
The Antiphysical Review

Founded and Edited by M. Apostol

27 (1999)

ISSN 1453-4436

Interactia sistemelor cuantice de mai multe particule si statistica starii condensate a materiei, cu aplicatii la sisteme mesoscopice, clusteri atomici si tranzitii de faze magnetice; dezvoltarea instrumentelor computationale de elaborare, editare si publicare a informatiei stiintifice pe retele electronice.

M. Apostol

Department of Theoretical Physics, Institute of Atomic Physics, Magurele-Bucharest MG-6,
POBox MG-35, Romania
email:apoma@theory.nipne.ro

Abstract

Un proiect de cercetare in forme oficiale - septembrie 1999

1 Rezumatul proiectului

Cercetarile stiintifice ce fac obiectul prezentului proiect sint cercetari de fizica fundamentala privind teoria starii condensate a materiei, cu aplicatii in fizica materialelor, in chimia fizica, in fizica matematica si in tehnici computationale de tratare a informatiei stiintifice. Cele 5 obiective principale enumerate mai jos sint rezultate din progresele actuale ale cercetarii stiintifice dezvoltate si din experienta proprie acumulata in acest domeniu.

1. Proiectul va dezvolta teoria lichidului Fermi in raport cu fundamentarea interactiilor primare dintre particule; situatia quasi-fenomenologica a acestei teorii este un punct central la acest moment in cercetarea stiintifica mondiala, ca urmare a sistemelor fermionice puternic corelate, a supraconductivitatii si efectului Hall cuantic, si a lichidelor cuantice exotice, inclusiv teoria bosonilor compusi.

2. Proiectul va dezvolta in continuare teoria sistemelor fermionice in doua dimensiuni; dimensiunea doi este un subiect care a aparut recent in atentia cercetarilor de teoria starii condensate a materiei, dupa ce au fost inregistrate progrese notabile in trei dimensiuni si intr-o dimensiune; interesul pentru dimensiunea doi provine din anumite echivalente ale statisticilor cuantice bosonice si fermionice, pe de o parte, iar pe de alta parte, din geometria bidimensionalala a materialelor lamelare, a filmelor depuse pe suprafete, a nanostructurilor si a materialelor nanostructurate artificial.

3. Proiectul va dezvolta analiza proprietatilor statistice ale electronilor in cimp magnetic, ale suprafluiditatii, ale sistemelor magnetice, inclusiv neomogene, cu atentie speciala asupra corelatiilor si fluctuațiilor cuantice si dimensionale; aceasta directie de cercetare se refera la dezvoltarea metodelor fundamentale de analiza a sistemelor de stare condensata, precum teoria functiilor analitice si integrala functionala (integrala de drum Feynman), raspunzind interesului si cerintelor crescinde ce se inregistreaza la ora actuala in lume pentru rezultate riguroase in fizica statistica si teoria mai multor corpuri.

4. Proiectul va aplica aceste cunostinte teoretice la dezvoltarea unor metode alternative pentru tratarea sistemelor mesoscopice si in special a clusterilor atomici; metodele traditionale referitoare la proprietatile fundamentale ale acestor sisteme (precum energia de legatura, ionizarea,

stabilitatea, spectroscopia) se bazeaza pe coduri numerice de calcul, rareori accesibile comercial; metodele alternative ce fac obiectul proiectului de fata pornesc de la tratari cuasiclasice, adevarate situatiei, si au un caracter semi-analitic, fiind, din acest punct de vedere, mult mai convenabile.

5. Proiectul isi propune dezvoltarea in forme finite, valorificabile, a metodelor si instrumentelor electronice de prelucrare a informatiei, inclusiv elaborarea, editarea si publicarea informatiei stiintifice pe retelele computationale; interesul recent pentru aceasta forma de cercetare stiintifica este enorm, continutul insusi al cercetarii stiintifice suferind astazi mutatii remarcabile sub impactul acestei tendinte generale; bazele de date stiintifice, publicatiile stiintifice, informarea, controlul si manipularea informatiei in domeniul fizicii starii condensate a materiei, al materialelor si al fizicii statistice se adapteaza continuu la aceasta situatie noua; proiectul isi propune sa continue si sa valorifice experienta membrilor sai in acest domeniu, si sa dezvolte aceste instrumente computationale sub forma unor produse finite cu o posibila valoare de piata; sub acest aspect proiectul are si caracteristica unui proiect de cercetare fundamentala-aplicativa.

