

**Universitatea
Transilvania
din Braşov**

**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ
ŞI ŞTIINŢA CALCULATOARELOR**

PROIECT DE DIPLOMĂ

Conducător ştiinţific:
prof. dr. ing. Petre Lucian OGRUŢAN

Absolvent:
Brumariu Cosmin-Nicuşor

BRAŞOV, 2024

Brumariu Cosmin-Nicuşor

Măsurarea radiaţiei nucleare cu contor Geiger, achiziţia şi transmisia datelor

Conducător ştiinţific:
prof. dr. ing. Petre Lucian OGRUŢAN

Cuprins

Cuprins

Introducere	4
Radiaţia.....	5
Radiatia Neionizata	5
Radiata Ionizata.....	8
Unităţi de măsură	12
Utilizări	13
Surse.....	15
Efecte biologice.....	17
Contorul Geiger-Muller.....	21

INTRODUCERE

În acest proiect de licenţă am încercat să realizez un sistem de măsură a radiaţiilor cu contor Geiger-Muller. Acest gen de contor are abilitatea de a măsura emisii de radiaţii alfa, beta şi gamma/X. Aceste categorii de radiaţii sunt componente ale radiaţiilor ionizante, formate din particule subatomice sau unde electromagnetice, ce deţin suficientă energie pentru a desprinde electroni de la atomi sau molecule, determinând ionizarea acestora. Gradul de ionizare al materiei este influenţat de energia particulelor sau a undelor cu impact negativ, şi nu de cantitatea lor. Un flux semnificativ de particule sau unde nu va provoca ionizare în absenţa energiei suficiente pentru a fi ionizante. În general, particulele sau fotonii cu o energie mai mare de câţiva electroni-volt (eV) sunt considerate ionizante. Radiaţia ionizantă are originea în materiale radioactive, tuburi cu radiaţii X, acceleratoare de particule şi este prezentă în mediul înconjurător. Este invizibilă şi nu poate fi detectată direct de simţurile umane, astfel că instrumente precum contorul Geiger sunt necesare pentru a-i identifica prezenţa.

În anumite situaţii, interacţiunea cu materia poate genera emisii secundare de lumină vizibilă, cum este cazul radiaţiei Cerenkov şi a radioluminiscentei. Aceasta are diverse aplicaţii practice în domenii precum medicina, cercetarea, construcţiile şi altele, însă prezintă riscuri dacă nu sunt utilizate cu precauţie. Expunerea la radiaţii poate cauza leziuni ţesuturilor vii, manifestându-se sub formă de arsuri cutanate, boli radiologice, şi chiar deces în cazul dozelor semnificative, sau poate contribui la apariţia cancerului, tumorilor şi deteriorărilor genetice în cazul dozelor mai mici. Există diverse surse naturale de radiaţii care contribuie la radiaţiile de fond, cum ar fi rezervele de minereu de plutoniu, heliu (gaz întâlnit în apropierea sau în rezerve de plutoniu), radiaţii extraterestre, dar şi surse artificiale, cum ar fi substanţele radioactive generate în urma fisiunii nucleare în centrale nucleare, dispozitive explozive nucleare sau murdare

Aici va urma să mai adaug o descriere scurtă a proiectului, după ce am realizat mai mult la el

RADIAȚIA

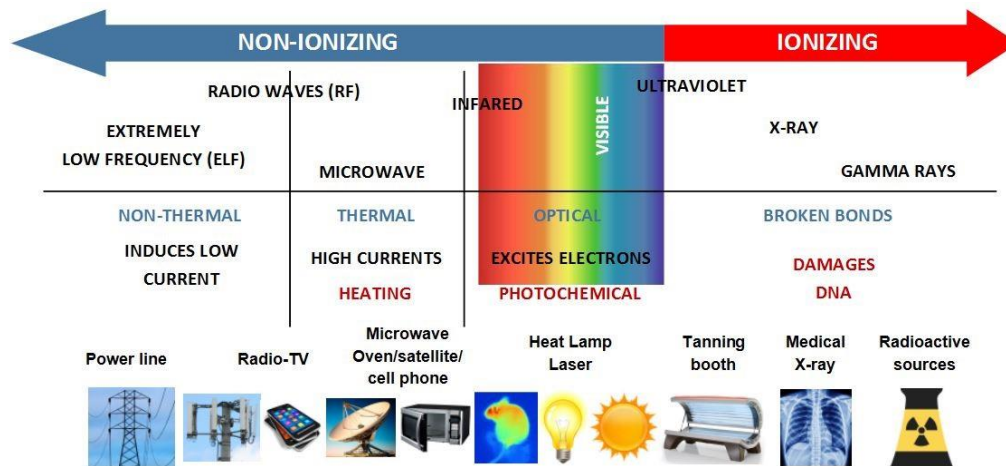
Radiația este un termen care se referă la propagarea energiei printr-un mediu sub forma de unde sau particule. Aceasta poate lua diverse forme, inclusiv radiații electromagnetice (ca exemple radiații X, unde radio, lumină vizibilă, ultraviolete și infraroșu) care pot fi și ele ionizante, pe cele sonore sau altele mai puțin cunoscute. Elementul care leagă acestea este modul în care energia se deplasează în linii drepte de la sursă, ceea ce a condus la dezvoltarea unor sisteme de măsură și unități fizice aplicabile tuturor tipurilor de radiații. Cu toate acestea, anumite tipuri de radiații pot fi dăunătoare pentru organism.

În funcție de nivelul de energie, radiația poate fi împărțită în două categorii principale: radiație ionizantă și radiație neionizantă.

RADIATIA NEIONIZATA

Radiația neionizantă este o formă de radiație electromagnetică care nu are suficientă energie pentru a ioniza atomii sau moleculele. Spre deosebire de radiația ionizantă, care poate provoca daune semnificative moleculelor biologice, prin producerea ionilor încărcăți la trecerea prin materie, radiația neionizantă are o energie mai mică și produce efecte mai puțin severe deoarece radiația electromagnetică are suficientă energie doar pentru a excita mișcarea unui electron către o stare de energie mai mare.

Undele radio, lumina vizibilă, infraroșu, microundele, sunt exemple de radiație neionizantă. Infraroșul este o formă de radiație non-ionizantă cu o lungime de undă mai mare decât lumina vizibilă, poate fi folosit pentru a măsura temperatura suprafețelor. Lumina vizibilă este o formă de radiație non-ionizantă care poate produce reacții fotochimice, ioniza unele molecule sau accelera reacții radicale, cum ar fi îmbătrânirea lacurilor, lumina Soarelui care ajunge pe Pământ este compusă în mare parte de radiație non-ionizantă, cu excepția radiațiilor ultraviolete, care sunt ionizante. Microundele sunt o formă de radiație non-ionizantă cu o lungime de undă mai mică decât cea a undelor radio și mai mare decât cea a luminii vizibile, folosite în domeniul Imagistici medicale, radar sau chiar în cuptoarele cu microunde.



