

Radioactivitatea

Concepte și mărimi

Materia se compune din elemente, iar elementele se compun din atomi. Atomii conțin un nucleu și un număr oarecare de electroni care au sarcină electrică negativă. Nucleul conține protoni, cu sarcina electrică pozitivă, și neutroni, fără sarcină electrică. Numărul protonilor este egal cu numărul electronilor și este numit număr atomic (de exemplu oxigenul are numărul atomic 8). Masa atomului este practic concentrată în nucleu, numărul de protoni plus neutroni din acesta se numește număr de masă. În aceste condiții, speciile de atomi sunt diferențiate după numărul atomic și numărul de masă, sau mai simplu, după numele elementului și numărul de masă. Astfel caracterizați, atomii se numesc nuclizi. De exemplu, Carbonul-12 este un nuclid cu 6 protoni și 6 neutroni, Plumbul-208 este un nuclid cu 82 protoni și 126 neutroni.

Nuclizii unui element care au numere diferite de neutroni se numesc izotopi (deci izotopul nu este un sinonim al nuclidului). Hidrogenul, de exemplu, are 3 izotopi: hidrogen-1, hidrogen-2 numit și deuteriu și hidrogen-3, numit și tritiu. Nuclizii pot fi stabili sau instabili. Din cei circa 1700 nuclizi cunoscuți, aproximativ 280 sunt stabili, restul se transformă în mod spontan în nuclizii altui element iar în timpul transformării emit radiație. Aceasta proprietate se numește radioactivitate, transformarea se numește dezintegrare, iar nuclidul spunem ca este un radionuclid. De exemplu, Carbonul-14 este un radionuclid care se dezintegrează în Azot-14, care este stabil, iar Bariul-140 se dezintegrează în radionuclidul Lantan-140 iar acesta, la rândul său, în nuclidul stabil Ceriu-140.

Radiațiile emise de radionuclizi sunt: particule α , particule β și fotoni γ . Un alt tip de radiație este și radiația X, care se produce în urma bombardării cu electroni a unei ținte metalice aflate în vid. Radiațiile X au proprietăți similare cu radiațiile γ .

Tot în categoria radiațiilor mai pot fi înscrise radiațiile cu neutroni. Neutronii sunt eliberați de nuclizi, de obicei, în urma bombardării cu particule α sau β .

Energia cu care sunt emise radiațiile se măsoară în electronivolți (eV) și reprezintă energia câștigată de un electron când străbate o diferență de potențial de un volt. Un multiplu al acestei unități de măsură este milion-electron-voltul (MeV); $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$.

Activitatea unei cantități de radionuclid (rata de producere a dezintegrărilor naturale) se măsoară în becquerel (Bq). Un becquerel este egal cu o dezintegrare într-o secundă. În mod normal se utilizează MBq (megabecquerelul), care este egal cu un milion de becquereli. Timpul necesar ca activitatea unui radionuclid să scadă la jumătate prin dezintegrare se numește timp de înjumătățire și are simbolul $T_{1/2}$. Radiațiile sunt detectate și măsurate de: filmele fotografice, substanțele termoluminiscente, contorii Geiger și detectoarele cu scintilații. Măsurătorile făcute se pot interpreta în termenii dozei de radiație absorbită de organism sau de o anumită parte a corpului. Doza absorbită se măsoară în gray (Gy) și reprezintă energia cedată de radiație unități de masă a substanței prin care trece (de exemplu țesutul). Un gray corespunde unui joule pe kilogram. Frecvent, se folosesc submultipli ai grayului, cum este μGy , care reprezintă a milioana parte dintr-un Gy. Dozele absorbite egale au efecte biologice egale. Astfel, un gray de radiație α într-un țesut este mai periculos decât un gray de radiație β , care are o sarcină electrică mai mică și se deplasează mai rapid. Din acest motiv s-a introdus o altă unitate de măsură, sievert(Sv), care este egală cu doza absorbită

