

RADIOAKTIVNOST U ZRAKU I U KALIJU

Pored oko 40 radioelemenata, teških radioaktivnih nuklida, koje nalazimo u prirodi kao članove torijevog, uran-radijevog i uran-aktinijevog niza, poznato je oko 10 lakih i srednje teških prirodnih radioaktivnih nuklida. Svi ti nuklidi rasprostranjeni su u zemaljskoj kori, te proizvode zamjetljive intenzitete radioaktivnog zračenja. Ove su radioaktivnosti, uz kozmičko zračenje, uzrok šuma u detektorima zračenja.

Radioaktivne nuklide nalazimo u prirodi zato što je njihovo vrijeme poluraspada usporedivo s vremenom od oko $45 \text{ Ga} = 4.5 \cdot 10^{10} \text{ a}$ (a = kratica za od annum, godina), koliko se ocijanjuje da je prošlo vremena od tvorbe elemenata od kojih je sagrađena Zemlja. Starost minerala na Zemlji ocijanjuje se na oko 3 Ga. Članovi radioaktivnih nizova često imaju vrlo kratke periode, međutim, vodeći član, koji ih neprekidno generira svojim sporim raspadom, ima dug period i još je zaostao u znatnim količinama na Zemlji. Vodeći članovi triju radioaktivnih nizova teških elemenata su ^{232}Th (torijev niz s $A=4n$), ^{238}U (uran-radijev niz s $A=4n+2$) i ^{235}U (uran-aktinijev niz s $A=4n+3$). Njihova vremena poluraspada iznose 13.9 Ga, 4.5 Ga i 0.71 Ga.

Radioaktivnost kalija i rubidija otkrio je Thomson 1905. Kasnije je ustanovljeno da su te aktivnosti posljedica raspadanja ^{40}K i ^{87}Rb , čija vremena poluraspada iznose 1.15 Ga odnosno 63 Ga. Atomski postotak ^{40}K u prirodnom kaliju iznosi 0.0119 %, a ^{87}Rb u prirodnom rubidiju 27.85 %. U prirodi nalazimo i druge lake i srednje teške nuklide koji su preostali od vremena tvorbe elemenata: pored ^{40}K i ^{87}Rb najvažniji su ^{50}V , ^{138}La , ^{147}Sm , ^{150}Nd , ^{176}Lu , ^{187}Re i ^{209}Bi . Također nalazimo kratkotrajne nuklide koji nastaju u atmosferi u reakcijama kozmičkog zračenja. Najvažniji je radiougljik, ^{14}C , koji nastaje u reakcijama dušika u atmosferi s neutronima oslobođenim djelovanjem kozmičkog zračenja. Ima vrijeme poluraspada od 5600 godina i ugrađuje se u sve žive organizme. Prestankom života organizma ili dijela organizma (ovo je posebno važno za drveće, jer srednji dio mnogih stabala nije "živ", već samo površinski, "kora"). Tako je mjerenjem radioaktivnosti ^{14}C moguće odrediti starost organskih tvari. (Za otkriće te metode Libby je dobio Nobelovu nagradu).

