

NOȚIUNI GENERALE DE FIZICA ATOMULUI ȘI A NUCLEULUI

Structura discontinuă a materiei

Încă din antichitate s-a pus problema cunoașterii structurii materiei dar în lipsa oricăror instrumente de investigare modelele nu se puteau baza decât pe speculații. Filozofii greci au propus, în esență, două modele unul care presupunea o structură continuă a materiei (substanța putea fi divizată la infinit fără ca părțile obținute să-și schimbe proprietățile) și un altul care presupunea o structură discontinuă (substanța este alcătuită din mici particule ce nu pot fi divizate fără să-și modifice proprietățile). Doar începutul secolului 19 a adus datele experimentale ce au permis adoptarea unanimă a teoriei ce susține structura discontinuă a materiei (Dalton 1903). Astfel acum știm că substanțele sunt alcătuite din *molecule* - cele mai mici particule ce au aceleași proprietăți chimice cu a *substanței* din care provin – iar moleculele sunt alcătuite din *atomi* –cele mai mici particule care păstrează aceleași proprietăți fizice și chimice cu ale *elementului* din care provin. La sfârșitul secolului 19 și începutul secolului 20 au apărut datele experimentale ce indicau că și atomii au o structură J. J. Thomson 1897) fiind alcătuiți dintr-un nucleu încărcat electric pozitiv și electroni încărcăți negativ (E. Rutherford 1909). Detaliile privind distribuția electronilor în jurul nucleului au fost

lămurite ulterior (N. Bohr 1913 și E. Schrödinger 1926)

Modele atomice

Modelele ce descriau structura atomului au evoluat pe măsura acumulării datelor experimentale dar și a dezvoltării diverselor teorii fizice (teoria cuantică, teoria relativității, teoria dualismului corpuscul undă etc.) astfel încât în prezent pot fi explicate cu acuratețe toate fenomenele ce apar la nivelul atomului.

Inițial s-a presupus că atomii sunt omogeni, neutrii din punct de vedere electric și indestructibili cu mijloace fizice obișnuite. J. J. Thomson a descoperit că electronii provin din atom și, dat fiind faptul că atomii sunt electric neutrii, a presupus existența unor sarcini pozitive. El a presupus că electronii se găsesc distribuiți uniform în interiorul sarcinii pozitive. Experiențele efectuate de Rutherford au demonstrat însă că sarcina electrică și aproape toată masa atomului sunt concentrate într-o regiune foarte restrânsă în centrul atomului constituind nucleul atomic iar electronii se dispun spre periferia atomului. Dimensiunea nucleului atomic ($\sim 10^{-15}\text{m}$) este mult mai mică decât dimensiunea atomului ($\sim 10^{-10}\text{m}$) atomul fiind „mai mult gol decât plin” (de exemplu dacă nucleul ar avea diametrul de un metru atomul ar avea diametrul între 10 și

100 km). Conform modelului Rutherford electronii se rotesc în jurul nucleului ca planetele în jurul soarelui (modelul planetar).

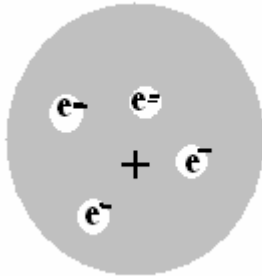


Fig. 1 Modelul Thomson

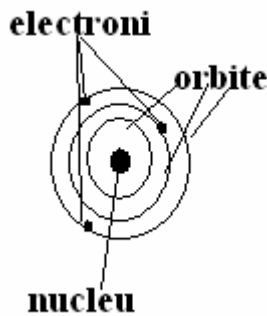


Fig. 2 Modelul planetar (Rutherford)

Modelul planetar (Rutherford)