Spectrul Electromagnetic

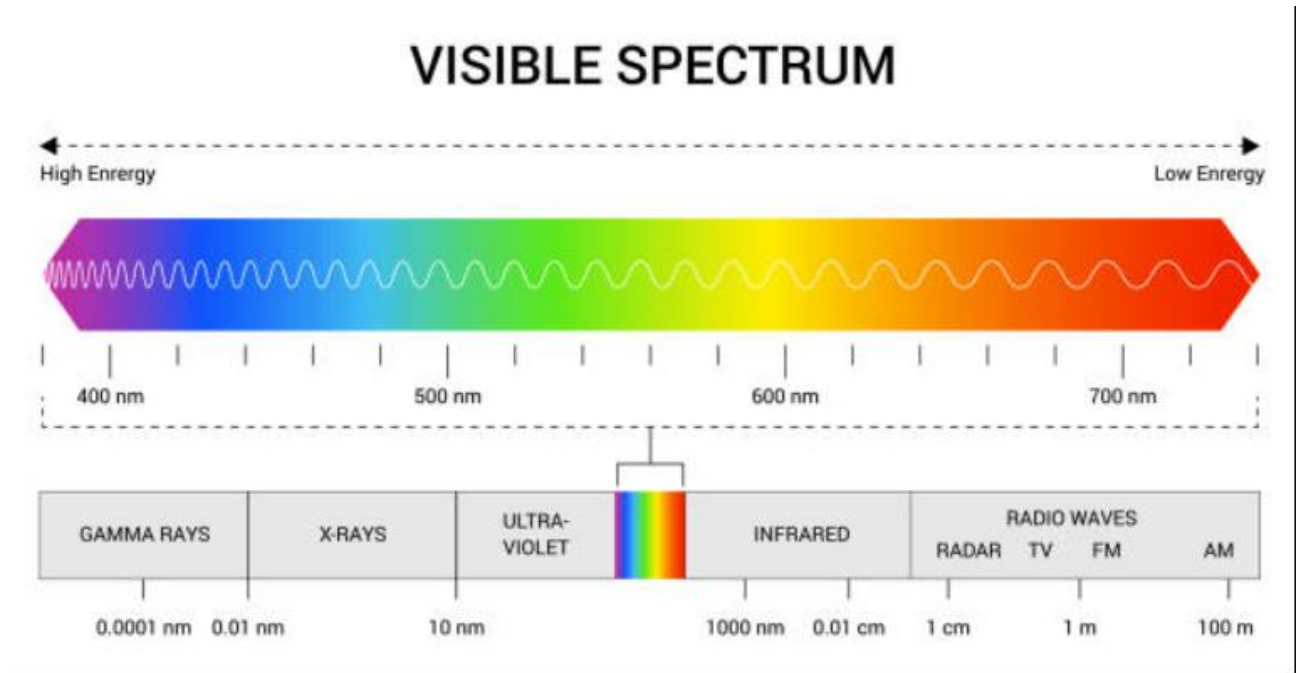
Radiație neutronică

Radiația neutronică este un tip de radiație ionizantă formată din neutroni liberi. Acești neutroni liberi se pot forma prin diverse procese nucleare, cum ar fi fisiunea nucleară, fuziunea nucleară. Un neutron nu ionizează atomii în același mod ca particulele încărcate, deoarece nu are sarcină electrică. Totuși, interacțiile cu neutronii sunt în general ionizante, ca exemplu prin absorbția neutronică care poate duce la emisii gamma care pot ioniza atomii învecinați. De asemenea, ciocnirile cu neutroni pot ioniza atomii sau nuclee, ceea ce poate duce la ionizare și în alți atomi.

Radiație electromagnetică

Radiația electromagnetică (EMR) este o formă de energie care se propagă prin vid sau materie sub formă de unde. Aceste unde constau din câmpuri electrice și magnetice oscilante care sunt perpendiculare între ele și perpendiculare pe direcția de propagare. EMR este clasificată în funcție de frecvența undelor sale, de la cele mai joase la cele mai înalte: unde radio, microunde, radiație teraherț, radiație infraroșie, lumină vizibilă, radiație ultravioletă, radiații X, radiații gamma. Undele radio au cele mai lungi lungimi de undă, în timp ce radiațiile gamma au cele mai scurte. O porțiune îngustă a spectrului, cunoscută sub numele de spectru vizibil, poate fi detectată de ochii anumitor organisme, limitele acestui spectru variind între specii. EMR transmite energie și impuls, care pot fi transferate atunci când interacționează cu materia.

Lumina



Spectrul electromagnetic – lumina vizibila

Lumina vizibilă reprezintă o porţiune a spectrului electromagnetic care este detectabilă de retina umană. Acest tip de radiaţie electromagnetică se încadrează în intervalul de lungimi de undă de la 400 la 700 nanometri (nm), echivalând cu frecvenţe cuprinse între aproximativ 430 şi 750 terahertzi (THz). Această gamă spectrală se situează între regiunea infraroşie, care prezintă lungimi de undă mai extinse, şi domeniul ultraviolet, caracterizat prin lungimi de undă mai scurte. Din perspectiva fizicii, conceptul de "lumină" se extinde dincolo de limita vizibilului, acoperind toate formele de radiaţii electromagnetice, indiferent de lungimea de undă.

Radiația termică

Radiația termică este o formă de radiație electromagnetică emisă de materie ca urmare a mișcării termice a particulelor sale constitutive. Această mișcare termică agită sarcinile electrice din materie (electroni și protoni), transformând energia termică în radiație electromagnetică. Spectrul radiației termice acoperă o gamă largă de lungimi de undă, de la cele mai lungi unde infraroșii, prin spectrul luminii vizibile, până la cele mai scurte unde ultraviolete. Distribuția energiei radiante în acest spectru depinde de temperatura suprafeței emițătoare.

Riscuri de sanatate

Expunerea la radiaţii neionizante, în special la lumina ultravioletă (UV), este un factor de risc pentru apariţia cancerului de piele (în special a cancerelor de piele nemelanom), a arsurilor solare, a îmbătrânirii premature a pielii şi a altor efecte. Pe lângă efectul bine cunoscut al luminii UV care provoacă mutaţii în ADN, ceea ce poate duce la apariţia cancerului, radiaţiile neionizante pot produce, de asemenea, efecte nemutagene, cum ar fi stimularea energiei termice în ţesuturile biologice, care poate provoca arsuri.

Porţiunea radiaţiilor neionizante din spectrul electromagnetic poate fi subdivizată în:

- Porţiunea de radiaţii optice, care pot excita electroni (lumină vizibilă, lumină infraroşie)
- Porţiunea cu lungimi de undă mai mici decât dimensiunea corpului, în care se poate produce încălzirea prin curenţi induşi în ţesuturi. În plus, există afirmaţii privind alte efecte biologice adverse, deşi acestea nu sunt bine cunoscute şi sunt adesea contestate (microunde şi radiofrecvenţă de înaltă frecvenţă).
- Porţiunea cu lungimi de undă mult mai mari decât dimensiunea corpului, unde încălzirea prin curenţii induşi în ţesuturi are loc rar (radiofrecvenţă de joasă frecvenţă, câmpuri statice).

RADIATA IONIZATA

Radiatia ionizanta este alcatuita din particule subatomice sau unde electromagnetice care poseda suficienta energie pentru a desprinde electroni de la atomi sau molecule, producand ionizare. Gradul de ionizare a materiei depinde de energia particulelor sau undelor cu efect negativ, in loc de numarul lor. Un flux mare de astfel de particule sau unde nu duce la ionizare, in cazul in care nu au destula energie pentru a fi ionizante.