RADIOAKTIVNOST ZRAKA

Prirodna radioaktivnost u zraku najvećim je dijelom posljedica

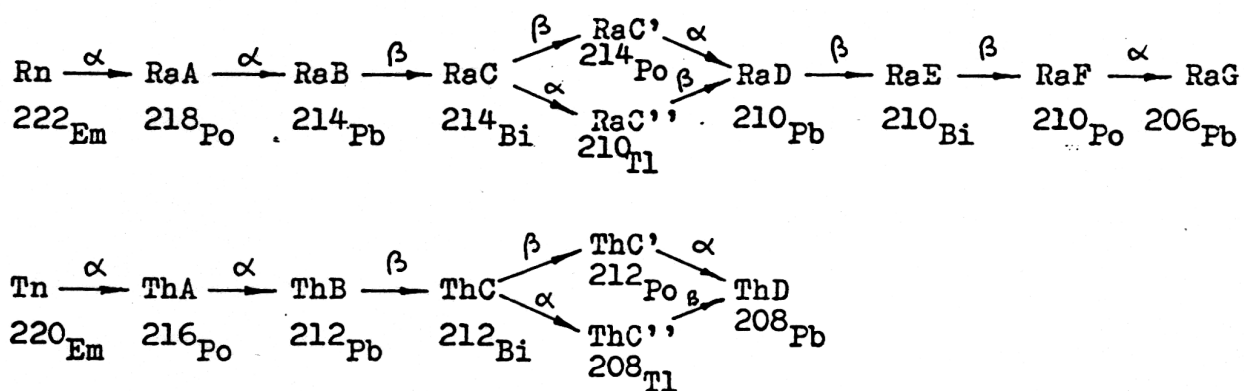
oslobadanja emanacije iz uranovih i torijevih minerala. Ovi su minerali vrlo rasprostranjeni, iako u malim koncentracijama. U ugljenu se često nalaze znatne količine uranovih i torijevih minerala, pa se njegovim izgaranjem oslobadaju znatne količine radioaktivnosti kroz dimnjake peći, toplana, termoelektrana, itd. Teški radioaktivni metali šire se kao prašina, a radon i toron kao plin. Koncentracija urana i torija varira, pa se, npr. na mjestima površinskih ležišta uranove ili torijeve rudače, odnosno, u većim gradovima i industrijskim centrima, nalaze veće količine radona odnosno torona u zraku. Koncentracija radona i torona u zraku ovisi o koncentraciji uranovih, odnosno torijevih minerala na površini tla, o uvjetima njihovog oslobadanja na druge načine te o meteorološkim uvjetima, posebno vjetrovima.

Toron i radon su članovi u raspadu torijevog i uran-radijevog niza. U periodnom sistemu elemenata oni zauzimaju mjesto elementa emanacije Em sa $Z = 86$. To je najteži plemeniti plin. Toron ima staru kemijsku oznaku Tn, a moderna oznaka mu je ^{220}Em . Vrijeme poluraspada mu je kratko, 55 s. Otkrili su ga Owens i Rutherford 1899-1900. Radon ima staru oznaku Rn i modernu oznaku ^{222}Em . Vrijeme poluraspada mu je 3.8 dana. Otkrio ga je Dorn 1900. U uranovim mineralima razvija se također aktinon, An odnosno ^{219}Em , član uran-aktinijevog niza. Njegov je doprinos zanemariv u usporedbi s doprinosom radona, budući da je omjer broja atoma $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ u prirodnom uranu 1/139, dok je omjer njihovih vremena poluraspada 6.35. Zbog toga je omjer broja atoma aktinona i radona u prirodnom uranu u sekularnoj ravnoteži jednak oko 1/22. Međutim, aktinon ima kratko vrijeme poluraspada od 3.9 s, pa ima i mnogo manju vjerojatnost izlaza iz tla. Aktinon je otkrio Giesel 1902., ali je njegovo nastajanje objašnjeno tek 1935., kad je otkriven ^{235}U .

Koncentracija radona u atmosferi kreće se u području od oko 20 do oko 10.000 atoma po litri zraka. To vrijedi za niske slojeve atmosfere. Omjer mase ^{222}Em i N_2 iznosi gotovo 16. Prema barometrijskoj formuli gustoća dušika padne na $1/e$ na visini od oko 8.000 m, pa bi taj pad gustoće radon u ravnoteži imao na oko 500 m. Gustoća bi još brže padala zbog raspadanja radona. Međutim, vjetrovi i cirkulacija zraka uzrokuju miješanje. Prema mjerenjima, na 10 km visine gustoća radona je oko 100 puta manja nego nad tlom.

Koncentracija torona u atmosferi manja je oko 10 puta od koncentracije radona, ali omjer prilično varira u ovisnosti o lokalnoj rasprostranjenosti torijevih i uranovih minerala. Gustoća u većim visinama brže mu pada zbog vrlo kratkog perioda.

