

SECTIUNEA 1

RAPORTUL STIINTIFIC SI TEHNIC (RST)

FAZA DE EXECUTIE NR. IX

**CU TITLUL : Dinamica ionilor grei de la energii joase la
energii ultrarelativiste**

RST – raport stiintific si tehnic in extenso*

PVAI – proces verbal de avizare interna

PF – Protocol final

Anexa 3 - RST
Indicatori de realizare a fazei (conform specificului fiecarui program/proiect)

Denumirea indicatorilor	Numar	
	Planificat	Realizat
<ul style="list-style-type: none"> • organizatii si respectiv numar de personal de cercetare implicate in proiect <ul style="list-style-type: none"> ○ tipuri de organizatii; INCD,U.P., SC, Univ. ○ nr. cercetatori/ proiect/ module • sisteme, structuri, procese, metode, mecanisme implementate/ aplicate (pe categorii) <ul style="list-style-type: none"> ○ produse/ tehnologii/ servicii noi realizate ○ produse/ tehnologii/ servicii modernizate ○ produse/ tehnologii/ servicii noi realizate in cadrul programului, aliniate la standardele internationale • produse/ tehnologii/ servicii certificate • agenti economici angrenati in parteneriate • platforme tehnologice integrate dezvoltate la nivelul programului • valoarea dotarilor noi pe program • brevete de inventie propuse/ acceptate • articole/ carti publicate <ul style="list-style-type: none"> - Articole - <i>Carti tehnice</i> - <i>Cataloage</i> - <i>Dicționare</i> - <i>Pliante</i> - <i>Postere</i> - <i>Standard European</i> - <i>Standard Internațional</i> - <i>Standard național</i> - <i>Documentații</i> - <i>Studii</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Studii de piața</i> - <i>Studii de fezabilitate</i> - <i>Caiet de sarcini</i> - <i>Concepte</i> - <i>Metode</i> - <i>Ghiduri</i> - <i>Proceduri</i> - <i>Manual de utilizare</i> - <i>Rapoarte de cercetare</i> - <i>Proiecte/ Desene de execuție modele, instalație pilot , prototip</i> - <i>Planuri de afaceri</i> • comunicari stiintifice • organisme ale infrastructurii de evaluare a conformitatii dezvoltate in cadrul 	<p align="center">INCD</p> <p align="center">33</p> <p align="center">1</p> <p align="center">1</p>	<p align="center">INCD</p> <p align="center">33</p> <p align="center">2</p> <p align="center">1</p> <p align="center">5</p>

<ul style="list-style-type: none"> programului: <ul style="list-style-type: none"> o laboratoare de incercari o laboratoare de etalonare o organisme de certificare • organisme de evaluare a conformitatii care isi desfasoara activitatea in domeniile reglementate prin directivele Uniunii Europene, din care: <ul style="list-style-type: none"> o produse industriale care intra sub incidenta marcajului CE; o produse agro- alimentare. o nr. de specialisti formati/instruiti pentru evaluarea conformitatii; • programe postdoctorale create la nivel national • cercetatori romani avand titlul de doctori in stiinte obtinut in strainatate sau stagii postdoctorale efectuate in strainatate reveniti in tara si angajati in unitati de cercetare • specialisti formati/ instruiti in managementul si administratia cercetarii • manifestari stiintifice sau promotionale cu participare internationala reprezentative; • vizite de lucru si stagii de lunga durata ale unor personalitati stiintifice din strainatate; • propuneri de proiecte transmise la programe internationale; • propuneri de proiecte internationale aprobate; • platforme tehnologice integrate in platforme tehnologice europene. • parteneriate nou create • <i>Software</i> • <i>coduri de calcul</i> • <i>Baze de date</i> • <i>Pagini web</i> 	1	1 1 2 3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Consultanta, Asistenta tehnica</i> ▪ <i>Cursuri de pregatire organizate</i> 		
<p><i>Constructii institutionale si formare continua:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>linii de invatamant</i> • <i>programe de masterat</i> • <i>formare continua</i> • <i>Pregatire post doctorala</i> • <i>Pregatire doctorala</i> • <i>Pregatire manageriala</i> • <i>Formarea de personal specializat</i> 		2