In esenta, particulele sau fotonii cu o energie mai mare de cativa electroni-volt (eV) sunt ionizante. Particulele ionizante includ particulele alfa, beta si neutroni. Capacitatea undelor electromagnetice (fotonilor) de a ioniza atomii sau moleculele depinde de frecventa acestora. Radiatiile cu unda scurta ale spectrului electromagnetic, precum radiatia ultravioleta, radiatiile X si radiatiile gamma cu frecvente mari, sunt ionizante.

Radiatia ionizanta se gaseste in materiale radioactive, tuburi cu radiatii X, acceleratoare de particule si in mediul inconjurator. Este invizibila si nu poate fi detectata prin intermediul simturilor umane, astfel fiind necesare instrumente precum contorul Geiger pentru a detecta

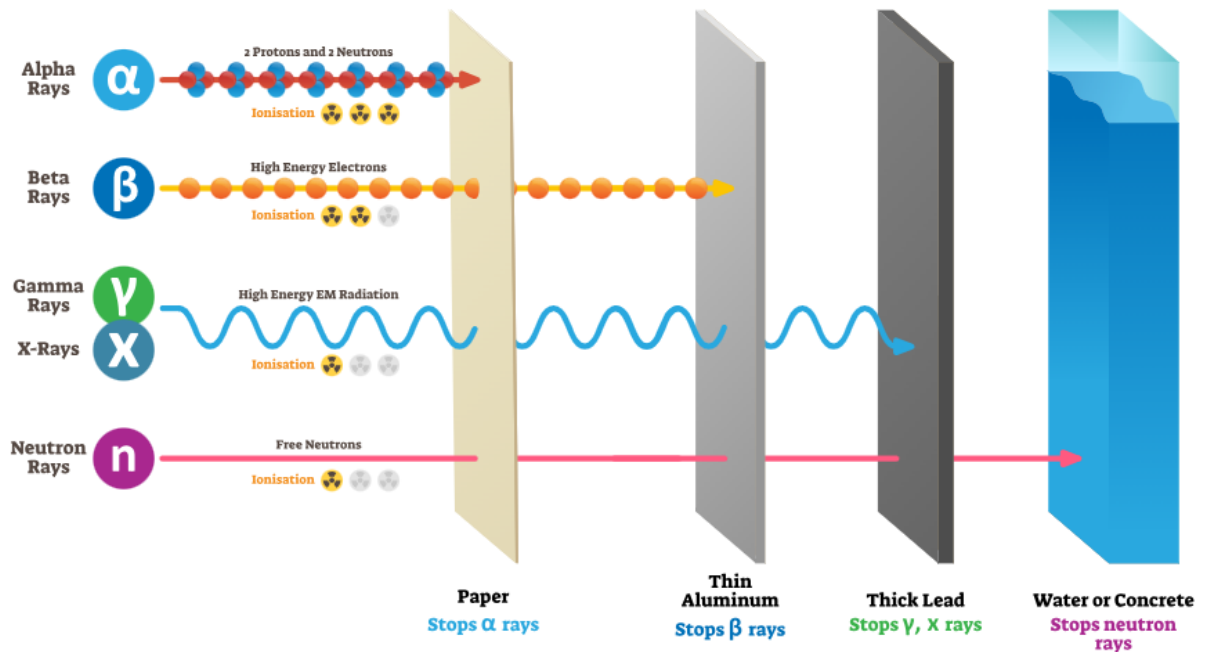
prezenta acesteia. În unele cazuri, poate duce la producerea unor emisii secundare de lumină vizibilă în urma interacţiunii cu materia, precum în cazul radiaţiei Cerenkov şi a radioluminescenţei. Radiaţia ionizantă are mai multe utilizări practice în medicina, cercetare, construcţii şi alte domenii, dar reprezintă un pericol dacă nu este utilizată corespunzător. Expunerea la radiaţii poate cauza daune ţesuturilor vii, rezultând în arsuri cutanate, otrăvire cu radiaţii şi deces în cazul unor doze foarte mari, precum şi cancerul, tumori şi deteriorări genetice la doze mai mici.

Diferite forme de radiaţii ionizante pot proveni de la o varietate de surse, dezintegrarea radioactivă, fisiunea nucleară, fuziunea şi acceleratoarele de particule sunt câteva exemple. Particulele ionizante trebuie să aibă suficientă energie pentru a interacţiona cu atomii ţintă. Interacţiunea electromagnetică apare între particulele încărcate şi fotoni, care sunt consideraţi ionizanţi atunci când au suficientă energie. Procesul de ionizare pentru fotoni începe în regiunea de înaltă frecvenţă a spectrului electromagnetic al luminii ultraviolete. În contrast, particulele încărcate precum electronii, pozitronii şi particulele alfa interacţionează electromagnetic cu electronii unui atom sau moleculei. În timp ce neutronii nu au sarcină electrică şi nu generează ionizare prin interacţiunea electromagnetică, neutronii rapizi vor interacţiona cu protonii de hidrogen pentru a produce radiaţii protonice, care sunt considerate ionizante deoarece sunt electric încărcate. Neutronii pot, de asemenea, interacţiona cu un nucleu atomic, rezultând interacţiuni neutronice care pot genera nuclee radioactive şi produce radiaţii ionizante.

Diferite tipuri de radiaţii ionizante pot fi generate prin procesul de descompunere radioactivă, fisiune şi fuziune nucleară, precum şi prin utilizarea acceleratoarelor de particule. Pentru a fi considerată ionizantă, o particulă trebuie să conţină suficientă energie şi să interacţioneze cu atomii unui obiect. Fotonii interacţionează electromagnetic cu particulele încărcate, ceea ce înseamnă că fotonii cu energie suficientă sunt în măsură să ionizeze mediul înconjurător. Procesul de ionizare pentru fotonii (lumină) începe în zona de înaltă frecvenţă a spectrului electromagnetic, la sfârşitul regiunii de ultraviolet.

Particulele încărcate precum electronii, pozitronii şi particulele alfa, interacţionează electromagnetic cu electronii atomilor sau moleculelor. În schimb, neutronii sunt neutri din punct de vedere electric, astfel încât nu pot cauza ionizare prin interacţiunea electromagnetică directă cu electronii. Cu toate acestea, neutronii rapizi interacţionează cu protonii din hidrogen, generând radiaţie protonică (protoni rapizi) care pot ioniza mediul deoarece sunt încărcate electric şi interacţionează cu electronii din materie. Neutronii pot, de asemenea, interacţiona cu

nucleul atomic prin reacţii care au loc în funcţie de viteza lor, fapt ce poate conduce la formarea de nuclee radioactive care produc radiaţie ionizantă atunci când se dezintegrează. În multe cazuri, aceste nuclee radioactive pot declanşa reacţii în lanţ în masa care se dezintegrează, ceea ce poate conduce la un efect mai mare de ionizare.



