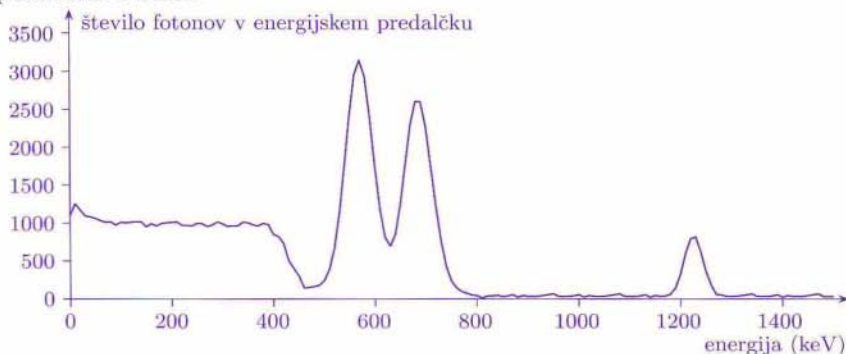
Slika 1. Aktivnost srebra, ki smo ga obsevali z nevtroni 30 sekund: a) razpadna krivulja za srebro 110, b) razpadna krivulja za srebro 108, c) ker ne razlikujemo obeh razpadov, izmerimo vsoto obojih.

Drugo, močnejše orodje za prepoznavanje jeder, ki so postala radioaktivna, je merjenje energije izletavaajočih delcev. Nekaj primerov:

V jedro arzena ^{75}As se je ujel nevtron. Drugačnih jeder, z več ali manj nevtroni, pri naravnem arzenu ne poznamo. Arzen 75 je torej postal arzen 76. Pri razpadu bo odletel elektron z večjo ali manjšo energijo. Ker je jedru preostalo še nekaj energije, jo odda s sevanjem gama, ali kot tudi pravimo, s fotonom. Pri razpadu arzena 76 izletavajo fotoni treh različnih energij. Te energije so 560 keV, 675 keV in 1216 keV. Če torej zaznamo fotonska sevanja s temi energijami, vemo, da je obsevani vzorec vseboval arzen. Kako torej ugotoviti energije odletavaajočih fotonov?

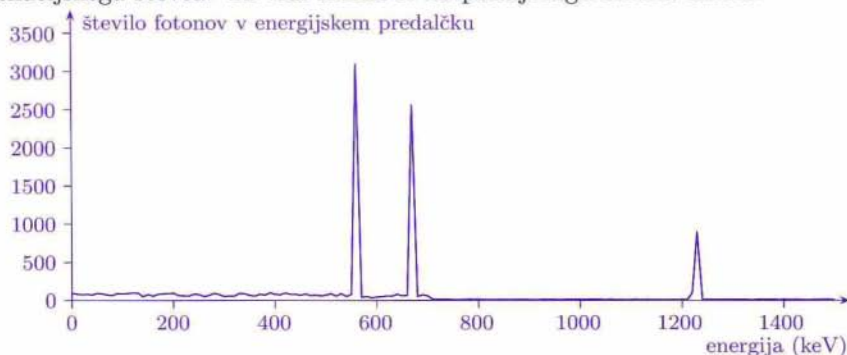
Fotonsko sevanje geigerski števec le slabo zaznava, kaj več pa o njem ne zna povedati. Odgovor na vsak zaznani delec je električni sunek. Žal so vsi sunki po velikosti enaki, ne glede na energijo delca, ki je sunek povzročil. Njegov mlajši brat, scintilacijski števec, lahko meri energijo vsakega delca, ki ga je prestregel. Pri enakih fotonih bodo vsi odgovori več ali manj enaki.

Kaj je videl, pove tudi scintilacijski števec z električnim sunkom. Velikost sunka pa je sorazmerna energiji zaznanega delca, tokrat fotona. Ko dalj časa zbiramo odgovore in jih urejamo po velikostih, lahko rezultate pokažemo s sliko.



Slika 2. Arzen 76 oddaja fotone treh različnih energij: 560 keV, 675 keV in 1216 keV. Tako zazna fotone scintilacijski števec.

Precej dražji in mlajši polprevodniški števec ima ostrejšje oči od scintilacijskega števca. Ta vidi fotone iz razpadajočega arzena takole:



Slika 3. Tako vidi arzenovo sevanje polprevodniški števec.

“Pa je bil kipec res star?” me je zanimalo. Karl je potrdil: “Vseboval je srebro.”

Vseeno pa bodite previdni, če boste kdaj v Sri Lanki kupovali bakrene kipce, ki naj bi jih pred 1800 leti vliвали v Sigiriji ali Anuradapuri. Morda že najini Srilančani, ki so se naučili, kako razlikovati med starim in novim, sodelujejo pri izdelavi spominkov in dodajajo čistemu bakru kanček srebra. Tedaj se tudi z aktivacijsko analizo ne boste mogli več prepričati, ali so vas opeharili ali ne.

Jože Pahor