CUPRINS

Obiectivele generale	pag. 5
Obiectivele fazei de executie	pag. 5
Rezumatul fazei	pag. 5
Descrierea stiintifica si tehnica	pag. 8
Anexa: articol ISI.....	pag.33

Obiective generale

Prezentul proiect e un proiect de mare complexitate care si-a propus mai multe obiective:

I. Obținerea de noi rezultate experimentale și teoretice privind structura nucleara și fazele materiei nucleare

II. Dezvoltarea și construcția de sisteme avansate de detecție

III. Proiectarea și construcția de electronica front-end (FEE) asociată sistemelor avansate de detecție

IV. Dezvoltarea unui sistem de calcul distribuit de tip GRID pentru calculatoare de anvergura

V. Aplicații în alte sectoare de activitate.

Prin activitățile desfășurate în prezenta fază de execuție se aduc contribuții la realizarea primului obiectiv din cele enumerate mai sus.

Obiectivele fazei de execuție

Obiectivele prezentei faze de execuție sunt folosirea de modele teoretice și coduri de calcul adecvate fiecărui domeniu de energie în scopul comparării rezultatelor experimentale și teoriei; procesarea și analiza de date obținute de către grupul nostru în cadrul colaborărilor internaționale în care el este implicat.

Rezumatul fazei

În lucrarea de față se face o prezentare de ansamblu a principalelor aspecte legate de dinamica ionilor grei de la energii joase până la energii ultra-relativiste insistând asupra informațiilor obținute din acestea și a contribuțiilor grupului nostru. În ultima parte vor fi prezentate rezultate recente obținute de noi în pregătirea analizei datelor experimentale ce vor fi obținute folosind aranjamentul experimental ALICE la LHC.

La energii incidente până la 10 MeV/u, dinamica ionilor grei este dominată de procesele adânc inelastice și fuziune. Aceste procese au fost studiate în detaliu de către grupul nostru (ref. [1-6] ale descrierii științifice și tehnice detaliate a etapei-DSTDE). Pentru contextul acestei etape este important de subliniat că procesul echilibrării de sarcină poate fi considerat ca primul fenomen de curgere colectivă observat în interacția ionilor grei. Studiul acestui proces s-a realizat pentru sistemele $^{92}\text{Mo} + ^{154}\text{Sm}$ și $^{92}\text{Mo} + ^{238}\text{U}$ la 14,7 MeV/u, arătându-se că echilibrarea are loc mult mai rapid în cazul primului sistem datorită gradientului mai mare din potențialul de interacție (Fig. 5 din DSTDE).

Dacă la energii incidente de până la 10 MeV/u aproximațiile bazate pe câmpul mediu pot explica principalele fenomene evidențiate experimental, în zona de energii incidente 10 MeV/u - 100 MeV/u (energii intermediare), viteza de ciocnire fiind în jurul vitezei Fermi sau chiar mai mare, este de așteptat o coexistență a efectelor bazate pe câmpul mediu și a celor caracteristice interacției nucleon-nucleon. Este de presupus atunci că vom asista la existența unor fenomene în care se manifestă reminiscențe a celor observate la energii sub 10 MeV/u, concomitent cu precursori ale celor caracteristice energiilor mult mai înalte. Dacă la energii mai mici proiectilul și ținta interacționează urmând dinamica standard, la energiile acestea mai mari, parte din nucleoni și impulsul asociat