Tipuri de radiati ionizate

În imaginea de mai sus, se poate observa modelul de linii cu undulaţii care reprezintă radiaţiile gamma ce conţin particule încărcate cu neutroni şi care se deplasează pe linii drepte. Procesele de ionizare sunt reprezentate de cerculete. Atunci când se produce un eveniment de ionizare, un atom devine pozitiv încărcat, iar un electron este eliberat. Radiaţiile beta cu energie mare pot genera electroni secundari, numiţi δ -electroni, precum şi radiaţie de tipul bremsstrahlung, care poate ioniza molecule şi atomi. În contrast, radiaţiile gamma pot interacţiona diferit cu materiile şi pot produce perechi prin efectul fotoelectric, efectul compton şi prin alte efecte.

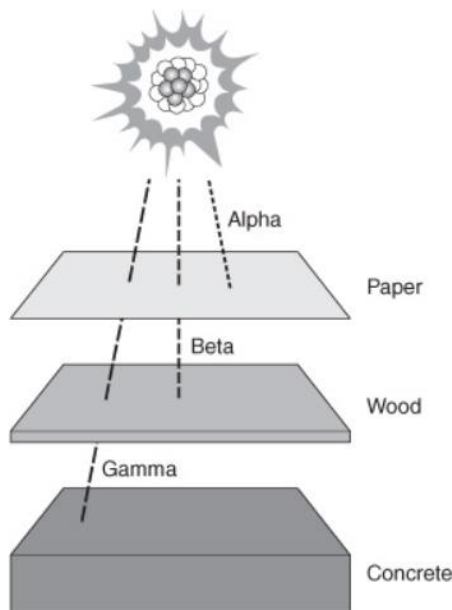
Efectul compton poate fi observat în figura unde se pot vedea două împrăştieri compton care au loc consecutiv. În fiecare eveniment de împrăştiere, radiaţia gamma transmite energie către un electron şi apoi îşi continuă drumul în altă direcţie cu un nivel de energie scăzut. În aceeaşi figură, neutronul poate fi observat după ce se ciocneşte cu un proton al materiei-ţintă şi devine ulterior un proton rapid ce produce ionizarea. Neutronul este capturat de un nucleu într-o reacţie numită (n, γ) care duce la generarea unui foton captator de neutroni.

Radiaţiile ionizante pot afecta grav ţesuturile vii prin crearea de ioni şi electroni încărcăţi negativ. Dozele prea mari pot avea un efect dăunător aproape instantaneu sub forma unei otrăviri cu radiaţii, în timp ce dozele mai mici pot cauza cancer şi alte probleme de sănătate pe termen lung. Dozele prea mici sunt un subiect de actualitate în domeniul radiaţiilor, fiind generate de izotopi naturali şi artificiali, de radiaţiile cosmice, de radiaţiile X utilizate în medicină şi cele generate de centralele nucleare.

Materialele radioactive, precum uraniul sau radiul, sunt cunoscute pentru faptul că emit trei tipuri de radiaţii periculoase: particule alfa, particule beta şi radiaţii gamma. Particulele alfa sunt de fapt nuclee de heliu şi sunt relativ mari şi grele, făcându-le astfel mai puţin penetrante. Ele pot fi oprite de materiale uşoare, cum ar fi o foaie de hârtie sau un strat subţire de aluminiu. Cu toate acestea, atunci când aceste particule pătrund în interiorul corpului uman, ele pot cauza daune semnificative.

Particulele beta sunt electroni sau pozitroni rapizi şi sunt mai mici şi mai uşoare decât particulele alfa, ceea ce le conferă o penetrabilitate mai mare. Acestea pot trece prin materiale mai groase, cum ar fi hârtia sau aluminiul, şi pot pătrunde în ţesuturi şi organe. Radiaţiile gamma, pe de altă parte, sunt valuri electromagnetice cu energie mare şi frecvenţă înaltă. Acestea sunt foarte penetrante şi pot traversa chiar şi materiale mai dense, necesitând un scut de protecţie mai gros pentru a ne proteja împotriva lor. Deşi radiaţiile gamma sunt mai puţin ionizante decât particulele alfa şi beta, ele pot avea în continuare efecte periculoase.

Expunerea la radiaţii gamma poate provoca arsuri şi poate contribui la dezvoltarea cancerului prin mutaţii genetice. Cu toate acestea, biologia umană are mecanisme interne pentru a se proteja împotriva acestor daune. Modificările ADN cauzate de radiaţii pot fi corectate de către enzimele de reparare a ADN-ului sau, în cazul celulelor cu modificări ireparabile, celulele pot fi eliminate prin apoptoză, ajutând astfel la menţinerea integrităţii genetice şi la prevenirea unor afecţiuni grave.



Gradul de pătrundere a radiaţiilor alpha, beta şi gamma în materiale.

Radiaţia neionizantă, precum cea emisă de telefoanele mobile sau de alte dispozitive electronice, este considerată esenţial inofensivă sub nivelurile care generează căldură. Cu toate acestea, nivelul de pericol în ceea ce priveşte radiaţia ionizantă rămâne subiect de dezbatere. Aceasta poate fi foarte periculoasă la expunere directă. În plus, oamenii şi animalele pot fi expuse la radiaţia ionizantă în mod intern prin izotopii radioactivi prezenţi în mediul ambiant care pot fi introduşi în organism. De exemplu, iodul radioactiv poate fi preluat de corp la fel ca iodul normal şi stocat în tiroidă, dar înmulţirea excesivă a acestuia poate genera cancer tiroidian. Unele elemente radioactive sunt adesea acumulate biologic.

Unităţi de măsură

Unitatile de masura folosite pentru cuantificarea radiaţiilor ionizante sunt complexe. Radiaţia ionizantă este masurată prin unitati de expunere.

- Unitatea Coulomb pe kilogram (C/kg) măsura cantitatea de radiaţie necesară pentru a crea un coulomb de sarcină de fiecare polaritate într-un kilogram de materie.
- O alta unitate, Roentgenul, măsura cantitatea de radiaţie necesară pentru eliberarea unui esu de sarcină de fiecare polaritate, într-un centimetru cub de aer uscat. $1 \text{ Roentgen} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$

Cantitatea de daune cauzate materiei de către radiaţiile ionizante este mai legată de energia depozitată decât de sarcină. Această cantitate se numeşte doză absorbită şi se măsoară în gray (Gy) în sistemul SI, care este echivalentul a 1 joule de energie depozitată într-un kilogram de

materie. În sistemul tradiţional, doza absorbită este măsurată în rad (doză absorbită roentgen), în care 100 rad corespund unui gray.

Diferite tipuri de radiaţii de energii diferite cauzează cantităţi diferite de daune ţesuturilor vii, de exemplu, 1 Gy de radiaţie alfa produce aproximativ 20 de ori mai multe daune decât 1 Gy de radiaţie X. Prin urmare, a fost introdusă noţiunea de doză echivalentă, care ia în considerare şi efectul biologic al radiaţiei. Aceasta se calculează înmulţind doza absorbită cu un factor de greutate w_R , care este specific fiecărui tip de radiaţie.

Factorii de greutate W_R pentru doza echivalentă		
Radiaţie	Energie	W_R
Radia ii X, radia ii gamma, electroni, pozitroni, muoni		1
Neutroni	<1 MeV	$2.5+18.2e^{-[\ln(E_n)]^2/6}$
	1 MeV to 50 MeV	$5.0+17.0e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}$
	>50 MeV	$2.5+3.25e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}$
Protoni	>2 MeV	2
Particule alfa, fragmente de fisiune, nuclei grei		20

Unităţile de măsură pentru doze echivalente sunt:

- Sievert (Sv) este unitatea de doză echivalentă. Deşi are aceleaşi unităţi ca şi Gray (Gy) în J/kg, sievertul măsoară ceva diferit. Este doza unei anumite tipuri de radiaţii în Gy care are acelaşi efect biologic asupra unui om ca şi 1 Gy de radiaţii X sau gamma.