Acest model, deși în esență corect, nu explică stabilitatea atomului. Conform fizicii clasice electronii, în mișcarea lor de rotație în jurul nucleului ar trebui să emită continuu energie sfârșind prin a „cădea” pe nucleu. Dar toate datele experimentale indică stabilitatea atomilor și infirmă emisia continuă de energie de către electroni. În plus spectrele atomice (radiațiile emise sau absorbite de atomi) sunt discrete (nu se emit sau absorb decât anumite radiații cu frecvențe bine determinate) și nu continue (conținând toate frecvențele dintr-un anumit domeniu) cum ar trebui să fie

dacă electronii s-ar putea roti pe orice orbită în jurul nucleului așa cum prevede modelul planetar. Aceste inadvertențe au fost rezolvate de modelul cuantificat al lui Bohr. Acesta postulează că, în interiorul atomului, electronii nu se pot găsi pe orice orbite ci numai pe anumite orbite bine precizate. Cât timp electronii se găsesc pe una din aceste orbite ei nu emit și nu absorb energie având o energie bine precizată. Deci orbitele și energiile electronilor în atom sunt bine precizate (cuantificate) și specifice fiecărei specii atomice.

Electronii în atom au energii potențiale negative (nu numai că nu pot efectua lucru mecanic dar pentru a deveni liberi au nevoie de energie). Cu cât electronul este mai apropiat de nucleu cu atât energia sa potențială este mai mică (mai negativă).

Din mecanică se știe că un sistem este cu atât mai stabil cu cât energia sa potențială este mai mică. Din acest motiv tendința electronilor va fi să se plaseze pe orbite cât mai apropiate de nucleu. Electronii pot trece de pe o orbită permisă pe alta doar dacă primesc sau cedează o energie egală cu diferența energiilor electronului pe cele două orbite între care are loc tranziția. De obicei tranziția are loc prin absorbția sau emisia unui foton. La trecerea unui electron între nivelele i și j se poate scrie relația $|E_j - E_i| = h\nu_{ji}$ relație ce se numește condiție de rezonanță. Având

În vedere că nivelele energetice ale electronilor în atom sunt cuantificate rezultă că și frecvențele emise sau absorbite de atom sunt cuantificate deci spectrele de emisie sau de absorbție ale atomilor vor fi spectre de linii. La trecerea electronului de pe o orbită mai îndepărtată de nucleu (superioară) pe una mai apropiată de nucleu (inferioară) electronul va ceda energie (de regulă prin emisia unui foton a cărui frecvență trebuie să fie conformă cu condiția de rezonanță). Procesul se numește *dezexcitare*.

Trecerea unui electron de pe o orbită inferioară pe una superioară se face prin absorbția unui foton a cărui frecvență satisface condiția de rezonanță procesul numindu-se excitare. Se observă că atomii nu pot emite sau absorbi fotoni având orice frecvență ci numai fotoni a căror frecvență satisface o condiție de rezonanță și, în consecință spectrul de emisie sau de absorbție al atomilor va fi un spectru de linii. Mai mult atomul va emite aceleași frecvențe pe care le poate și absorbi iar acestea vor fi specifice tipului de atom. Aceste concluzii sunt în concordanță cu datele experimentale. O problemă pe care modelul cuantic al lui Bohr nu o rezolvă este de ce unele orbite sunt permise pentru electron în atom iar altele nu sunt permise. Dacă acceptăm dualismul corpuscul undă trebuie să acceptăm și că unda asociată electronului aflat pe o orbită permisă trebuie să dea pe acea orbită

unde staționare (adică maxime de interferență). Punând această condiție se pot calcula orbitele permise (staționare) pentru electroni în atom. Se constată că, pe lângă orbitele circulare electronii se pot găsi și pe orbite eliptice mai mult sau mai puțin alungite în interiorul atomului.

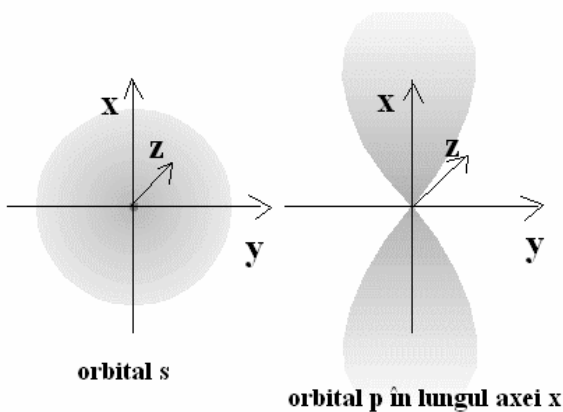
Fizica modernă arată că de fapt pentru electroni nu putem vorbi de orbite ci doar de probabilitatea mare ca electronii să se găsească în acea regiune. Deși noțiunea de orbită nu este corectă în acest caz vom folosi în continuare acest termen care este mai intuitiv.

