

Introducere

Unul din cele mai noi și mai dinamice ramuri ale *Fizicii nucleare* este ***Fizica nucleară relativistă***. În anul 1948, Freier și colaboratorii săi au descoperit componenta de ioni grei relativiști a radiației cosmice primare. Atunci s-au pus bazele acestei noi ramuri a Fizicii nucleare și s-au stabilit unele din caracteristicile sale de bază. Dificultățile deosebite legate de stabilirea caracteristicilor fasciculelor de raze cosmice și statisticii sărace nu au permis dezvoltarea deosebită a domeniului. Progresele științifice remarcabile realizate în următoarele două decenii care au urmat descoperirii componentei de ioni grei relativiști, precum și dezvoltările tehnologice deosebite din aceeași perioadă, au permis apariția unor noi acceleratori de particule sau de ioni grei, iar energiile asociate au devenit din ce în ce mai mari. Intrarea în funcțiune a *primelor sisteme de accelerare* pentru *ioni grei relativiști*, începând cu anul 1970, a dat *un impuls nou acestui domeniu*, făcându-l unul din *cele mai dinamice și mai bogate în informații asupra structurii materiei și evoluției Universului*.

Primul sistem de accelerare pentru ioni grei relativiști a intrat în funcțiune în anul 1970 la Institutul Unificat de Cercetări Nucleare (IUCN) de la Dubna (fosta U.R.S.S., în Rusia, în prezent). În cei aproape 30 de ani care au urmat acestui moment studiile de Fizică nucleară relativistă au cunoscut o dezvoltare deosebită, performanțele sistemelor de accelerare și cele ale sistemelor de detecție crescând continuu. Astăzi pot fi accelerate nuclee cu numere de masă mai mari de 200 la energii de 150-200 GeV/nucleon, în sistemul laboratorului, și pot fi detectate simultan câteva mii de particule. De aceea, gama fenomenelor puse în evidență este extrem de diversă și foarte bogată în informații, evidențiindu-se rolul ***Fizicii nucleare relativiste de punte de legătură între Fizica nucleară clasică, Fizica particulelor elementare și Cosmologie***.

Fizicienii români, implicați în activitatea de cercetare științifică din domeniu la IUCN Dubna, au participat la deschiderea domeniilor de cercetare specifice **Fizicii nucleare relativiste**, încă din anul 1970. Acest statut de pionieri ai domeniului, importanța acestuia, bogăția informațiilor, deschiderile oferite, profunzimea conexiunilor cu alte domenii, precum și contribuțiile fizicienilor români la dezvoltarea acestuia, au determinat introducerea cursului de **Fizică nucleară relativistă**, în anul universitar 1990-1991, pentru studenții din anul V care se specializau în domeniul **Fizicii nucleare și Fizicii particulelor elementare**. În cadrul programei actuale a secției de **Fizică** acesta face parte din pachetul de *cursuri opționale* pentru studenții din anul IV care doresc să se specializeze în domeniul **Fizicii nucleare și Fizicii particulelor elementare**. Prin introducerea acestui curs, *Catedra de Fizică atomică și nucleară a Facultății de Fizică din Universitatea București* se numără printre **puținele din lume care au inclus un astfel de curs în programele lor și pot oferi studenților informații directe din domeniul Fizicii nucleare relativiste**.

Pentru facilitarea înțelegerii corecte și cât mai profunde a domeniului s-a realizat un manual pentru probleme legate de seminariile și lucrările de laborator asociate cursului, tipărit în anul 1999 în Editura Universității București, precum și prezentul curs. Ele vin să acopere un gol absolut în literatura românească de specialitate, fiind, totodată, unele din puținele din literatura de specialitate din lume.

Deoarece **Fizica nucleară relativistă** folosește termeni specifici din toate domeniile Fizicii nucleare, pentru parcurgerea lui sunt necesare cunoștințe de bază din aceste domenii. Acolo unde s-a considerat că actuala structură a programei secției de Fizică a Facultății de Fizică din Universitatea București nu acoperă toate cunoștințele necesare, s-a făcut o scurtă prezentare a ideilor fundamentale, ceea ce, sperăm, va facilita înțelegerea tuturor problemelor abordate.

Cursul a fost structurat pe 4 părți mari. S-a ales această structură pentru a se permite o abordare corectă a problemelor majore ale Fizicii nucleare relativiste. Aceste părți sunt: (i) **Mijloace și metode experimentale în Fizica nucleară relativistă**; (ii) **Mărimi fizice cu semnificație dinamică în ciocniri nucleare relativiste**; (iii) **Modelarea dinamicii ciocnirilor nucleare relativiste**; (iv) **Stări anormale și tranziții de fază în materia nucleară**.

Atragem atenția că, deși cursul este împărțit în patru părți, numerotarea capitolelor se face în continuare, fără separare pe părți.