înmulțită cu un factor care ține seama de modul în care o anumită radiație își distribuie energia în țesut. Această mărime se numește echivalentul dozei. Pentru particulele β , fotonii γ și radiațiile X, factorul este egal cu unitatea. Pentru particulele α factorul este 20, deci 1 Gy de radiație α corespunde unui echivalent al dozei de 20 Sv; 1 Sv de radiație α produce aceleași efecte asupra organismului uman sau animal ca 1 Sv radiație β, α sau X. Pe de altă parte, în organism, același tip de radiație are implicații diferite în funcție de organul atacat. Astfel, o iradiere cu particule α plămânului este mult mai gravă decât iradierea cu aceleași particule a oaselor. Pentru a ține seama de acest atac diferit se utilizează pentru organism așa-numitul echivalent al dozei efectiv. Echivalentul dozei efectiv se calculează ca sumă a produselor dintre echivalentul dozei fiecărui organ din corp și un factor de pondere asociat acelui organ. Factorii de pondere pentru om sunt prezentați în tabelul de mai jos.

Nr. Crt	Țesutul sau organul	Factor
1	Plămânii	0,12
2	Sânii	0,15
3	Testiculele și ovarele	0,25
4	Măduva osoasă	0,23
5	Suprafața oaselor	0,03
6	Ficatul	0,06
7	Tiroida	0,03
8	Restul organismului	0,24

De exemplu, dacă iradierea s-a produs asupra plămânului (echivalentul dozei 90 mSv) ficatul (echivalent doza 80 mSv) suprafeței osoase (200 mSv) și a măduvei osoase (echivalent doza 150 mSv), echivalentul dozei efectiv primit de organism se calculează astfel:

$$99 \times 0,12 + 80 \times 0,06 + 200 \times 0,03 + 150 \times 0,24 = 39,6 \text{ mSv.}$$

Deoarece în multe lucrări de specialitate se pot întâlni unități de măsură diferite de cele prezentate până aici, în tabelul următor se prezintă relațiile de interdependență

Surse de poluare radioactivă

Sursele de radioactivitate se pot grupa în două categorii:

- surse artificiale;
- surse naturale.

a) Principalele surse artificiale de poluare radioactivă sunt următoarele:

- a.1⁰. accidente și deșeurile de la reactoarele nucleare;
- a.2⁰ experiențele și accidentele cu arme nucleare;
- a.3⁰. tratamentele medicale ce utilizează radiații sau radionuclizi
- a.4⁰. diferite activități profesionale.

a.1⁰. Reactorii nucleari au fost folosiți pentru producerea energiei încă din anii '50. Există, practic, două tipuri de reactori : reactori termici și reactori rapizi. În reactorii termici frecvent utilizați - se folosește uraniu, care este alcătuit din nucleele a doi izotopi: uraniu-235 (0,7%) și uraniu-238 (99,3%). Când un neutron termic pătrunde într-un nucleu de uraniu-235 se produce fisiunea acestuia din urma cu o mare eliberare de energie, de alți neutroni și de radiații. Neutronii rezultați din fisiune sunt rapizi și nu sunt tot atât de capabili de a produce noi fisiuni. Din acest motiv, neutronii emiși în urma fisiunii uraniului-235 sunt încetiniți, făcându-i să semneze la Moscova tratatul de interzicere a experiențelor cu arma nucleară, cu excepția celor subterane, marile puteri au efectuat circa 510 teste nucleare în atmosferă: circa 300 S.U.A., 180 fostă URSS, 25 Marea Britanie și 4 Franța. Până în anii 1985, Franța și China, singurele ne semnatare ale tratatului, au mai explodat în atmosfera 40 și respectiv 25 bombe nucleare.

Energia eliberată în testele efectuate până în 1963 a fost de câteva ori mai mare decât a tuturor explozivilor folosiți în al doilea război mondial, sau a 20-a parte din puterea explozivă nucleară acumulată în arsenalele americane și sovietice în 1981 (exprimată în combustibil exploziv convențional aceasta putere a fost de 600 megatone). În același timp, aproximativ 10 t plutoniu „neexplodat” s-a vaporizat și dispersat în atmosferă.