O altă problemă nerezolvată de modelul cuantic al lui Bohr este a numărului de electroni ce se pot găsi pe o orbită. Această problemă a putut fi rezolvată prin introducerea numerelor cuantice, ce cuantifică diferitele proprietăți ale electronului în atom, precum și a principiului de excludere al lui Pauli. Numerele cuantice sunt următoarele:

1. *numărul cuantic principal n* – ia valori întregi și pozitive mai mari sau egale cu 1 și cuantifică nivelul energetic al electronului în atom
2. *numărul cuantic orbital l* – ia valori întregi și pozitive de la 0 la n-1 și cuantifică elipticitatea elipsei
3. *numărul cuantic magnetic m* – ia valori întregi cuprinse între +l și -l și cuantifică orientarea spațială a orbitalului și multiplicarea numărului de orbitali
4. *numărul cuantic de spin s* – pentru electroni ia valorile $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$ și cuantifică orientarea spațială a spinului (momentului magnetic).

Orbita cea mai apropiată de nucleu este orbita corespunzătoare lui n=1. Pe această orbită electronii au energia cea mai mică (reamintim că

energia fiind negativă înseamnă că în valoare absolută ea este cea mai mare). Ea conține un singur orbital sferic ($l=0, m=0$) Pe măsură ce n crește orbita va fi mai îndepărtată de nucleu iar energia electronilor va fi mai mare (mai mică în valoare absolută). Numărul total de orbitali pentru un n dat este n^2 . Acești orbitali sunt repartizați câte $2l+1$ pentru fiecare valoare posibilă a lui l . Pentru $l=0$ orbitalul este notat s și este sferic. Pentru $l=1$ vor fi trei orbitali bilobați de-a lungul axelor x, y și respectiv z . Cu cât crește l cu atât vor fi mai mulți orbitali iar forma lor va fi mai complicată.



Principiul de excluziune al lui Pauli stabilește că într-un atom nu pot exista doi electroni care să aibă toate numerele cuantice identice. Acest principiu ne permite să stabilim distribuția electronilor în atom. Astfel pe fiecare orbital pot exista maxim doi electroni având spinii $+\frac{1}{2}$ și

respectiv $-\frac{1}{2}$. În starea fundamentală a atomului

completarea nivelelor începe cu cele mai apropiate de nucleu în ordinea $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$, (aici are loc o inversiune subnivelul energetic d fiind făcută după completarea subnivelul s al nivelului energetic imediat superior o altă inversiune apărând în cazul subnivelelor f care sunt completate după subnivelul s al nivelului cu două numere mai mare) $4s^2$ etc. Numărul din dreapta sus indică numărul maxim posibil de electroni ce se pot găsi în acel subnivel energetic. În mod normal nu toți atomii sunt în stare fundamentală o parte din

ei fiind în stări excitate dar numărul atomilor în stări excitate este cu atât mai mic cu cât energia stării excitate este mai mare iar numărul atomilor în stări excitate crește cu creșterea temperaturii (conform distribuției Maxwell- Boltzmann $N = N_0 e^{-\frac{E}{kT}}$ unde N este numărul de atomi în starea excitată de energie E , N_0 este numărul de atomi din starea fundamentală k este constanta lui Boltzmann iar T temperatura absolută). Există însă posibilitatea ca dându-i sistemului energie numărul de atomi de pe o stare excitată să depășească pe cel al atomilor de pe o stare energetică inferioară. În acest caz spunem că a avut loc o inversiune de populație și acest fenomen este utilizat în generarea radiației laser.

FIZICA NUCLEULUI

Introducere

Descoperirea radioactivității, la sfârșitul secolului 19 și începutul celui de-al 20-lea, a pus problema provenienței radiațiilor. Descoperiri ulterioare au arătat că nucleul atomic nu este o structură omogenă ci că este alcătuit din nucleoni. Sunt două tipuri de nucleoni protonii și neutronii. Cele două tipuri de particule au mase aproximativ egale cu 1 uam (uam - unitatea atomică de masă reprezintă $\frac{1}{12} m_{C(12)}$ fiind egală cu $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg).