2 Prezentarea proiectului de cercetare

2.1 STADIUL ACTUAL AL CUNOASTERII ÎN DOMENIU SI RELEVANTA TEMEI PROPUSE PENTRU DEZVOLTAREA CERCETARII STIINTIFICE

Fizica starii condensate a materiei se dezvolta astazi pe cel putin trei directii majore de cercetare stiintifica si dezvoltare tehnologica; in ordinea volumului de activitate aceste directii sunt: manipularea materiei, efecte macroscopice ale naturii cuantice microscopice, rafinarea metodelor teoretice de investigare. Aspectul teoretic al acestor directii este cunoscut sub numele de teoria mai multor corpuri si fizica statistica; obiectul acestor discipline este derivarea proprietatilor fizice ale materiei din interactiunile primare ale constituentilor sai atomici. Este de remarcat tendinta actuala din fizica statistica catre studiul sistemelor mesoscopice, in contrast cu limitarea traditionala la ansambluri macroscopice.

Manipularea materiei este evaluata la ora actuala ca fiind directia majora de dezvoltare a fizicii in urmatorul secol; ea constituie primul element din lista celor 3 tendinte globale ale cercetarii stiintifice in secolul 21, alaturi de manipularea informatiei si manipularea vietii; in aceste directii se asteapta rezultate surprinzatoare, ce vor reforma viata si societatea umana in intreg mileniul urmator. Dupa cum se vede, evaluarea se face in termenii "manipularii", ceea ce este un indiciu al recunoasterii unei noi puteri, anume puterea stiintifica. Intr-adevar, continutul de baza al manipularii materiei provine din utilizarea tehnicii si instrumentelor avansate de investigare a materiei, precum epitaxia moleculara, microscopul electronic, sincrotronul, laserul, imagistica magnetica, reactorul nuclear. Punctele de virf la ora actuala in acest domeniu sunt clusterii atomici si sistemele mesoscopice, materia nanostructurata, cristalele fotonice, tranzistorul unielectronic si ciclotronul unielectronic.

Interesul major pentru clusterii atomici si sistemele mesoscopice provine din doua surse; intii, se au in vedere diverse aplicatii tehnologice, printre care cea mai frecventa este realizarea de filme nanostructurate pe suprafete de suport in vederea specularei proprietatilor electrice si magnetice ale acestor sisteme; intr-adevar, sistemele mesoscopice au particularitati notabile in starile electronice, momentele magnetice, proprietatile optice si vibrationale, ce se urmaresc a fi valorificate; de exemplu, suportii de memorii magnetice realizati din aceste materiale promit a fi rapizi, nerezistenti si foarte localizati, toate acestea fiind avantaje tehnologice. Particularitatile lor provin

din numarul suficient de mic al constituentilor lor atomici, ceea ce face sa se evidențieze natura cuantica. Pe de alta parte, numarul acestor constituente este totuși suficient de mare pentru a crea oportunitatea abordării teoretice a naturii clusterilor atomici și a sistemelor mesoscopice cu metode de teoria stării condensate, adecvat adaptate. Pentru ca problema centrală a acestor sisteme este una de fizica fundamentală, și anume calculul energiei de legătură, al potențialelor de ionizare, al spectrelor electronice și optice. Aceste probleme implică o situație nouă, aceea a interacțiilor electrice într-un sistem cu un număr mare de constiutenti atomici, dar totuși limitată; metodele curente folosesc coduri de calcul numeric costisitoare, atât sub raport al resurselor de calcul cât și al pretului de cost, atunci cind sunt accesibile comercial; aceasta metodologie este o reminiscență a activității de cercetare științifică din domeniul chimiei cuantice, și nu este adevarată cerintelor actuale; tratarea generală corecta și convenabilă a problemei este aceea a metodelor cunoscute sub numele de cuasiclasice, precum variante ale metodei Thomas-Fermi și ale funcționalei densității; acesta este aspectul particular pe care proiectul prezent și-l are drept obiectiv. Este de subliniat totuși în acest context necesitatea adaptării corecte a acestei atitudini generale a investigației științifice la o situație complet nouă, lucru ce poate fi realizat numai pe baza unor analize profunde a principiilor și metodelor generale; din acest punct de vedere, proiectul urmează să beneficieze de experiența acumulată în urma unor astfel de cercetări pur fundamentale efectuate în trecut.

