

Determinarea radiațiilor ionizante

1. Detecția radiațiilor ionizante

Dispozitivele folosite pentru detecția radiațiilor ionizante (RI) sunt sisteme care permit măsurarea unor caracteristici ale radiațiilor (energie, masă) sau numărarea particulelor care alcătuiesc fluxul de radiații. În principiu, aceste dispozitive prezintă două componente – sistemul de detecție (un mediu în care radiațiile produc efecte specifice, și anume ionizări) și sistemul de înregistrare, amplificare și prelucrare a acestor efecte.

După principiul de funcționare, dispozitivele folosite pentru detecția RI se bazează pe ionizarea unui gaz, pe efectul fotochimic al radiațiilor, pe producerea de scintilații, pe formarea de perechi electron-gol sau pe evidențierea urmelor lăsate de particulele ionizante:

- **dispozitive bazate pe ionizarea unui gaz.**

Sistemul de detecție conține un gaz și doi electrozi între care există o diferență de potențial; la trecerea RI, în gaz apar ioni pozitivi și electroni care vor fi atrași spre electrozii dispozitivului; migrarea ionilor pozitivi și a electronilor spre catod și, respectiv, anod generează un curent electric (a cărui intensitate este direct proporțională cu energia RI), ulterior amplificat și măsurat.

Se folosesc camera de ionizare și contorul Geiger-Müller.

- **dispozitive bazate pe efectul fotochimic al radiațiilor.**

Se folosește filmul fotografic în a cărui structură există o emulsie radiosensibilă – granule de dimensiuni micronice de halogenuri de argint (AgCl, AgBr, AgI) în gelatină, aceasta asigurând atât suportul pentru granulele radiosensibile, cât și accesul soluțiilor chimice necesare procesării.

Filmul fotografic este, în fapt, un suport din poliester (cu grosimea de 200 μm); pe ambele sale fețe se aplică câte un strat de adeziv (cu grosimea de 1 μm), câte un strat de emulsie radiosensibilă (cu grosimea de 20 μm) și câte un strat de protecție (cu grosimea de 1 μm).
--

La trecerea RI, halogenura de argint se descompune și apar centri dezvoltabili de argint metalic, a căror densitate este direct proporțională cu energia RI. După dezvoltarea filmului, se apreciază gradul de înnegrire a emulsiei radiosensibile, înnegrire datorată granulelor de argint.

- **dispozitive bazate pe producerea de scintilații.**

Sistemul de detecție este reprezentat fie de un ecran fluorescent, fie de cristale luminescente (cristale de iodură de sodiu activat cu taliiu, de antracen sau de naftalină pentru detecția radiațiilor β și γ , cristale de sulfat de zinc activat cu argint pentru detecția radiațiilor α , cristale de sulfat de zinc dopat cu bor pentru neutroni) care emit scintilații (fotoni) la bombardamentul cu RI. Numărul scintilațiilor este proporțional cu energia RI.

- **dispozitive bazate pe formarea de perechi electron-gol în cristale semiconductoare.**

La temperaturi foarte mici, semiconductorii (cristale de germaniu sau de siliciu), se comportă ca niște izolatori. Sub acțiunea RI, un anumit număr de electroni din semiconductor va primi suficientă energie încât să rupă legăturile covalente care îi mențin în structura cristalului. Ei vor deveni electroni liberi, lăsând în urma lor regiuni cu sarcină pozitivă numite „goluri”; ele se comportă ca niște particule pozitive fictive ce se deplasează prin cristal, ca și electronii. Numărul de perechi de electron-gol care se formează este direct proporțional cu energia RI.

- **dispozitive bazate pe evidențierea urmelor lăsate de particulele ionizante** la trecerea printr-un mediu gazos sau lichid. Se folosesc camera cu ceață și camera cu bule.