Pored radona i torona važan doprinos radioaktivnosti u atmosferi daju članovi u nizu, koji nastaju njihovim raspadanjem (vidi Sl.1.). Raspadom radona nastaje RaA, zatim slijede RaB, RaC i RaC'. RaC ima slabu granu od oko 0.04 % prema RaC''. Slijedeći član, koji nastaje raspadom RaC' i RaC'', je RaD (^{210}Pb) s vremenom poluraspada od 22 a. Zbog dugog perioda raspada zanemarivo je malena radioaktivnost RaD i članova koji slijede u njegovom raspadu, RaE i RaF, koji se konačno raspadnu u stabilni nuklid RaG (^{206}Pb) u zraku.



Sl.1. Radioaktivni niz radona i torona.

Raspadom torona nastaje ThA, zatim slijedi ThB i ThC, koji se grana na ThC' i ThC'', a oba ova člana završavaju niz raspadom u stabilni ThD (^{208}Pb).

Koncentracija radona i torona u zraku izvanredno je mala.. Njihova prisutnost može se ipak ustanoviti uz pomoć relativno jednostavnih naprava. Obično se ne određuju direktno, nego preko članova koji nastaju njihovim raspadom. Svi članovi u raspadu radona i torona su metali, i oni u atmosferi ostaju vrlo kratko vrijeme u slobodnom stanju. U sudarima sa česticama dima, prašine ili kapljicama magle oni se talože na njihovim površinama. Nakon raspada ovi su atomi ionizirani zbog prilične energije odboja, te u uvjetima prezasićenih para služe kao jezgre za kondenzaciju.

Sakupljanje produkata raspada radona i torona radi se filtriranjem zraka. Kroz aerosolni filter se propuste vrlo velike količine zraka. Ako je njegova propusnost za sitne čestice ili kapljice mala, gotovo svi produkti raspada radona i torona zadržat će se u filtru. Radon i toron, kad se zanemari vrlo mala vjerojatnost adsorpcije, gotovo nesmetano prolaze kroz

filtrar.

RADIOAKTIVNOST U FILTRU

RaD ima vrlo dug period, pa u velikom dijelu padne na tlo prije nego se raspadne. Raniji članovi raspada radona, RaA, RaB, RaC i RaC' imaju kratke periode, i može se pretpostaviti da su u zraku u sekularnoj ravnoteži. Broj atoma pojedinog od tih nuklida u litri razmjernan je njegovom vremenu poluraspada,

$$\frac{n_A}{T_A} = \frac{n_B}{T_B} = \frac{n_C}{T_C} = \frac{n_{C'}}{T_{C'}} \quad (1)$$

Taj omjer bit će ujedno n/T , gdje je n broj atoma radona u litri zraka, a T njegovo vrijeme poluraspada.

Aerolozni filtri imaju veliku djelotvornost za sakupljanje čestica i kapljica u zraku. Provjera djelotvornosti može se provesti tako, da se stave dva filtra jedan preko drugog i izmjeri omjer njihovih aktivnosti. Ta djelotvornost ne ovisi bitno o vrsti nuklida u gornjem nizu. Zbog toga će broj atoma svake vrste, koji je sakupljen u nekom intervalu vremena dt , biti razmjernan njihovoj gustoći. Promjena broja svake vrste u jedinici vremena bit će broj koji se sakupi, $a_r = n_r v$, manje broj koliko ih se spontano raspadne, $\lambda_r n_r$, više broj koliko ih generira prethodni član.

$$\frac{dn_A}{dt} = a_A - \lambda_A n_A \quad (2a)$$

$$\frac{dn_B}{dt} = a_B - \lambda_B n_B + \lambda_A n_A \quad (2b)$$

$$\frac{dn_C}{dt} = a_C - \lambda_C n_C + \lambda_B n_B \quad (2c)$$

$$\frac{dn_{C'}}{dt} = a_{C'} - \lambda_{C'} n_{C'} + \lambda_C n_C \quad (2d)$$

gdje je prema (1)

$$a_r = n_r v = n \frac{T_r}{T} v \quad r = A, B, C, C' \quad (3)$$

S v je označena brzina protjecanja zraka kroz filter u lit/s. U izrazu za a_r treba još doći faktor, koji označuje djelotvornost filtra. U ovoj vježbi će se pretpostaviti da je djelotvornost filtra 100 %.