Neutronul este neutru din punct de vedere electric în timp ce protonul are o sarcină electrică pozitivă numeric egală cu cea a electronului.

Dat fiind faptul că atomul este neutru d.p.d.v. electric rezultă că numărul

protonilor din nucleu este egal cu cel al electronilor din învelișul său electronic. Acest număr se notează cu **Z** și se numește **număr atomic** (sau număr de ordine în tabelul lui Mendeleev). Numărul de nucleoni (neutroni + protoni) dintr-un nucleu se notează cu **A** și se numește **număr atomic de masă** (deoarece el este aproximativ egal cu masa atomului exprimată în uam) evident numărul de neutroni dintr-un nucleu este $A - Z$. Proprietățile chimice ale atomului sunt indicate de Z deci de numărul de protoni.

Nucleele care au **același Z** dar **A diferit** se numesc **izotopi**. Izotopii ocupă același loc în tabelul lui Mendeleev având, practic, aceleași proprietăți chimice.

Separarea izotopilor este un proces dificil singura diferență dintre ei fiind masa atomică (din fericire aceasta împiedică obținerea cu ușurință a uraniului îmbogățit – uraniu ce conține izotopul U^{235} în proporție mare – necesar pentru fabricarea bombei atomice). Toate elementele din tabelul lui Mendeleev au izotopi dar nu toți izotopii sunt prezenți în natură. De exemplu nucleul de hidrogen (H_1^{1+}) este un proton dar în proporție mică (0,015%) se găsește în natură și izotopul său D_2^{1+} (deuteriu sau hidrogen greu).

Forțele nucleare și stabilitatea nucleelor

Între protoni se exercită puternice forțe de respingere electrostatică (sunt încărcăți cu sarcini de același semn și se află la distanță foarte mică unul de altul). Coeziunea nucleului este asigurată de existența unor forțe foarte puternice (mult mai puternice decât cele electrostatice) dar

care acționează pe distanțe foarte mici ($\sim 10^{-15}$ m). Aceste forțe se numesc forțe de interacțiune tare și ele duc la apariția unei energii potențiale (negative – nucleul are nevoie de energie pentru a se rupe). Dacă notăm cu W energia de legătură a nucleului (energia potențială luată cu semn schimbat) raportul $\frac{W}{A}$ se numește energie de legătură pe nucleon. Cu cât această mărime este mai mare cu atât nucleul este mai stabil. Stabilitatea nucleelor este legată și de raportul dintre numărul protonilor și cel al neutronilor. Nucleele mici sunt stabile dacă numărul de protoni este egal cu cel al neutronilor. Pentru nucleele mari stabilitatea presupune prezența unui număr de neutroni mai mare decât cel al protonilor pentru ca forțele de respingere electrostatică între protoni să nu devină prea mari.

Pe lângă forța de interacțiune tare, în alte interacțiuni nucleare, s-a pus în evidență existența unei alt tip de interacțiune interacțiunea slabă. În prezent se acceptă că există patru tipuri de câmpuri (și implicit de forțe): câmp gravitațional, câmp electromagnetic, câmp de interacțiune tare și câmp de interacțiune slabă. Primele două tipuri de câmpuri acționează pe distanțe nelimitate, fiind detectabile macroscopic, (de altfel se cunosc de multă vreme) dar interacțiunile nu sunt prea puternice. Ultimele două tipuri de interacțiuni apar doar la nivelul

nucleului sau între particule elementare, acționează pe distanțe extrem de scurte și au intensități foarte mari. Interacțiunile (mediate de câmpuri) sunt transmise prin intermediul unor particule asociate câmpurilor (conform teoriei dualismului corpuscul - undă). Unele din aceste particule au fost descoperite (fotonul pentru interacțiunea electromagnetică, gluonul pentru interacțiunea tare, particulele W și Z pentru interacțiunea slabă) în timp ce gravitonul asociat interacțiunii gravitaționale încă nu a fost pus în evidență.