acestora sunt emisi in primele momente ale interactiei ionilor grei, inainte ca partea remanenta sa continue procesul de ciocnire disipativa sau fuziune. Din acest motiv, asemenea procese, specifice energiilor intermediare, se numesc incomplete si anume ciocniri disipative incomplete si respectiv fuziune incompleta. Studii ale acestor procese s-au realizat in grupul nostru pentru sistemele $^{100}\text{Mo}+^{100}\text{Mo}$ si $^{120}\text{Sn}+^{120}\text{Sn}$ la energia de 18 MeV/u si in $^{100}\text{Mo}+^{100}\text{Mo}$ la 24 MeV/u (ref. 8 din DSTDE). Un rezultat important al acestor studii este reproducerea sistematicii variantei distributiei de sarcina (σ_z^2) ca functie de TKEL/lg, evidentiate la energii mai joase unde procesele de preechilibru sunt neglijabile, daca se considera valorile σ_z^2 si TKEL/lg asociate celui de-al doilea pas, cel de ciocnire profund inelastica, care are loc dup'a emisia de preechilibru.

Unul dintre cele mai controversate subiecte in studiul reactiilor la energiile Fermi este intelegerea mecanismelor de baza care conduc la formarea de fragmente. Grupului a realizat studii privind acest subiect in cadrul colaborarii CHIMERA, folosind date experimentale obtinute cu aranjamentul avand acelasi nume si amplasat la LNS, Catania.

Prin investigarea ciocnirilor semiperiferice in reactia $^{124}\text{Sn}+^{64}\text{Ni}$ la 35 MeV/nucleon, din studiul corelatiilor vitezelor relative (Fig. 9 din DSTDE) se stabileste ca fragmentele de masa intermediara (IMF) sunt emise predominant din zona "gatului" in expansiune dinamica, fie aproape prompt (cand ambele fragmente sunt inca foarte apropiate) sau secvential, adica din fragmentul proiectil sau fragmentul tinta la un timp dupa reepararea sistemului binar dar destul de devreme pentru a pastra memoria configuratiei de "gat" manifestata prin miscarea aproape coliniara a celor trei fragmente. De asemenea in reactia amintita mai sus s-a evidentiat o clasa de evenimente in care PLF sufera fisiune dinamica in doua fragmente aliniate intr-un timp relativ scurt dupa ciocnire ($100 < t < 300$ fm/c) (Fig. 10 din DSTDE). Aceste rezultatele experimentale sunt analizate in cadrul unui model de dinamica moleculara cu constrangere data de regula de conservare a momentului unghiular total. Modelul confirma rezultatele anterioare [1].

La energii intermediare, anume in jur de 100 MeV/u, in ciocnirile ultra-centrale ale ionilor grei, s-a evidentiat si existenta fenomenului de expansiune colectiva a materiei nucleare caracterizata prin densitati si temperaturi ridicate (ref. 14 din DSTDE). Analizand numarul mediu de ciocniri suferite de un nucleon emis in diverse zone de unghiuri polare, in sistemul centrului de masa, evaluat in cadrul unui model de transport microscopic IQMD, s-a putut constata ca numarul mediu de ciocniri suferite de un nucleon emis la 90 este dublu fata de cel corespunzator nucleonilor emisi la unghiuri polare din apropierea directiei de ciocnire. Prin urmare este de asteptat ca informatia asupra energiei colective de expansiune extrasa din analiza datelor experimentale in directia perpendiculara pe axa de ciocnire sa se datoreze in principal expansiunii unui sistem de nucleoni echilibrat, la densitati si temperaturi ridicate, pe cand extragerea informatiei folosind datele experimentale in domenii de unghiuri polare mici este contaminata de fenomene de transparenta, corona sau fluctuatii in selectarea geometriei de ciocnire. Cantitativ, distribu'tiile azimutale sunt caracterizate prin valoarea coeficientului termenului al doilea a_2 dintr-o dezvoltare 'in serie Fourier functie de azimut, folosita pentru potrivirea distributiilor azimutale experimentale ale diferitilor produși de reactie. Se poate observa evolutia lui a_2 de la valori subunitare (pozitive) caracteristice emisiei preponderente in planul de reactie la valori supraunitare (negative) caracteristice unei emisii intensificate in directia perpendiculara pe planul de reactie pentru ciocnirea Au + Au la un parametru de impact 'in domeniul 4-6 fm (fig. 12 din DSTDE). Studiul dependentei lui a_2 de energia incidenta prezentat (Fig.13 din DSTDE) a aratat ca emisia diversilor produși in directia perpendiculara pe planul de reactie se intensifica pana la energia incidenta de aproximativ 400 MeV/u, la energii mai mari valorile lui a_2 incepand sa scada.