Camera cu ceață conține vapori de apă și aer; la scăderea presiunii în cameră, vaporii de apă se suprasaturează. Pătrunderea în cameră a RI generează ioni ce vor reprezenta centre de condensare pentru vaporii de apă suprasaturați; pe traseul străbătut de RI se vor forma astfel picături de apă și se va putea vizualiza traiectoria RI, a cărei lungime oferă informații despre energia radiației.

Camera cu bule se bazează pe posibilitatea aducerii unui lichid la starea de supraîncălzire (încălzire la o temperatură mai mare decât cea de fierbere). Deși supraîncălzit, lichidul nu fierbe decât dacă apar centri de fierbere, care pot fi reprezentați de ionii formați la trecerea RI prin lichid.

Similar camerei cu ceață, pe traseul străbătut de RI se vor forma bule de gaz și se va putea vizualiza astfel traiectoria RI, a cărei lungime oferă informații despre energia radiației [2, 3, 5, 6, 7].

2. Determinarea radioactivității factorilor de mediu

Factorii de mediu au o *radioactivitate naturală*, datorată surselor naturale de radiații ionizante (radiații cosmice, elemente radioactive prezente în scoarța terestră, radon), și o *radioactivitate artificială*, datorată utilizării radioactivității în multiple sectoare ale activității umane (medicină, industrie, cercetare, obținerea de energie, în scop militar, etc). Împreună, radioactivitatea naturală și cea artificială alcătuiesc *radioactivitatea totală*.

Pentru determinarea nivelului de radioactivitate a factorilor de mediu, se determină radioactivitatea naturală în funcție de izotopul ^{40}K , apoi se determină radioactivitatea totală, iar cea artificială se calculează (prin diferență).

Vom prezenta în continuare modul de determinare a radioactivității aerului, a apei, a solului și a alimentelor.

Determinarea radioactivității aerului: se determină radioactivitatea unui material filtrant, apoi se filtrează aerul de analizat; se calculează diferența dintre radioactivitatea materialului filtrant după și înainte de aspirarea aerului, diferență ce reprezintă radioactivitatea volumului de aer analizat.

Determinarea radioactivității apei: proba de apă se evaporă și apoi se determină radioactivitatea rezidului obținut.

Determinarea radioactivității solului: proba de sol se recoltează de la suprafață (pentru determinarea radioactivității totale), respectiv din profunzime (pentru determinarea radioactivității naturale); probele se usucă la etuvă și apoi se determină radioactivitatea.

Determinarea radioactivității alimentelor: proba de aliment se calcinează și apoi se determină radioactivitatea cenușii rezultate.

Facem precizarea că, în cazurile determinării radioactivității apei, a solului și a alimentelor, probele pierd radionuclizii de iod, care sublimează datorită prelucrării termice a probelor; prin urmare, radioactivitatea totală măsurată a acestora va fi mai mică decât cea reală [2].

3. Determinarea expunerii organismului uman la radiații ionizante

Determinarea expunerii organismului uman la radiații ionizante se face folosind dozimetre sau debitmetre.

Dozimetrele măsoară expunerea organismului uman pe o anumită durată, indicând doza absorbită la sfârșitul expunerii; în funcție de principiul de funcționare, se pot folosi: dozimetre bazate pe ionizarea gazelor, dozimetre fotochimice, dozimetre calorimetrice, dozimetre chimice, dozimetre termoluminiscente, dozimetre bazate pe conductibilitate, dozimetre prin rezonanță electronică paramagnetică:

- **dozimetrele bazate pe ionizarea gazelor** funcționează pe principiul camerei de ionizare. Sunt printre cele mai folosite dozimetre, datorită simplității construcției, a posibilității determinării valorii absolute a dozei absorbite și a posibilității utilizării lor pentru determinarea expunerii la orice tip de RI. Se folosesc stilodozimetre, numite astfel după forma lor.