Defectul de masă

Măsurători precise au arătat că masa unui nucleu este mai mică decât suma maselor nucleonilor componenți. Diferența dintre suma maselor nucleonilor constituenți și masa nucleului se numește defect de masă:

$$\Delta m = \sum m_p + \sum m_n - m_N = Am_p + (A - Z)m_n - m_N$$

unde m_p – este masa protonului

m_n – masa neutronului

m_N – masa nucleului

Apariția defectului de masă se explică prin celebra relație a lui Einstein $E=mc^2$. Această relație stabilește echivalența dintre masă și energie precum și posibilitatea transformării reciproce între ele. Întru-cât energia internă a nucleului atomic este negativă (energie de legătură) înseamnă că, în momentul formării nucleului, s-a eliberat energie ceea ce înseamnă micșorarea masei (defect de masă). În toate reacțiile care generează energie aceasta este produsă prin transformarea unei părți din masa reactanților în energie (defect de masă) dar în reacțiile chimice obișnuite defectul de masă este atât de mic încât este imposibil de determinat. În reacțiile nucleare defectul de masă este mult mai

mare decât în reacțiile chimice astfel încât energiile degajate în reacțiile nucleare sunt mult mai mari decât în reacțiile chimice. Există și un caz particular, reacția de anihilare, în care toată masa se transformă în energie. Această reacție este reacția dintre o particulă și antiparticula sa (reacția dintre materie și antimaterie) energia generată, chiar la interacțiunea unor mase mici fiind enormă.

Radioactivitate naturală

S-a descoperit că unele nuclee, existente în natură, emit spontan particule (unde) numite *radiații*. Fenomenul se numește *radioactivitate naturală*. Studiul emisiei radiațiilor duce la concluzia că nucleele care emit radiații (numite nuclee radioactive) sunt instabile. Instabilitatea unui nucleu poate fi determinată de trei cauze:

1. nucleele au energie internă prea mare
2. nucleele sunt prea mari
3. nu există un raport optim între numărul de protoni și neutroni

Principalele tipuri de radiații sunt α_4^{2+} , β^- , β^+ , γ .

Radiațiile α_4^{2+} sunt identice cu nucleele He^{2+} (heliu) având masa 4 uam și sarcina 2+. Sunt particule având atât masa cât și sarcina mare.

Radiațiile β^- sunt identice cu electronii având masă de repaus mică (neglijabilă dar nu zero) și sarcina -1.

Radiațiile β^+ , numite pozitroni, au aceeași masă cu a electronilor și sarcina egală cu a acestuia dar pozitivă. Este ceea ce în fizică se numește o antiparticulă (în

cazul nostru antiparticula electronului). La modul general o antiparticulă este o particulă care are cel puțin o proprietate cu semn schimbat față de particulă iar antimateria este formată din antiparticule. Antimateria nu există natural în universul cunoscut dar antiparticule se produc în laboratoare de cercetări nucleare iar particulele β^+ apar și în mod natural în procesele de dezintegrare radioactive. La întâlnirea unei particule cu antiparticula sa are loc reacția de anihilare în urma căreia masa particulelor este transformată integral în energie.

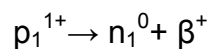
Radiațiile γ sunt fotoni de mare energie deci nu au nici masă de repaus nici sarcină electrică.

Pe lângă radiațiile nucleare menționate anterior în diverse procese nucleare pot apare și alte tipuri de radiații cum ar fi fluxuri de neutroni, protoni etc.

Principala caracteristică a radiațiilor nucleare este că ele au energie (cinetică) având ordinul de mărime ~ 1 MeV (desigur poate fi și mai mică sau mai mare). Trebuie menționat că radiațiile în sine (particule sau unde) nu sunt periculoase în sine ci doar prin prisma energiei pe care o transportă. Când radiațiile nucleare își pierd energia prin interacțiunea cu materia ele fie devin particule obișnuite fie dispar (de exemplu radiațiile γ).