Ako se uzme dugo vrijeme sakupljanja u usporedbi s najdužim vremenom poluraspada u promatranom nizu (27 min, RaB), recimo preko 60 min, uspostaviti će se ravnoteža u broju atoma svakog člana,

$$\frac{dn_A}{dt} = \frac{dn_B}{dt} = \frac{dn_C}{dt} = \frac{dn_i}{dt} = 0 \quad (4)$$

Radioaktivnost jedne vrste radionuklida jednaka je umnošku broja prisutnih atoma i konstante raspada. Ravnotežna aktivnost pojedinih članova bit će prema relacijama (2) i (3) jednaka

$$\lambda_A n_{A_0} = a_A = nv \frac{T_A}{T} \quad (5a)$$

$$\lambda_B n_{B_0} = a_A + a_B = nv \frac{T_A + T_B}{T} \quad (5b)$$

$$\lambda_C n_{C_0} = a_A + a_B + a_C = nv \frac{T_A + T_B + T_C}{T} \quad (5c)$$

$$\lambda_{C'} n_{C',0} = a_A + a_B + a_C + a_{C'} = nv \frac{T_A + T_B + T_C + T_{C'}}{T} \quad (5d)$$

Ako se sakupljanje prekine ranije, aktivnosti bi bile manje, i trebaju se izračunati iz diferencijalnih jednadžbi. Ove aktivnosti su nakon uspostavljanja ravnoteže konstantne uz pretpostavku da je nv konstantno. Ako se sakupljanje prekine u neki tren, i ako se vrijeme počne brojati od tog trenutka, broj atoma pojedine vrste mijenjat će se prema slijedećim relacijama i uz navedene početne uvjete:

$$\frac{dn_A}{dt} = -\lambda_A n_A \quad n_A(0) = \frac{nvT_A^2}{T \ln 2} \quad (6a)$$

unijeme poluraspada tog elementa

$$\frac{dn_B}{dt} = -\lambda_B n_B + \lambda_A n_A \quad n_B(0) = \frac{nvT_B(T_A + T_B)}{T \ln 2} \quad (6b)$$

uzgornji

$$\frac{dn_c}{dt} = -\lambda_c n_c + \lambda_B n_B \quad n_c(o) = \frac{nvT_c(T_A + T_B + T_C)}{T \ln 2} \quad (6c)$$

$$\frac{dn_{c'}}{dt} = -\lambda_{c'} n_{c'} + \lambda_c n_c \quad n_{c'}(o) = \frac{nvT_{c'}(T_A + T_B + T_C + T_{c'})}{T \ln 2} \quad (6d)$$

Rješenja ovih jednadžbi predstavljaju brojeve atoma RaA, RaB, RaC odnosno RaC', koji se nalaze u aerosolnom filtru u nekom trenutku, t, nakon završetka strujanja zraka kroza nj. Aktivnosti su dane umnoškom tih brojeva s odgovarajućim konstantama raspada.

U detekcijskom sistemu, Geiger-Müllerovom brojaču koji se upotrebljava u vježbi, α čestice se ne detektiraju, jer ne prodiru u brojač, a djelotvornost za detekciju γ zračenja vrlo je mala. Stoga se u biti opaža samo β zračenje. Budući da je vrijeme poluraspada RaD vrlo dugo, njegova aktivnost i aktivnost njegovih potomaka mogu se zanemariti, pa se tako mjeri gotovo samo radioaktivnost RaB i RaC. Djelotvornost brojanja njihovog β zračenja je različita zbog različite maksimalne energije i zbog upotrebe "debelog" izvora. Brzina brojanja brojača dana je kao funkcija vremena izrazom

$$\frac{dN}{dt} = F_B \lambda_B n_B + F_C \lambda_C n_C + \frac{dN'}{dt} \quad (7)$$

Gdje su F_B i F_C kasnije definirani faktori za RaB odnosno RaC. U izrazu je dodan član od drugih aktivnosti, (dN'/dt) . Tim članom obuhvaćen je doprinos od aktivnosti članova u raspadu torona, kao i eventualni drugi doprinosi.