- Rem (roentgen echivalent în om) este unitatea tradiţională a dozei echivalente. 1 Sievert este egal cu 100 de rem. Din cauza faptului că rem este o unitate relativ mare, doza echivalentă tipică se măsoară în milirem (mrem) sau în microsievert (μSv). 1 mrem este egal cu 10 μSv .

- Bret (radiaţie de fond echivalentă în timp) este o unitate folosită uneori pentru dozele mici de radiaţie. Aceasta reprezintă numărul de zile de expunere la radiaţia de fond obişnuită care este echivalentă cu o doză. Această unitate nu este standardizată şi depinde de valoarea folosită pentru doza de radiaţie de fond. Folosind valoarea UNSCEAR din 2000, un bret este egal cu 6,6 microsievert.

Este important de menţionat că doza obişnuită a radiaţiei de fond naturale pe care o primeşte omul este în jur de 2,4 milisievert (240 mrem) pe an. Doza corporală letală de radiaţie pentru un om este în jur de 4-5 sievert (400-500 rem).

Utilizări

Radiaţia ionizantă se poate utiliza în diverse scopuri, inclusiv pentru distrugerea celulelor canceroase. Totuşi, efectele sale negative asupra sănătăţii umane sunt bine cunoscute şi, dacă este utilizată în exces, poate fi periculoasă. De exemplu, în trecut, asistenţii din magazinele de încălţăminte foloseau radiaţii X pentru a măsura piciorul copiilor, dar această practică a fost

interzisă odată cu descoperirea consecinţelor negative ale radiaţiei ionizante pentru organismul uman.

Datarea Radiometrică

Datarea radiometrică se foloseşte de radiaţiile ionizante pentru a oferi informaţii privind vârsta relativă sau absolută a diverselor materiale. Această tehnică, exemplificată prin diverse metode, e folosită la înţelegerea evoluţiei geologice şi arheologice. Prin aplicarea radiaţiilor ionizante, în special în datarea cu Carbon-14, datarea cu uraniu-thoriu, datarea potasiu-argon şi datarea cu luminiscentă optică stimulată (OSL), cercetătorii obţin date precise privind momentul anumitor evenimente sau stadii în evoluţia materialelor. Aceste investigaţii nu doar permit reconstituirea cronologiei istorice a Pământului, ci ca exemplu, să înţelegem evoluţia vieţii, a schimbărilor climatice.

Energia Nucleară

Reactoarele nucleare sunt surse semnificative de energie, generând cantităţi mari de radiaţie ionizantă ca produse secundare ale fisiunii în timpul funcţionării. În paralel, aceste reactoare generează deşeuri nucleare extrem de radioactive, care rămân emiţătoare de radiaţii ionizante timp de mii de ani. Problema gestionării sigure a acestor deşeuri reprezintă o provocare globală fără soluţie asociată cu această tehnologie.

Îndepărtarea eficientă a deşeurilor nucleare este esenţială pentru a proteja generaţiile viitoare de expunerea la radiaţii.

Controlul calităţii materialelor:

Datorită capacităţii radiaţiei ionizante de a pătrunde în materie, există o diversitate de metode avansate de măsurare utilizate în industrie.

Radiografiile industriale reprezintă o tehnică esenţială, folosind radiaţii X şi gamma pentru a obţine imagini detaliate ale interiorului obiectelor solide. Aceasta este o metodă de testare şi inspecţie nedistructivă, în care piesa ce urmează a fi radiografiată este plasată între sursă şi un film radiografic aflat într-o casetă. După o perioadă de expunere, filmul este dezvoltat, relevând eventualele defecte interne ale materialului.

Măsurătorile care se bazează pe legea de absorbţie exponenţială a radiaţiei gamma oferă informaţii precise şi fiabile în diverse aplicaţii industriale. De exemplu, indicatoarele de nivel utilizează sursa şi detectorul plasate la capete opuse ale unui container, indicând prezenţa sau absenţa de material în calea orizontală a radiaţiei. Sursele beta sau gamma sunt selectate în funcţie de grosimea şi densitatea materialului măsurat, iar această tehnică este frecvent utilizată pentru containere ce conţin lichide sau substanţe granulare.

În plus, există şi tehnici avansate precum indicatoarele de grosime, care exploatează faptul că semnalul detectat de radiaţii depinde de grosimea constantă a materialului. Această metodă se dovedeşte utilă în procesele de producţie continuă, precum cele din industria hârtiei, cauciucului

şi altele asemenea. Utilizarea acestor tehnici avansate în măsurătorile industriale contribuie la asigurarea calităţii şi a integrităţii materialelor în diferite domenii industriale.

Aplicaţii Biologice şi Medicale ale Radiaţiei Ionizante

Radiaţia ionizantă joacă un rol semnificativ în domeniul medical şi biologic, având diverse aplicaţii esenţiale. În medicină, una dintre cele mai frecvente utilizări ale radiaţiei ionizante este în radiografia medicală, unde radiaţiile X sunt folosite pentru a crea imagini detaliate ale interiorului corpului uman. Aceasta reprezintă cea mai extinsă sursă artificială de expunere la radiaţii pentru oameni. Mai mult decât atât, radiaţia este utilizată în terapia cu radiaţii pentru tratarea unor boli specifice. Metodele de tratare menţionate anterior sunt, de asemenea, utilizate în medicina nucleară pentru diagnosticarea bolilor şi au devenit indispensabile în cercetare.

În biologie şi agricultură este folosită pentru introducerea de mutaţii pentru a genera noi specii sau îmbunătăţi speciile existente. În ceea ce priveşte controlul insectelor, tehnica de sterilizare a insectelor prin radiaţii este utilizată pentru a reduce populaţia, unde insectele de sex masculin sunt sterilizate şi apoi eliberate, prevenind astfel reproducerea şi limitând extinderea populaţiei.

În medicină, biologie şi alte domenii de cercetare, radiaţia este aplicată pentru sterilizarea instrumentelor şi echipamentelor, beneficiind de avantajul că obiectele pot fi sigilate în plastic înainte de procesul de sterilizare. În dezvoltarea industriei alimentare, se explorează utilizarea radiaţiei pentru sterilizarea alimentelor, deşi aceasta rămâne o temă controversată din cauza preocupărilor privind potenţialul impact asupra sănătăţii indus de radioactivitate.

Surse

Radiaţii de fond naturale

Radiaţia provenită din surse naturale de fond are patru surse principale: radiaţia cosmică, radiaţia solară, sursele extraterestre şi radonul.