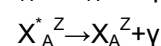
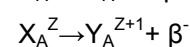
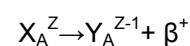
Este evident că tipul de radiație emis de către un nucleu instabil depinde de tipul de instabilitate. Dacă nucleele au

energie internă prea mare ele vor emite radiații γ micșorându-și astfel energia internă dar fără a-și modifica natura. Dacă nucleele sunt prea mari ele vor emite radiații α (formate din doi protoni și doi neutroni). În urma emiterii unei radiații α numărul atomic de masă Z scade cu două unități (se va transforma într-un element ce ocupă în tabelul lui Mendeleev un loc cu două căsuțe mai la stânga) iar numărul atomic de masă A scade cu patru unități. Dacă în nucleu numărul de protoni nu este echilibrat de numărul de neutroni nucleul va emite fie o radiație β^+ fie una β^- . În urma acestui proces un proton se transformă într-un neutron sau un neutron într-un proton conform reacțiilor:



precizat că în ambele reacții se mai emite o particulă neutrino sau antineutrino care însă nu ne interesează deoarece interacționează foarte slab cu materia).

În urma unei dezintegrări β^+ rezultă un element cu același A și cu un Z mai mic cu o unitate mai mare decât a nucleului inițial iar în urma unei dezintegrări β^- un nucleu cu același A dar cu Z mai mare cu o unitate decât a nucleului ce a emis radiația. În cazul unei dezintegrări γ nucleul nu își modifică nici A nici Z . acestea pot fi sintetizate astfel (X – nucleul inițial Y – nucleul rezultat):



Dat fiind faptul că energia radiațiilor nucleare depășește 10 eV le plasează în

rândul radiațiilor ionizante. Procesul de emisie de radiații de către nucleele radioactive este statistic deoarece nu putem preciza în ce moment va avea loc iar din mai multe nuclee nu putem preciza care nuclee vor emite radiații într-un anumit interval de timp. De aceea legea dezintegrării radioactive are un caracter statistic ea putând preciza doar câte nuclee se vor dezintegra într-un interval de timp (și asta aproximativ):

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

unde N_0 este numărul de nuclee inițial nedezintegrate din probă, N numărul de nuclee rămase nedezintegrate după timpul t iar λ este o constantă ce depinde doar de tipul nucleului radioactiv și se numește constantă de dezintegrare. O altă constantă, mai intuitivă dar legată de constanta de dezintegrare, este timpul de înjumătățire ($T_{1/2}$) definit ca timpul după care jumătate din nucleele radioactive prezente în probă se dezintegrează. Relația dintre cele două constante poate fi dedusă și este

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Timpul de înjumătățire are valori foarte diverse plecând de la fracțiuni de secundă până la milioane de ani. Acum, în mod natural, pe suprafața pământului se mai găsesc doar izotopi cu timp de înjumătățire mare (C_{14} , U, Ra etc.) cei cu timpi de înjumătățire mici dispărând prin dezintegrări. De remarcat că radiațiile

nucleare sunt prezente oriunde pe suprafața pământului ele provenind atât din spațiul cosmic (majoritatea din reacțiile termonucleare ce au loc în soare) cât și din dezintegrarea izotopilor radioactivi prezenți natural pe pământ.

Plecând de la legea dezintegrării radioactive se poate determina activitatea unei surse (a unui corp ce conține izotopi radioactivi) definită ca fiind numărul de radiații emise de sursă în unitatea de timp:

$$\Lambda = -\frac{dN}{dt} = \Lambda_0 e^{-\lambda t} = \lambda N$$

Din această relație rezultă că activitatea unei surse este cu atât mai mare (deci sursa este cu atât mai periculoasă) cu cât sursa conține mai multe nuclee nedezintegrate și cu cât timpul de înjumătățire al izotopului este mai mic.

Reacții nucleare

Tipul nucleului atomic poate fi schimbat dacă el interacționează prin forțe de interacțiune tare sau slabă (nucleare) cu alte particule. Cum aceste forțe acționează doar pe distanțe foarte mici ($\sim 10^{-15}$ m) particula trebuie să se apropie foarte mult de nucleu. Pentru a se obține acest lucru particula este întâi accelerată într-un accelerator liniar sau circular (ciclotron) și apoi trimisă pe o țintă ce conține nucleele cu care vrem să interacționeze. Astfel se poate obține o mare varietate de reacții nucleare.