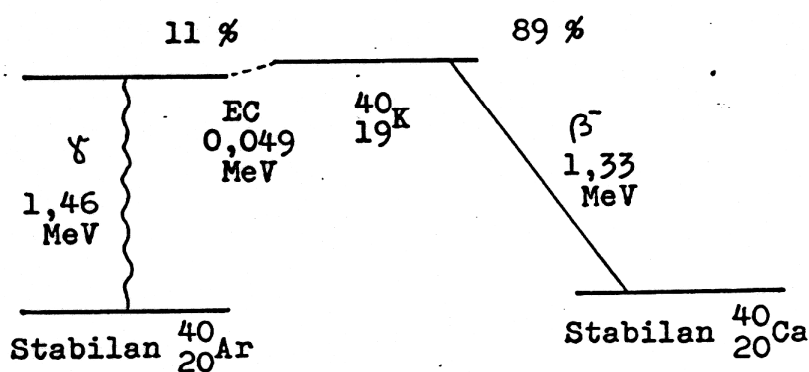
Za doprinos od aktivnosti torona može se načiniti analiza poput gornje analize za raspad i sakupljanje članova radonovog niza. Problem je jednostavniji, jer u raspadu torona dominira ThB sa svojim relativno dugim vremenom poluraspada od 10.6 h. Ako se mjerenja načine pažljivo i kroz dulje vrijeme, ThB se može izmjeriti nakon što se raspadnu članovi niza od radona u RaD.

RADIOAKTIVNOST PRIRODNOG KALIJA

Prirodni kalij sastoji se od tri izotopa ^{39}K (93.08 %), ^{40}K (0.0119 %) i ^{41}K (6.91 %). Postoci se odnose na omjere brojeva atoma. ^{40}K je radioaktivan. Zbog svog vrlo dugog vremena poluraspada, koje se u vježbi priližno određuje, zaostao je još u maloj količini od vremena tvorbe

elemenata. Kalij je alkalni element, prvi iza natrija, i vrlo je rasprostranjen u zemaljskoj kori i u morskoj vodi. Nalazimo ga u biljkama i životinjama. Šum brojača u laboratorijima u velikoj je mjeri posljedica raspada kalija u zidovima, podovima i namještaju. U čovječjem tijelu nalaze se oko 0.2 težinska postotka kalija, te je on velikim dijelom uzrok prirodnog zračenja kojem je izloženo ljudsko tijelo.

Raspad ^{40}K prikazuje Sl.2. β emisija s maksimalnom energijom 1.33 MeV u 89 % raspada vodi na stabilnu jezgru ^{40}Ca . Uхват orbitalnog elektrona i γ zračenje od 1.46 MeV vode u 11 % raspada na stabilan ^{40}Ar .



Sl.2. Shema raspada ^{40}K

ODREĐIVANJE AKTIVNOSTI "DEBELOG" RADIOAKTIVNOG PREPARATA

Vrlo točna apsolutna mjerenja broja emisija β čestica iz tankih preparata rade se pomoću 4π -brojača. U tim brojačima registrira se gotovo svaka β čestica, koju izvor u brojaču emitira. Prilično točna apsolutna mjerenja radioaktivnosti uzoraka, u kojima imamo $\beta - \gamma$ kaskadu, moguća su pomoću dva detektora metodom koincidencije (određivanja sudesa). Aktivnost tankih preparata može se dosta dobro odrediti pomoću jednog brojača s tankim prozorom. Međutim, katkada se susrećemo s problemom da se odredi radioaktivnost nekog preparata s vrlo niskom specifičnom aktivnosti. U ovoj vježbi taj se problem susreće kod određivanja radioaktivnosti u aerosolnom filtru i kod mjerenja radioaktivnosti prirodnog kalija. U takvim se slučajevima, za približno određivanje radioaktivnosti, primjenjuje metoda "debelog" uzorka. U toj metodi mora se načiniti niz korekcija, koje uzimaju u obzir samoapsorpciju i višestruko raspršenje.