În prima parte sunt prezentate principalele tipuri de acceleratori folosiți la sistemele de accelerare pentru ioni grei relativști. Sunt prezentate succint principalele sisteme de accelerare folosite până în prezent în experimente de Fizică nucleară relativistă. Se acordă atenție celor mai noi sisteme de accelerare folosite pentru studiul ciocnirilor nucleare relativiste, *sistemele de tip “collider”*, avându-se în vedere intrarea în funcțiune, la sfârșitul anului 1999, a sistemului de la **Laboratorul Național Brookhaven din SUA** [*Brookvaven National Laboratory (BNL), Upton, New York*] și, la jumătatea primului deceniu al secolului următor, a celui de la **Centrul European de Cercetări Nucleare de la Geneva, Elveția** [*Centre Européen des Reserches Nucléaires (CERN)*]. Sistemul de la BNL poartă numele de **Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC)**, adică *“Collider-ul de Ioni Grei Relativști”*. Cel de la CERN se numește **Large Hadron Collider (LHC)**, adică *“Collider-ul Mare de Hadroni”*.

Tot în această parte sunt prezentate principiile de funcționare și caracteristicile de bază ale unor detectori mai des folosiți în experimente de Fizică nucleară relativistă. Unele din sistemele de detectori care au permis obținerea de informații fundamentale în domeniul ciocnirilor nucleare relativiste sunt prezentate, de asemenea, în această parte a lucrării.

Diferitele tipuri de detectori și sistemele de detecție în care sunt incluse permit obținerea de informații experimentale asupra unei anumite game de mărimi fizice care pot conține informații cinematice și dinamice importante. De aceea, în partea a II-a a cursului sunt incluse cunoștințe despre cele mai importante mărimi fizice determinate în experimente de Fizică nucleară relativistă. Sunt abordate aspecte legate de numărul de participanți în interacție și spectatori la aceasta, multiplicitățile diferitelor tipuri de particule generate în ciocniri nucleare relativiste, secțiunile eficace de ciocnire și producere de diferite tipuri de particule, caracteristicile spațio-temporale ale sursei de particule, distribuțiile unghiulare și de impulsuri ale particulelor detectate etc.

Informațiile dinamice conținute în aceste mărimi fizice sunt folosite pentru descrierea dinamicii ciocnirilor nucleare relativiste și ultrarelativiste. Ipotezele folosite în mod curent în astfel de modelări ale dinamicii, conceptele fundamentale, ierarhizarea

modelelor în funcție de tăria conceptelor folosite, domeniul de energii pe care se pot folosi și gama predicțiilor confirmate experimental sunt incluse în partea a III-a a cursului. Sunt prezentate, pe scurt, modele de bază folosite în studiul dinamicii ciocnirilor nucleare relativiste.

O problemă fundamentală a Fizicii nucleare relativiste este cea a observării unor stări noi ale materiei nucleare, stări similare cu cele care au urmat, în evoluția Universului, “Exploziei primordiale” (“Big Bang”). Una din cele mai interesante și mai importante este plasma de cuarci și gluoni. De aceea, ultima parte a cursului este consacrată prezentării unor stări anormale observate în materia nucleară formată prin ciocniri nucleare relativiste, considerațiilor termodinamice referitoare la tranzițiile de fază și prezentării unor caracteristici importante ale unor tipuri de tranziții de fază observate până în prezent în materia nucleară. O atenție deosebită se va acorda tranziției de fază la plasma de cuarci și gluoni. De observarea fără ambiguități a acestei stări a materiei sunt legate cele mai mari speranțe ale Fizicii nucleare relativiste. *Prin descoperirea plasmei de cuarci și gluoni și stabilirea proprietăților fundamentale se va confirma în mod clar statutul Fizicii nucleare relativiste de punte de legătură între Fizica nucleară “clasică”, Fizica particulelor elementare și Cosmologie.*

Multe din noțiunile introduse în curs și o parte din concluziile acestuia se bazează pe activitatea de cercetare științifică a autorilor, activitate derulată de-a lungul a mai mult de două decenii. Principalele lucrări sunt legate de datele experimentale obținute în cadrul colaborării SKM 200 de la IUCN Dubna, precum și de activitățile de cercetare din cadrul colaborării BRAHMS de la BNL. O bună parte din această muncă de cercetare s-a derulat în cadrul unor grant-uri acordate, de-a lungul anilor, de către Ministerul Învățământului și Științei, Ministerul Educației și Învățământului, Ministerul Educației Naționale - prin *Consiliul Național al Cercetării Științifice Universitare*, Agenția Națională pentru Știință, Tehnologie și Inovare și Academia Română. ***Tuturor acestor instituții, sincere mulțumiri!***

Cursul poate fi util tuturor celor care doresc să se inițieze în acest fascinant domeniu, precum și doctoranzilor care au teme din domeniu. El este rodul muncii de cercetare menționate și a unui deceniu de predare a cursului studenților Facultății de Fizică din Universitatea București.

În munca lor, autorii au fost sprijiniți de toți membrii grupului de Fizică nucleară relativistă de la Catedra de Fizică atomică și nucleară a Facultății de Fizică din Universitatea București. Asist.univ.drd. Radu Zaharia și doctoranzii Ion Sorin Zgură și Daniel Felea, membrii ai grupului, au acordat un sprijin deosebit în realizarea figurilor din text. Studenților din anul V INPE, anul universitar 2000-2001, sincere mulțumiri pentru sugestiile privind introducerea de aspecte noi în curs! Tuturor, sincere mulțumiri!