- **dozimetrele fotochimice** se bazează pe proprietatea RI de a impresiona emulsia fotografică. Se utilizează fotodozimetre – întâlnite pe scară largă la personalul ce își desfășoară activitatea în mediu cu RI. Fotodozimetrul este o casetă din plastic ce conține un film fotografic și filtre absorbante, constituite din

materiale cu densități diferite (aluminiiu, fier, cupru, plumb) datorită cărora se poate determina nu numai doza absorbită, ci și natura și spectrul energetic al RI.

- **dozimetrele calorimetrice** se bazează pe efectul caloric produs de RI când acestea cad pe un bloc metalic (dimensionat astfel încât să absoarbă în totalitate fasciculul de RI). Blocul metalic se încălzește datorită transformării energiei transportate de RI în energie termică.

- **dozimetrele chimice** au ca principiu de funcționare dependența existentă între randamentul unor reacții chimice (adesea de oxido-reducere) și cantitatea de energie absorbită de la RI; cu alte cuvinte, randamentul chimic este o măsură a dozei absorbite. Un exemplu de dozimetru chimic este dozimetrul Fricke care are ca material dozimetric apa pură; sub acțiunea RI, în apă apar radicali liberi care sunt captați de ioni de fier bivalenți ce se oxidează și se transformă în ioni de fier trivalenți; concentrația acestora (deci randamentul reacției) crește liniar cu doza absorbită.

- **dozimetrele termoluminiscente** conțin o pastilă dintr-un material izolator termoluminescent în care se formează perechi electron-gol sub acțiunea RI. Dacă materialul izolator este impur, sub acțiunea RI apar niște nivele energetice care se comportă ca niște „capcane” ce pot reține timp îndelungat electronii și golurile. În momentul în care materialul izolator este încălzit, electronii primesc suficientă energie pentru a părăsi nivelele energetice pe care erau „captivi” și se recombina cu golurile, proces însoțit de emisie de fotoni (cuante de energie luminoasă). Numărul fotonilor emiși la încălzire este proporțional cu numărul de perechi electron-gol formate care, la rândul său, este proporțional cu doza absorbită.

- **dozimetrele bazate pe conductibilitate** funcționează pornind de la proprietatea RI de a mări conductibilitatea seleniului.

- **dozimetrele prin rezonanță electronică paramagnetică** permit determinarea directă a numărului de radicali liberi formați în materialul dozimetric sub acțiunea RI, număr proporțional cu doza absorbită. Radicalii liberi au durată de viață foarte mică (de ordinul ns); folosirea unui material dozimetric cu structură cristalină face însă ca radicalii liberi să fie reținuți în rețeaua cristalină un timp mult mai îndelungat și, astfel, să poată fi numărați. L-alanina s-a dovedit a fi cel mai adecvat material dozimetric pentru rezonanța electronică paramagnetică.

Spre deosebire de dozimetre, **debitmetrele** indică continuu debitul dozei, permițând observarea apariției oricărei variații a acesteia [2, 3, 5, 6, 7].

4. Determinarea radioactivității organismului uman

Determinarea radioactivității organismului uman se poate realiza printr-o metodă directă și printr-o metodă indirectă.

Metoda directă presupune folosirea contorului de corp uman - dispozitiv format dintr-o instalație de ecranare (cu pereții confecționați din fier vechi și având

grosimea de 15 cm) ce conține cristale luminescente (ce emit fotoni sub acțiunea RI). Subiectul poate fi introdus în instalație ca atare (situație în care i se determină radioactivitatea totală) sau după decontaminare prin spălare (situație în care i se determină radioactivitatea internă). Sub acțiunea RI emise de subiectul investigat, cristalele emit fotoni, într-un număr proporțional cu doza de RI absorbită.

Metoda indirectă presupune determinarea radioactivității urinei. Pentru aceasta, se recoltează urina pe 24 de ore și se aduce la reziduu uscat (ceea ce determină sublimarea izotopilor volatili) căruia i se măsoară radioactivitatea. Aplicând apoi ecuații de excreție, se poate determina încărcătura radioactivă a organismului uman.