Kad bi β čestice pravocrtno dolazile od atoma, koji ih emitiraju, u

osjetljiv volumen brojača, prostorni kut brojača određivao bi potpuno djelotvornost brojanja. Sam G.M. brojač je gotovo 100 % djelotvoran za brojanje β čestica koje prođu kroz nj. Pretpostavlja se da su gubici zbog mrtvog vremena zanemarivi. Ako je, promatrajući od preparata, prostorni kut koji brojač zaklanja jednak Ω , onda je broj impulsa jednak $\Omega/4\pi$ puta broj emisija. G.M. brojač, koji se upotrebljava u vježbi, ima tanku cilindričnu katodu od nerđajućeg čelika, koja reducira broj impulsa za faktor gdje je μ

$$k = e^{-\mu d} \quad (8)$$

linearni koeficijent apsorpcije β čestica (Sl.2. na strani ...), a d je debljina katode G.M. brojača. Ova relacija vrijedi samo za tanke slojeve, za koje se dobiva približno eksponencijalan pad broja impulsa s debljinom apsorbera.

U preparatu imamo također atenuaciju β čestica. Kad bi β čestice bile emitirane okomito na stijenke brojača, djelotvorna debljina sloja bi bila $1/\mu = 1/\rho\mu_p$. Naime, ako bismo imali polubeskonačan sloj tvari sa ravnom površinom u kojoj je gustoća radioizotopa stalna i sve β čestice emitiraju se okomito i prema površini sloja, iz elementa volumena $A dx$ na udaljenosti x od površine, izašlo bi $nAdx e^{-x\mu}$ β čestica. Integral po x daje (uz te pretpostavke) ukupan broj β čestica koje bi izašle iz sloja jednak nA/μ , dakle, kao da su β čestice iz volumena $A \cdot 1/\mu$, bez apsorpcije, izlazile iz sloja. Proces izlaska β čestica iz debelog sloja vrlo je zamršen. Pored smanjenja broja β čestica koje su emitirane prema brojaču, dobiva se porast broja otkucaja zbog raspršenja β čestica prema brojaču kad su emitirane u drugim smjerovima. Taj porast je približno kompenziran povećanom debljinom sloja kod emisije ukoso. Može se stoga pretpostaviti da je djelotvorna debljina sloja približno $1/\mu$.

Pretpostavimo da je preparat debeo u usporedbi s $1/\mu$, i da se u njemu nalaze volumno jednolično raspodijeljeni atomi radioaktivnih nuklida. Razmotrimo jednu vrstu radionuklida, koja emitira β čestice s maksimalnim energijama E_1 i vjerojatnostima p_1 (po jednom raspadu atoma te vrste). Odgovarajući linearni koeficijenti apsorpcije su μ_1 . U jedinici vremena raspadne se $n\lambda$ atoma te vrste, pa je broj emitiranih β čestica s maksimalnom energijom E_1 jednak $n\lambda p_1$. U brojač dolazi samo dio emitiranih β čestica: faktor smanjenja zbog prostornog kuta je $\Omega/4\pi$, faktor smanjenja zbog samoapsorpcije jednak je $(1/\mu_1):D = 1/(\mu_1 D)$, a faktor smanjenja zbog

atenuacije u stijenci brojača $e^{-\mu_1 d}$. Ukupan broj impulsa u jedinici vremena bit će suma doprinosa od svih komponenata jedne vrste radionuklida

$$\frac{dN}{dt} = \sum_1 n\lambda \frac{\Omega}{4\pi} \frac{P_1}{\mu_1 D} e^{-\mu_1 d} = n\lambda F \quad (9)$$

gdje je

$$F = \frac{S}{M} \frac{\Omega}{4\pi} \sum_1 \frac{P_1}{\mu_{\rho 1}} e^{-\mu_{\rho 1} \rho d} \quad (10)$$

S je ploština preparata okrenuta prema brojaču, M ukupna masa preparata, a $\mu_{\rho 1} = \mu_1/\rho$. Za radioaktivne izvore koje susrećemo u ovoj vježbi Tablica prikazuje vrijednosti vjerojatnosti emisije po raspadu, maksimalne energije i odgovarajuće masene apsorpcijske koeficijente.