Radiaţia cosmică

Provenind din afara sistemului solar, loveşte în mod continuu Pământul şi toate fiinţele vii. Acest tip de radiaţie este compus din ioni cu sarcină pozitivă, variind de la protoni la nuclee de fier, iar energia sa poate depăşi ceea ce poate fi creat de oameni, chiar şi cu cele mai mari acceleratoare de particule. În atmosfera Pământului, această radiaţie cosmică interacţionează şi creează radiaţii secundare, cum ar fi razele X, muonii, protonii, particulele alfa, pionii, electronii şi neutronii, care apoi cad pe suprafaţa Pământului. Doza de radiaţie cosmică este compusă în principal din muoni, neutroni şi electroni, cu o rată de doză care variază în funcţie de diferite regiuni ale lumii şi depinde de câmpul geomagnetic, altitudine şi ciclul solar.

Surse terestre

Cea mai mare parte a materialelor de pe Terra conţin atomi radioactivi, chiar şi în cantităţi infime. Dozele primite de o persoană de la aceste surse, cu excepţia radonului, provin în principal din emisiile de radiaţii gamma provenite de la pereţi şi podele în interiorul unei locuinţe sau din pietre şi sol în exterior. Radionuclizi de interes în contextul radiaţiei terestre includ potasiul, uraniul şi toriul. Toate aceste surse sunt într-un proces continuu de descompunere încă de la formarea Pământului, iar în prezent, doza de radiaţii furnizată de potasiul-40 este aproximativ la jumătate faţă de cea care ar fi fost în perioada apariţiei vieţii pe Terra.

Radon

Radon-222 este generat prin descompunerea radium-226, prezent oriunde se găseşte uraniu. Acest gaz, datorită naturii sale gazoase, pătrunde din solurile care conţin uraniu şi se acumulează în locuinţele bine sigilate. Acest gaz, lipsit de miros şi gust, adesea devine principala sursă de radiaţii de fundal pentru indivizi şi prezintă variaţii semnificative de la o locaţie la alta. În realitate, nivelurile de radon pot să difere chiar şi în aceeaşi zonă rezidenţială din cauza variaţiilor în compoziţia solului şi geologie.

Datorită radioactivităţii sale, expunerea prelungită la niveluri crescute de radon reprezintă o ameninţare semnificativă pentru sănătate. De fapt, este recunoscut ca fiind a doua cauză principală a cancerului pulmonar în Statele Unite, imediat după fumat. Atunci când este inhalat, particulele de radon pot provoca deteriorarea celulelor care căptuşesc plămânii, crescând riscul dezvoltării cancerului în timp. Estimările Organizaţiei Mondiale a Sănătăţii indică faptul că radonul contribuie la aproximativ 3-14% din totalul cazurilor de cancer pulmonar la nivel global, transformându-l într-o preocupare majoră pentru sănătatea publică.

Surse de radiaţii artificiale

Sursele de radiaţii, atât naturale, cât şi artificiale, au un impact similar asupra materiei. În scopul protejării publicului, Comisia pentru Reglementarea Nucleară din SUA a impus limite pentru expunerea la radiaţii. Indivizii din public au voie să primească până la 100 mrem (1 mSv) pe an, în timp ce adulţii care sunt expuşi la radiaţii în timpul muncii au un plafon de 5000 mrem (50 mSv) pe an. În medie, populaţia americană este expusă la aproximativ 360 mrem (3.6 mSv) de radiaţii în fiecare an, cu 81% provenind din surse naturale şi restul de 19% din surse artificiale. De menţionat că în anumite regiuni, doza medie de radiaţii de fond poate depăşi 1000 mrem (10 mSv) pe an.

Gazul radon, care se infiltrează constant din roci şi se acumulează în locuinţele prost ventilate, contribuie semnificativ la nivelurile de radiaţii de fond. Nivelul radiaţiei de fond variază în funcţie de locaţie, situându-se între 1.5 mSv pe an în anumite zone şi peste 100 mSv pe an în altele. În oraşul Ramsar din Iran, rezidenţii sunt expuşi unei doze absorbite de radiaţii de fond de până la 260 mSv pe an. Deşi trăiesc de generaţii întregi în aceste zone cu radiaţii de fond ridicate, aceşti indivizi nu prezintă diferenţe semnificative în comparaţie cu cei care trăiesc în zone cu niveluri normale de radiaţii de fond. Aceasta a condus la concluzia că nivelurile ridicate,

dar constante, de radiaţii sunt mai uşor de tolerat pentru organism decât expunerea la explozii bruşte de radiaţii.

În timp ce unele surse artificiale de radiaţii afectează organismul prin iradiere directă, altele se prezintă sub formă de contaminare radioactivă, care iradiază organismul din interior. Procedurile medicale precum diagnosticul cu raze X, medicina nucleară şi terapia cu radiaţii reprezintă principalele surse de expunere la radiaţii artificiale pentru publicul larg. Radionuclizii utilizaţi frecvent în aceste proceduri includ I-131, Tc-99, Co-66, Ir-192 şi Cs-137, aceştia fiind eliberaţi rar în mediul înconjurător.

Trebuie menţionat că publicul poate fi expus la radiaţii şi din diverse produse de consum precum tutunul (poloniu-210), materialele de construcţie, combustibilii (gaz, cărbune), sticla oftalmică, televizoarele, cadranul luminos al ceasurilor (tritiu), sistemele de scanare cu raze X de la aeroporturi, detectoarele de fum (americium), materialele de construcţie pentru drumuri, tuburile cu vid, starterele pentru becurile fluorescente şi vopseaua fluorescentă pentru lanterne (toriu). Terapia cu radiaţii, una dintre cele mai comune utilizări medicale ale radiaţiilor, presupune în mod obişnuit o doză de 7 Gy distribuită pe parcursul a două luni. Ciclul de combustibil nuclear, care include întreaga secvenţă de la extracţia şi prelucrarea uraniului până la eliminarea combustibilului uzat, expune, de asemenea, publicul la radiaţii.

Cu toate acestea, efectele acestei expunerii nu au fost măsurate cu precizie din cauza dozelor foarte scăzute implicate. Susţinătorii energiei nucleare compară estimările expunerii cu puterea mutagenă a purtării pantalonilor timp de două minute în plus pe an, referindu-se la impactul minim al acestor niveluri joase de radiaţii. Pe de altă parte, adversarii susţin că cancerul indus de doză ar putea totuşi să rezulte în câteva sute de cazuri în fiecare an, folosind modelul liniar fără prag.

În cazul nefericit al unui război nuclear, radiaţia gamma provenită de la fallout-ul radioactiv este probabil să provoace cele mai multe victime. Dozele în zona de vânt la ţinte ar putea depăşi 300 Gy pe oră. Pentru a pune acest lucru în perspectivă, o doză letală pentru jumătatea populaţiei normale, fără tratament medical, este aproximativ 4.5 Gy, ceea ce reprezintă aproximativ 15,000 de ori rata anuală medie de radiaţii de fond. În medii de lucru unde indivizii sunt expuşi la radiaţii, nivelul lor de expunere este monitorizat cu atenţie în funcţie de sursele specifice cu care lucrează. Acest lucru se realizează cu ajutorul dozimetrelor portabili. Radionuclizi de interes includ Co-60, Cs-137, Am-241 şi I-131.

Efectele biologice ale radiaţiilor sunt subiectul evaluărilor care țin cont de impactul lor asupra celulelor vii. În situaţia expunerii la niveluri scăzute de radiaţii, efectele biologice pot fi atât de subtile încât nu pot fi detectate cu uşurinţă în studiile epidemiologice. Capacitatea corpului uman de a repara leziunile induse de radiaţii şi substanţe chimice este o componentă crucială a răspunsului biologic.