Exploziile nucleare sovietice, deși mai puține, au avut o putere dubla față de cele americane (450 megatone față de 150), cea mai teribilă bombă sovietică fund de aproximativ 4 000 de ori mai puternică decât „Little boy”, folosită împotriva Japoniei.

După 1963, testele cu arme nucleare au continuat în subteran. Din 1963 până în 1980, Statele Unite au mai efectuat cam 400 teste subterane cu bombe atomice, iar fostă Uniune Sovietică 300, dar cu o putere explozivă mult mai mare.

La nivelul anului 1963 se apreciază că radionuclizii, proveniți de la testele cu arme nucleare, au produs o iradiere suplimentară anuală de 430 mSv pe individ, în aproape întreaga emisferă nordică (majoritatea exploziilor au fost efectuate în această emisferă). După acest an, valoarea iradierii suplimentare a scăzut substanțial, până la momentul Cernobîl.

a.3⁰. În clinici și spitale radiațiile sunt folosite:

- la radiografii;
- în scop terapeutic;
- în scopuri de investigație.

La radiografii se folosesc, în special, radiațiile X (Rontgen). o radiografie a toracelui va transfera plămânului un echivalent al dozei de 20 μ Sv

În scop terapeutic se utilizează iradierea pentru distrugerea țesuturilor tumorale maligne. Frecvent folosite sunt radiatule X de mare energie sau radiatule gama date de sursele Cobalt-60. În scop terapeutic sunt necesare valori ale dozei absorbite foarte mari, ajungând până la câțiva zeci de gray. Se mai folosesc fascicule de neutroni și radiațiile ionizante.

În scopuri de investigație se utilizează administrarea de radionuclizi cu timpi scurți de înjumătățire. După administrare, se realizează tomografierea (radiografii ale structurilor dintr-un singur plan de profunzime), în special a plămânilor, oaselor și creierului. Se estimează că media echivalentului efectiv al dozei primite de organismul uman din proceduri medicale are valori de circa 200 μSv pe an.

a.4⁰. Radiația artificială este folosită în multe ramuri ale activității omenești. De exemplu, în industrie este folosită pentru controlul proceselor și a calității produselor, iar în scop de studiu, este folosită în institute de cercetare și învățământ superior. Tot aici trebuie inclusă și activitatea medicilor sau a personalului sanitar care lucrează cu radiații. La acestea trebuie adăugate dozele pe care le primește omul și de la ceasurile luminate cu substanțe radioactive sau de la televizoare (televizoarele moderne sunt bine ecranate). Se apreciază că din activități profesionale doza colectivă (produsul dintre echivalentul dozei efectiv și nr. persoanelor care au activități profesionale legate de radiație) în Marea Britanie, de exemplu, este de circa 450 Sv/om și an.

b) Problema radiațiilor nu este numai o consecință a progresului tehnic-științific al omului modern. Radiația a existat întotdeauna în natură. După opinia unor oameni de știință, radiația cosmică a avut o mare importanță în evoluția vieții pe Pământ. Astfel, apariția reptilelor gigantice precum și evoluția ulterioară a speciilor animale și vegetale este pusă, de mulți cercetători, sub semnul influenței exercitate de radiația cosmică primită de pământ, din univers.

Practic, există două componente ale iradierii naturale: o componentă cosmică și una telurică. Originea radiației cosmice este încă neclară. Unii specialiști sunt de părere că ar veni din galaxia noastră, alții că ar veni din afara ei. Soarele contribuie mai ales în perioadele de erupții solare.

Radiația cosmică pătrunde în cantitate mai mare pe la poli decât pe la ecuator. De asemenea, oamenii și animalele care trăiesc în munți, la mari altitudini, sunt mai expuși la acest tip de radiație decât cei aflați la nivelul mării.

Radiația telurică provine din faptul că toate materialele din scoarța pământului sunt radioactive. Se crede că mișcările scoarței sunt cauzate și de radioactivitatea naturală. Cele mai răspândite elemente radioactive din sol și roci sunt: uraniul, toriul și potasiul-40.