Din analiza datelor experimentale se poate extrage valoarea medie a energiei cinetice medii E_{kin0} si a expansiunii colective pe nucleon E_{coll0} precum 'si amplitudinea de

oscila'tie a acestora ΔE_{kin} , respectiv ΔE_{coll} functie de parametrul de impact sau numarul de nucleoni participan'ti A_{part} estimati folosind modelul geometric. Acestea sunt observabile care pot fi comparate cu estim'arile teoretice bazate pe modelul de transport microscopic BUU si au putere de discriminare intre ecua'tie de stare hard ($K=380$ MeV) si ecuatieide stare soft ($K=210$ MeV) (fig. .16 din DSTDE).

Studiul distribu'tiilor azimutale si al fenomenului de expansiune colectiva a fost continuat la energii mai mari la acceleratoarele AGS, SPS si recent la RHIC. Rezultatele recente de la RHIC, obtinute de catre toate experimentele in curs de desfasurare, indica o crestere a valorii lui v_2 cu un factor de 2 pe un domeniu de energie de un ordin de marime in centrul de masa. In cadrul grupului s-a realizat un studiu pentru a obtine informatii spulimentare folosind datele publicate de Colaborarea STAR de la RHIC, anume extragerea a vitezei colective si temperaturii T . In urma acestor studii se poate trage concluzia ca o analiza corespunzatoare a dependentei impulsului transvers mediu functie de masa diversilor produ'si de reactie poate fi folosita pentru obtinerea de informatii privind dinamica expansiunii si temperaturii in diferitele faze ale materiei produse in ciocnirile ultra-relativiste.

De asemenea in cadrul grupului nostru s-au desfasurat activitati pentru crearea structurii hardware si software care sa dea posibilitatea membrilor grupului nostru sa proceseze, analizeze si interpreteze informatia experimentală ce va fi livrata de experimentul ALICE la a carui realizare grupul nostru are o contributie remarcabila. In finalul se prezinta rezultate preliminare referitoare la estimari bazate pe aproximatia modelului Glauber si la analiza datelor obtinute prin simulari Monte-Carlo [2] pentru ciocnirea Pb + Pb la energia de 5,5 TeV folosind aranjamentul experimental ALICE. Rezultate preliminare au fost comunicate la workshopul international « Alice Workshop », Sibiu 20-24 August 2008 si se pot accesa pe la adresa web: <https://niham.nipne.ro/aliceworkshop08>.

Studiile din [1,2] si din comunicările la « Alice Workshop » asupra dinamicii interactiilor ionilor grei reprezinta contributiile originale in aceasta etapa.

In concluzie obiectivele etapei de executie au fost total indeplinite.

Referinte

- [1] M. Papa,.....I. Berceanu, M. Petrovici, A. Pop si Colaborarea CHIMERA Phys.Rev. \textbf{C75} 054616 (2007)
- [2] M]. Petrovici, C. Andrei, I. Berceanu, A. Herghelegiu, A. Pop, C. Schiaua, *3rd International Conference on Light Heavy Ion Collisions, Protvino*, Russian Federation, June 2008

Descrierea stiintifica si tehnica

Se anexeaza descrierea stiintifica si tehnica detaliata a etapei de executie.