Efecte biologice

Efectele biologice ale radiaţiilor asupra celulelor vii pot lua diverse forme, inclusiv:

1. Daune la ADN-ul celulelor: În anumite circumstanţe, celulele pot repara leziunile cauzate de radiaţii, menţinând integritatea materialului genetic.
2. Daune la ADN-ul celulelor cu incapacitate de reparare: Alte celule, afectate în mod sever, pot deveni incapabile să îşi repare propriul ADN şi pot intra în procesul de apoptoză, împiedicând astfel apariţia unor leziuni şi mutaţii genetice ulterioare.
3. Mutaţii ale ADN-ului: Unele celule pot suferi mutaţii ale ADN-ului ca rezultat al expunerii la radiaţii, iar aceste mutaţii pot fi transmise în timpul diviziunilor celulare ulterioare, contribuind astfel la potenţiala dezvoltare a cancerului.
4. Daune ireparabile la ADN: În cazuri extreme, nivelurile scăzute de radiaţii ionizante pot provoca daune ireversibile la ADN-ul celular, conducând la îmbătrânire prematură şi creşterea riscului de cancer.

Efectele asupra ţesuturilor pot fi complexe, iar în unele situaţii, o expunere iniţială la o doză mică de radiaţii poate chiar să reducă impactul unei doze ulterioare mai mari. Acest fenomen, cunoscut sub numele de "răspuns adaptiv", este asociat cu un mecanism hipotetic hormetic, indicând complexitatea şi adaptabilitatea sistemului biologic în faţa radiaţiilor.

Expunerea cronică la radiaţii

Reprezintă contactul prelungit cu radiaţie ionizantă pe o perioadă extinsă. Radiaţia de fond naturală reprezintă un exemplu de expunere cronică, însă stabilirea unui nivel normal este dificilă din cauza variaţiilor. Locaţia geografică şi ocupaţia pot influenţa în mod semnificativ expunerea cronică.

În opoziţie, expunerea acută la radiaţii descrie contactul cu radiaţie ionizantă pe o perioadă scurtă de timp. Există expuneri care pot fi regulate şi de scurtă durată, dar identificarea nivelului la care devine semnificativă poate fi dificilă. Exemple extreme de expunere acută includ: explozii nucleare cu expunere instantanee, manipularea surselor radioactive puternice timp de câteva minute până la ore, accidente în laboratoare sau în fabrici, şi doze medicale mari intenţionate sau accidentale.

Efectele evenimentelor acute sunt mai accesibile pentru studiu decât cele ale expunerii cronice, deoarece evenimentele acute produc adesea simptome imediate şi evidente. Deşi ambii termeni se referă la expuneri care pot avea consecinţe nocive pentru sănătatea umană, există distincţii semnificative între ele. Evenimentele acute sunt, în general, mai uşor de studiat şi de înţeles, în timp ce expunerea cronică poate ascunde efecte subtile şi poate fi dificilă de detectat în stadiile incipiente.

Nivele de radiaţie

Expunerea la radiaţii ionizante a fost asociată, în principal, cu populaţii expuse la nivele semnificative de radiaţii, cum ar fi supravieţuitorii bombelor atomice japoneze şi cei care au suferit proceduri medicale terapeutice sau de diagnostic. Această asociere a fost identificată în

special în cazul unor tipuri de cancer precum leucemia, cancerul tiroidian, cancerul de sân, vezică, colon, ficat, plămâni, esofag, ovare, mielom multiplu şi gastric.

Studiile Departamentului American de Sănătate şi Servicii Umane au extins această asociere la cancerul de prostată, sinusurile/cavitatea nazală, faringe şi laringe, precum şi cancerul pancreatic. Perioada de timp dintre expunerea la radiaţii şi detectarea cancerului, cunoscută sub numele de perioada latentă, reprezintă o componentă crucială în înţelegerea acestui fenomen. Cancerul indus de radiaţii este adesea imperceptibil în comparaţie cu cel produs natural sau ca rezultat al altor agenţi cancerigeni, şi se desfăşoară într-un mod distinct.

Cu toate acestea, interpretarea datelor privind impactul asupra sănătăţii la nivele mici de radiaţie, în jurul valorii de 1000 mrem (10 mSv), devine o provocare. Cercetătorii se bazează pe modele ale procesului prin care radiaţia generează cancer, iar diverse modele propun diferite nivele de risc. Deşi datele privind sănătatea publică pentru expunerea la doze mici sunt complexe, modelele liniare de doză/răspuns sugerează că chiar şi creşteri minime în doză pot rezulta într-o creştere incrementală a riscului.

Două evenimente semnificative care au generat expuneri extinse la doze mari de radiaţie ionizantă şi care au fost supuse unor studii detaliate includ accidentul nuclear de la Goiânia şi dezastrul de la centrala nucleară Fukushima.

Accidentul Nuclear de la Goiânia (1987):

În 1987, în oraşul brazilian Goiânia s-a întâmplat un eveniment tragic legat de expunerea la radiaţii, un aparat de terapie cu cobalt, găsit într-o clădire veche abandonată, a fost descoperit de doi oameni care au demontat aparatul pentru a recupera materialele metalice. Aceste materiale erau contaminate cu cesiu-137, iar cei doi au distribuit inconştienţi aceste materiale radioactive în comunitatea locală. În urma incidentului de la Goiânia, 112.000 de persoane au fost examinate pentru contaminare radioactivă, dintre care 249 au prezentat niveluri semnificative de material radioactiv în sau pe corpul lor. Din această grupă, 129 de persoane au suferit contaminare internă, majoritatea cu doze mici (<50 mSv) şi 97% dintre cele cu doze mai mari de 10-200 mSv au avut un risc între 1 din 2.000 şi 1 din 100 de a dezvolta cancer ca rezultat.

Dezastrul Nuclear de la Fukushima (2011)

În 2011, Japonia a fost lovită de un cutremur urmat de un tsunami, declanşând un accident nuclear la centrala nucleară Fukushima Daiichi. Radiaţii semnificative au fost eliberate în atmosferă, iar personalul de urgenţă şi comunităţile din apropiere au fost expuşi la doze mari de radiaţii. În urma accidentului de la Fukushima, aproximativ 167 de lucrători din centrala nucleară au primit doze de radiaţii ce ridică uşor riscul de cancer, dar acest risc poate să nu fie detectabil statistic. Dozele efective estimate din cauza accidentului de la Fukushima în afara Japoniei sunt considerate a fi sub (sau mult sub) nivelurile de doză considerate foarte mici de către comunitatea internaţională de protecţie radiologică.

Exemple de doze de radiaţii ionizante

Măsurarea exactă a nivelurilor variază, însă otrăvirea uşoară cu radiaţii este considerată a începe la 50-100 rad (0.5-1 gray (Gy), 0.5-1 sv, 50-100 rem, 50.000-100.000 mrem). Chiar dacă unitatea internaţională de măsură pentru o doză echivalentă de radiaţie este Sievert, standardele şi referinţele pentru expunerea cronică la radiaţii sunt încă exprimate în milirem, reprezentând o mie de părţi dintr-un rem (1 mrem = 0.01 msv). În tabelul următor, sunt incluse dozele relevante pe termen scurt în scopuri de comparaţie.