Tablica

Izvor	^{40}K		RaB		RaC		
p, %	89	50	40	6.3	77	4	19
E_{max} , MeV	1.33	0.65	0.71	0.98	1.6	2.6	3.2
μ_{ρ} , cm^2/mg	0.013	0.032	0.029	0.020	0.010	0.006	0.004

U Tablici nisu označeni prijelazi, koji su od male važnosti.

Ako je u preparatu samo jedna vrsta nuklida, izraz (9) omogućuje da se približno odredi aktivnost uzorka. Ako je sadržano više vrsta nuklida, kao u slučaju aktivnosti iz zraka, pribraja se doprinos od svake vrste. Da bi ih mogli odvojiti, moraju se poznavati međusobni odnosi intenziteta pojedinih komponenata ili pak točno izmjeriti i analizirati krivulju raspada.

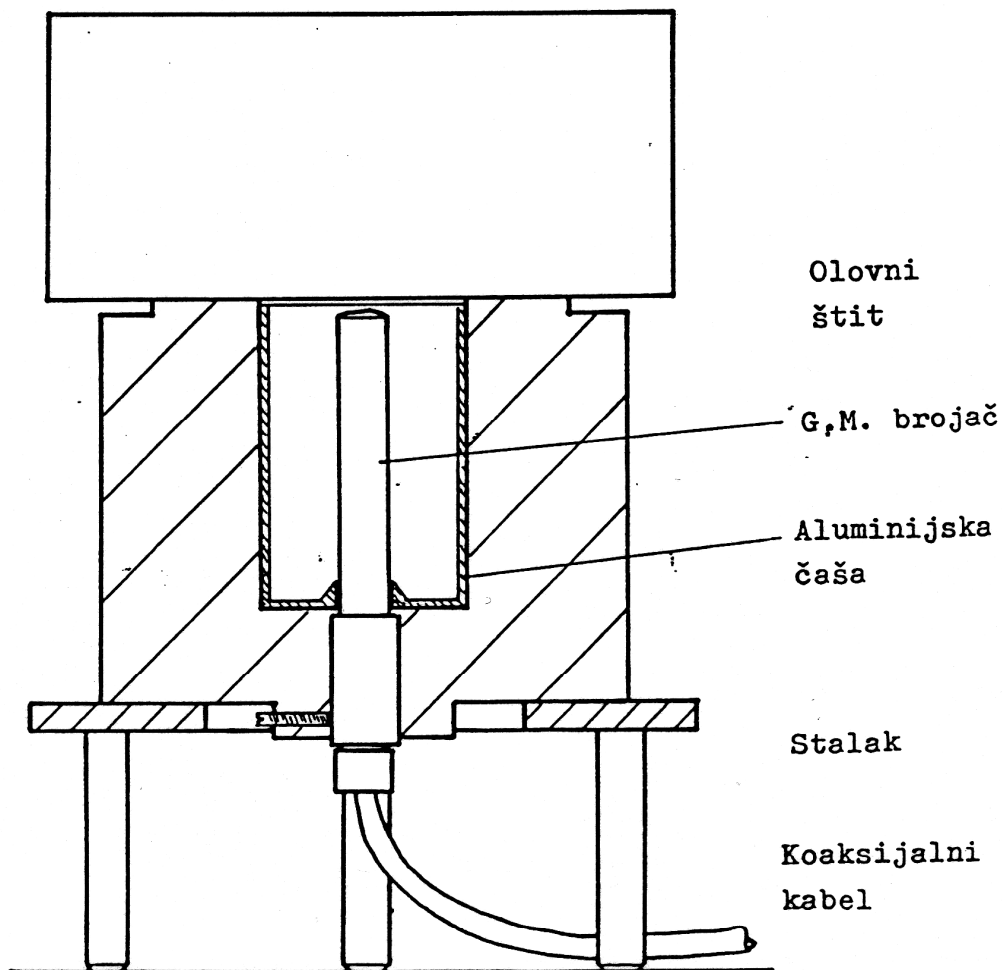
Za točnije određivanje apsolutne aktivnosti debelog uzorka upotrebljavaju se kalibracijski etaloni, koji su istog geometrijskog oblika i sastava kao mjerni uzorci. Oni se najčešće upotrebljavaju kod mjerenja aktivnosti rudača, radioaktivnih otpadaka i sl. Kod mjerenja radioaktivnosti zraka može se načiniti koncentracija aktivnosti izgaranjem filtra, jer se kod pažljivog izgaranja ne gubi aktivnost. Mjerenja pomoću scintilacijskog ili poluvodičkog germanijskog detektora omogućuju identifikaciju pojedinih