Fisiunea

Reprezintă un caz particular de reacție nucleară în care un neutron provoacă ruperea unui nucleu în două părți aproximativ egale proces ce este însoțit de eliberarea unei mari cantități de energie (de zeci de milioane de ori mai mare decât într-o reacție chimică). Astfel de reacții prezintă izotopii U_{235} și Pu_{239} (izotop al plutoniului). Procesul de fisiune este însoțit și de emiterea a trei neutroni care la rândul lor pot produce alte fisiuni (reacție în lanț). Dacă reacția se multiplică rapid (necontrolat) are loc o explozie nucleară iar dacă reacția este menținută la un nivel constant energia se degajă treptat ca în centralele atomo-electrice. Pentru obținerea unei bombe bazate pe fisiune este necesară o cantitate din cei doi izotopi (masă critică). Din fericire U_{235} se găsește în proporție de sub 1% în uraniul natural iar procesul de obținere a lui (îmbogățire) este dificil și costisitor iar Pu_{239} nu se găsește în natură.

Fuziunea nucleară

Este o reacție nucleară care constă în unirea a două nuclee ușoare într-un nucleu mai greu (de exemplu două nuclee de deuteriu se pot uni pentru a forma un nucleu de heliu) reacție însoțită de o degajare de energie mai mare chiar decât cea obținută într-o reacție de fisiune. Astfel de procese se petrec în stele și sunt cele care generează energia uriașă degajată de acestea. Același proces este prezent în bomba cu hidrogen.

Interacțiunea radiațiilor nucleare cu materia

La trecerea unei radiații prin materie aceasta va interacționa cu atomii și moleculele ce constituie substanța respectivă producând excitări și ionizări ale acestora. În urma fiecăruia din aceste procese radiația își pierde din energie sfârșind prin a fi oprită și deci nepericuloasă. Cu cât o radiație are masa

și sarcina electrică mai mare cu atât probabilitatea de a interacționa cu atomii și moleculele substanței străbătute este mai mare și vor parcurge o distanță mai mică până ce vor fi oprite (vor avea un parcurs mai mic, vor fi mai puțin penetrante). Astfel radiațiile α sunt cele mai puțin penetrante fiind oprite de o foaie de hârtie, de piele sau de câțiva centimetri de aer radiațiile β sunt ceva mai penetrante putând străbate circa 15 cm în aer dar sunt oprite de piele în timp ce radiațiile γ sunt foarte penetrante străbate cu ușurință corpul uman ele neputând fi oprite decât de straturi groase de materiale dense (plumb, beton).

Detecția radiațiilor nucleare

Detectoarele de radiații folosesc pentru a măsura dozele de radiații efectele produse de acestea. Astfel detectorul *Geiger-Müller* se folosește de ionizarea produsă de radiațiile nucleare pentru a le detecta. Detectorul *Geiger-Müller* este de fapt un condensator cilindric cu aer. Pătrunderea unei radiații în condensator duce la ionizarea aerului dintre armături acesta devine conductor iar în circuitul exterior va trece un puls scurt de curent electric ce va fi înregistrat. Detectorul individual cu film fotografic constă într-un film fotografic închis într-o incintă în care nu poate pătrunde lumina și folosește faptul că radiațiile nucleare înnegresc filmul fotografic chiar dacă acesta se

găsește într-o incintă închisă. Măsurând înnegrirea filmului putem determina doza de radiații primită de persoana care a purtat detectorul respectiv. El are avantajul că sumează doza pe toată perioada cât a fost folosit detectorul lucru foarte important având în vedere că efectele radiațiilor sunt cumulative în timp. Un alt tip de detector este cel cu scintilații. Acesta folosește proprietatea unor substanțe (scintilatori) de a emite scintilații (scânteieri, fotoni) sub acțiunea radiațiilor nucleare. Fotonii produși extrag electroni dintr-un catod metalic (prin efect fotoelectric). Electronii sunt multiplicați într-un fotomultiplicator obținându-se un puls de curent electric ce este înregistrat.