Mai adauga

Monitorizarea şi controlarea expunerilor

Corpul uman nu poate detecta radiaţii ionizante, dar există instrumente specializate care pot detecta chiar şi cele mai mici concentraţii de radiaţii din surse naturale şi artificiale.

Ca exemple , contoarele Geiger şi contoarele cu scintilaţie sunt instrumentele care măsoară direct expunerea la radiaţii ionizante. Dozimetrele cu camere de ioni şi dozimetrele cu film sub formă de insignă sunt folosite pentru a măsura expunerea la radiaţii în timpul unei perioade de timp specificate. Acestea pot fi purtate de persoanele care lucrează în mediul radioactiv sau de persoanele care se află în zonele de risc şi pot fi încărcate regulat pentru a verifica expunerea la radiaţii. dozimetrele cu cristale termoluminiscente (TLD) sunt instrumentele care măsoară expunerea totală la radiaţii şi pot fi utilizate pentru a verifica expunerea la radiaţii în timpul unei perioade de timp mai lungi. Acestea pot fi refolosite după ce au fost citite.

- Timpul: Reducerea timpului de expunere la radiaţie duce la limitarea sau minimizarea dozei primite de la sursa de radiaţie pentru persoanele care sunt expuse la radiaţie
- Distanţa: Cu cât distanţa dintre sursa de radiaţie şi individ este mai mare, cu atât intensitatea radiaţiei va fi mai mică
- Ecranare : protecţia împotriva radiaţiilor ionizante, folosind alte materiale ca si plumbul , cimentul si chiar apa , pentru blocarea radiaţiile gamma şi X , neutronice.Mai poate fi folosit si plasticul pentru a opri particulele beta , aerul care Opreşte particulele alfa. Eficienţa unui material de ecranare este determinată de grosimea de înjumătăţire, care reprezintă grosimea necesară pentru a reduce intensitatea radiaţiei la jumătate , ca exemple plumbul la 1 cm pentru radiaţii gamma de 1 MeV , cimentul la 10 cm pentru radiaţii gamma de 1 MeV si apa la 10 cm pentru radiaţii neutronice de 1 MeV.

CONTORUL GEIGER-MULLER

Contorul Geiger-Müller, cunoscut şi sub numele de contor Geiger sau tub GM, este un instrument folosit pentru detectarea radiaţiilor ionizante, fiind capabil să măsoare particule beta, radiaţie gamma şi, în cazul unor modele specifice, particule alfa, este un detector de ionizare gazos care operează pe Platoul Geiger, având o sensibilitate sporită la radiaţii de energie mică. Elementul cheie al unui contor Geiger este un tub Geiger-Müller, sau tub GM, care poate detecta chiar şi o singură particulă de radiaţie ionizantă, producând de obicei un sunet scurt pentru fiecare particulă. Inventat iniţial de Hans Geiger împreună cu Ernest Rutherford în 1908 pentru a detecta particule alfa, dispozitivul a fost ulterior îmbunătăţit de Geiger şi Walther Müllern în 1928 pentru a măsura mai multe tipuri de radiaţii.

Un tub Geiger-Müller este format dintr-un tub umplut cu un gaz inert la aproximativ 0.1 atmosfere, cum ar fi heliu, neon sau argon, şi conţine electrozi, între care este o diferenţă de potenţial de câteva sute de volţi, dar fără curent. Pereţii tubului sunt fie din metal sau acoperiţi pe interior cu metal sau grafit pentru a forma catodul, pe când anodul este un fir care trece prin centrul tubului. Când radiaţie ionizantă trece prin tub, o parte din moleculele gazului sunt ionizate, creând ioni încărcăţi pozitiv şi electroni. Câmpul electric puternic creat de electrozii tubului accelerează ionii către catod şi electronii către anod. Perechile de ioni capătă suficientă energie pentru a ioniza în continuare şi alte molecule ale gazului prin coliziuni în drumul lor, creând astfel o avalanşă de particule încărcate electrostatic. Acest proces rezultă într-un puls scurt, dar intens, care trece (sau cascadează) de la electrodul negativ la cel pozitiv şi este măsurat sau numărat. Majoritatea detectoarelor conţin şi un buzzer care produc un sunet scurt la fiecare descărcare. Numărul de pulsuri pe secundă măsoară intensitatea câmpului de radiaţie.

Există două tipuri de tuburi Geiger-Müller cu fereastră la un capăt: tipul cu manta de sticlă şi cel cu fereastră din mica (strat de minerale de silicat sau polisilicat, cu formaţiuni hexagonale ale atomilor). Tipul de fereastră din sticlă nu va detecta radiaţii alfa, datorită faptului că nu pot pătrunde prin sticlă, dar este mai ieftin şi detectează, de obicei, radiaţii beta şi radiaţii X. Fereastra de tip mica detectează radiaţii alfa, dar este mai fragilă.

Majoritatea tuburilor detectează radiaţie gamma, şi, de obicei, beta peste aproximativ 2.5MeV (mega electron volţi). Tuburile GM nu detectează, de obicei, neutroni datorită faptului că aceştia nu ionizează gazul din interior. Totuşi, tuburi sensibile la neutroni pot fi produse care ori au pereţii interior acoperit cu Bor sau conţin trifluorură de bor sau heliu-3, gaz. Neutronii interacţionează cu nucleele de bor, producând particule alfa sau cu nucleele de heliu-3 producând hidrogen sau ioni de tritium sau electroni. Aceste particule încărcate declanşează procesul normal de avalanşă.

Înnăbuşire (Quenching)

Tubul Geiger-Müller (GM) are rolul de a detecta particule individuale, dar pentru a funcţiona corect, trebuie să îndeplinească anumite condiţii, primul rând, tubul trebuie să genereze un singur puls la intrarea unei singure particule, evitând pulsuri false, este important ca tubul să revină rapid la starea pasivă după detectarea unei particule. Problema e ca ionii pozitivi de argon din tub, când se ciocnesc cu catodul, aceşti ioni devin atomi neutri de argon excitaţi, emiţând fotoni. Aceşti fotoni pot declanşa avalanşe de electroni, generând pulsuri false.

Pentru a elimina această problemă, se utilizează tehnici de înnăbuşire. Înnăbuşirea externă utilizează circuite electronice pentru a îndepărta rapid tensiunea dintre electrozi după detectarea unei particule, oprind descărcarea. Tuburile cu autoînnăbuşire, cunoscute şi ca tuburi cu înnăbuşire internă, nu necesită circuite externe, ele conţin o cantitate mică de vapori organici poliatomici, precum butan sau etanol, sau alternativ, bromură sau clorură. Aceste molecule de gaz acţionează ca înnăbuşitori, ionii pozitivi de argon, în mişcarea lor lentă către catod, se ciocnesc cu moleculele de gaz, transferându-le energia şi sarcina electrică. Atomii neutri de argon ajung la catod, în timp ce ionii gazului înnăbuşitor primesc electroni şi devin excitaţi, spre deosebire de atomii de argon excitaţi, moleculele excitate ale gazului înnăbuşitor nu emit fotoni. În schimb, ele îşi pierd energia prin separare în molecule neutre, eliminând riscul pulsurilor false.