Sintetic, iată, în medie, care sunt, calitativ și cantitativ, principalele surse ale dozei de radiație umană:

- din cosmos: circa 100 000 neutroni și 400 000 particule de radiație cosmică secundară trec prin fiecare individ, în fiecare oră;
- din aerul respirat: circa 30 000 atomi (de radon, plutoniu, bismut și plumb) se dezintegrează în fiecare oră în plămâni, dând naștere la particule α , β și unor fotoni γ ;
- din sol și materiale de construcție: peste 200 milioane fotoni γ trec prin noi în fiecare oră;
- din alimente și apă: omul introduce zilnic în organism peste 1 microgram de uraniu; 70% din această cantitate provine din cereale, carne, lapte și cartofi.

Într-un om de greutate medie (70 kg) se afla, permanent, următoarele cantități de substanțe radioactive:

- C 14 - 1,9x100 g, care dau $3,1 \times 10^{-8}$ dezintegrări/s;
- T - $8,4 \times 10^{-15}$ g, care dau 3 dezintegrări/s;
- K 40 - $8,3 \times 10^{-12}$ g, care dau $1,9 \times 10^4$ dezintegrări/s.

Din faptul ca viata pe pământ există și se dezvoltă continuu, deducem ca nivelul radiației naturale nu atinge, nici pe departe, limitele de suportabilitate ale organismelor vii.

Acțiunea fiziologica a radiațiilor

In general, efectele vătămătoare ale radiațiilor se împart în:

- 1^o. efecte somatice, care pot la rândul lor fi: imediate, cronice și întârziate;
- 2^o. efecte genetice.

1^o. Efectele somatice dau așa-numita boală de iradiere care se manifesta prin următoarele sindroame imediate:

- sindromul sistemului nervos central, care se instalează după câteva minute sau ore de la o iradiere de 50-60 Sv. Se manifesta prin convulsii și lipsa de coordonare;
- sindromul gastro-intestinal, manifestat prin greață, vomitări, diaree.

Intre efectele somatice cronice se înscriu: depresii hematopoetice, sterilitate, tulburarea vederii (cataracte), alopecia (căderea parului). Ca efecte întârziate se relevă: scurtarea vieții și apariția neoplasmelor în diferite forme (frecvent cancer epitelial și pulmonar).

Gravitatea bolii de iradiere depinde de echivalentul dozei.

Astfel:

- pentru echivalentul dozei sub 2 Sv nu se evidențiază influențe;
- pentru echivalente ale dozei între 2-5 Sv examenul hematologic pune în evidență reducerea globulelor albe și trombocitelor;
- între 5 și 9 Sv mortalitatea este ridicată;
- peste 9 Sv mortalitatea este de 100%, dacă nu se face transplant de măduva osoasă.

2^o. Efecte genetice. Numeroase cercetări efectuate au evidențiat ca, prin iradiere, se pot produce și mutații genetice, de la cele mai severe, ca de exemplu, întârzierea mintală, până la cele mai banale, cum sunt pete ale piei.

La plante, prin iradiere, s-au obținut mutații genetice benefice, materializate prin creșterea calității și productivității. Se pare însă, ca acest lucru se petrece numai până la anumite doze relativ mici. Depășirea acestora poate produce leziuni biochimice ireversibile.

În ceea ce privește norma referitoare la nivelul admisibil al radioactivității, alta decât cea naturală, a fost stabilită în România, pentru un individ din populație, în medie, la un echivalent al dozei efectiv de 1 mSv/an, adică jumătate din valoarea datorată iradierii naturale. Raportat la activitatea surselor pentru praful atmosferic și depuneri, există următoarele limite:

- de atenționare, când activitatea are valori de 185 Bq/m² zi;
- de avertizare, când activitatea atinge valori de 370 Bq/m² zi;
- de alarmare, când activitatea atinge valoarea de 1 851 Bq/m² zi.

Bibliografie

- Cojocaru I., "Surse, procese și produse de poluare", Editura Junimea, Iași, 1995
Ionescu A., "Eseuri despre ecologie și apărarea naturii", Editura Ceres, București, 1983
Mănescu S., "Poluarea mediului și sănătatea", Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1982