članova u raspadu mjerenjem energije fotona γ zračenja, kao i točnije određivanje aktivnosti svake komponente, jer je samoapsorpcija bitno manja.

MJERNI UREĐAJ

U ovoj vježbi primjenjuje se G.M. brojač za mjerenje aktivnosti aerosolnog filtra i kristalića kalijevog klorida. G.M. brojač ima tanku stijenku od nerđajućeg čelika debljine oko 0.2 mm, i prikladan je za mjerenje β aktivnosti.

Brojač je smješten u olovni štit (vidi Sl.3). U štitu je čašica od aluminijske u koji se stavljaju uzorci. Filtar papir treba zavnuti u svitak da se može lijepo smjestiti u štit. Nakon završetka mjerenja aktivnosti filtra i njegovog vadenja, treba provjeriti, da li je šum brojača povećan. KCl se usipa u čašu oko brojača pomoću lijevka.



RADNI ZADATAK VJEŽBE RADIOAKTIVNOST U ZRAKU I KALIJU

1. Uključiti G.M. brojač, ispitati ga pomoćnim izvorom i postaviti radni napon u sredinu platoa. Oko G.M. brojača u olovnom štitu postaviti aerosolni filter i izmjeriti šum. Postaviti aerosolni filter na nosač na puhalici koja se nalazi na terasi trećeg kata. Uključiti puhalicu u rad i sakupljati radioaktivne tvari u zraku kroz 1 sat.
2. [Izmjeriti šum brojača. U čašu oko brojača u olovnom štitu usipati sol kalijevog klorida pazeći da se sol ne prosipa. Izmjeriti broj impulsa kroz vrijeme od oko 30 minuta. Zamoliti voditelja praktikuma da izvadi sol iz čaše, i da pažljivo četkom očisti brojač, čašu i štit. Ponoviti mjerenje šuma, i utvrditi da se nije promijenio.] Izračunati specifičnu aktivnost KCl pomoću jednadžbi (9) i (10). Na osnovi poznatog atomskog postotka ^{40}K od 0.0119 % izračunati period ovog nuklida.
3. [Prekinuti sakupljanje radioaktivnosti zraka i sa što manjim zadržavanjem staviti filter oko brojača. Načiniti mjerenje u neprekidnom nizu očitavajući broj impulsa svakih 10 minuta.] Nacrtati polulogaritamski dijagram: broj impulsa (umanjen za šum) u ovisnosti o vremenu od prekida sakupljanja.
4. Riješiti jednadžbe (6) po n_B i n_C uz dane početne uvjete. Izračunati F_B i F_C pomoću jednadžbe (10) i teorijsku brzinu brojanja dN/dt , jednadžba (7), zanemarujući dN'/dt , i unijeti je u eksperimentalni dijagram dobiven pod točkom 3. Na osnovi usporedbe izračunati količinu radova u kubnom metru zraka, pretpostavivši da je aerosolni filter 100 % djelotvoran. U 1 satu kroz aerosolni filter na puhalici prođe približno 34 m^3 zraka.