Evidențierea efectelor macroscopice din interacțiile primare ale constiutentilor atomici cuantici conține fenomene intens studiate la ora actuală, precum supraconductivitatea, suprafluiditatea, magnetismul, transportul (de materie, electric, termic), efectul Hall, lichidele cuantice, în special cele exotice, materia "soft", materia "stelara" și procesele statistice de neechilibru. Este de remarcat aici, în primul rînd, prezenta acestor fenomene fizice, în forme specifice, în structurile mesoscopice și în clusterii atomici, evidențiată în acest fel legătura substanțială dintre prima direcție de cercetare expusă mai sus și cea de a doua direcție, discutată aici. În aceste probleme de fenomene macroscopice sunt esențiale corelațiile, a căror origine este în general multiplă, fluctuațiile, de asemenea de diverse nături, și efectele colective, de mare interes teoretic și practic. La ora actuală, o atenție deosebită este acordată corelațiilor legate de distanța de acțiune a interacțiilor (de exemplu corelațiile de tip long-range), corelațiilor cinematice, corelațiilor cuantice colective, corelațiilor dinamice provenite din jocul naturii cuantice a componentelor microscopice și interacția dintre ei, corelațiilor provenite din constringeri geometrice (precum dimensionalitate, finită, etc) și corelațiilor de natură electromagnetică cuantică (efekte de non-localitate a cimpului electromagnetic, de exemplu, dinamica de faze geometrice, etc). Fluctuațiile legate de geometrie, și de numărul de particule sunt cunoscute de multă vreme; un aspect de mare interes actual însă provine din fluctuațiile asociate cu constringerile cuantice colective, locale și, în special, nelocale. Aceste chestiuni au o relevanță deosebită pentru dinamica modurilor colective în sistemele de stare condensată, modurile asociate cu ruperile de simetrie, modurile paramericilor de ordine în tranzițiile de fază, dinamica electronilor în cimp electromagnetic, etc. Aceasta grupă de probleme este tipică pentru supraconductivitate, suprafluiditate, magnetism, unde de densitate de sarcină și de spin, lichide cuantice, efect Hall cuantic. În conformitate cu interesul ce se înregistrează la ora actuală în cercetarea științifică proiectul are în vederea dezvoltării investigațiilor sistemelor de stare condensată sub acest aspect al efectelor macroscopice, în particular statistica electronilor în cimp magnetic, constringerile dimensiunii doi asupra fermionilor în interacție, dinamica hamiltonienilor efectivi și a modurilor colective corespunzătoare, corelațiile și fluctuațiile magnetice. Pe lîngă interesul practic al unor astfel de probleme (precum procesele electronice și magnetice în filmele depuse pe suprafete, sau în structurile lamelare, etc), aceste investigații întorcă probleme metodologice fundamentale ale fizicii teoretice a stării condensate a materiei. Într-adevar, anumite echivalente statistice între fermioni și bosoni în dimensiunea doi apar încă destul de surprinză-

toare, limitele de valabilitate a unor metode aproximative promit deschiderea catre fundamentarea din primele principii a magnetismului materiei, dezvoltarea metodelor laticiale de teoria cimpului par a fi capabile de a deschide noi posibilitati de tratare riguroasa a diagramelor de faza magnetice pentru electronii puternic legati (ca in modelul Hubbard, de exemplu), tratarea excitatiilor elementare ca fluctuatii ale unor cimpuri bosonice deschide noi perspective catre evaluarea proprietatilor statistice. Toate aceste aspecte tin de natura metodelor teoretice fundamentale de abordare a fizicii materiei condensate, ceea ce reprezinta cea de a treia directie majora de dezvoltare a acestui domeniu la ora actuala.

Teoria starii condensate a materiei a dezvoltat in cursul timpului o serie de metode si concepte proprii de tratare a fenomenelor fizice, metode si concepte ce au dus la constituirea in fapt a acestei discipline. Dezvoltarea acestor metode si concepte s-a facut ca urmare a cautarii unor raspunsuri la probleme ce apareau din principiile generale ale fizicii teoretice, pe de o parte, iar pe de alta parte, ca urmare a unor situatii experimentale concrete, noi, particulare, ce necesitau o inteleghere, si o incadrare in corpul doctrinelor teoretice ale fizicii. Multe din aceste metode si concepte au fost preluate in teoria cimpului, fizica nucleara, chimia fizica, fizica plasmei, fizica matematica, ele avindu-si sursa initiala in fizica starii solide. Metodologia conceptuala a starii condensate a materiei este marcata de doua tendinte generale; pe de o parte, s-a urmarit caracterul pragmatic si utilitar al teoriilor, punindu-se accent pe obtinerea rezultatelor ce urmau a fi testate experimental; pe de alta parte, s-a urmarit fundamentarea riguroasa a acestor teorii, examinarea si stabilirea limitelor lor de validitate, natura si justificarea aproximatiilor, elaborarea de metode cit mai adecate, flexibile, manipulabile, de preferinta analitic, intr-o cit mai mare masura, ce fac uz de avantajele particularitatilor fizice ale problemelor. La ora actuala cercetarea stiintifica in teoria starii condensate a materiei dezvolta atit latura pragmatica a teoriilor fizice, cit si fundamentarea riguroasa, matematica, a acestor teorii, conform cu marile principii metodologice ale fizicii; dar, in plus, se remarcă si o nevoie crescinda de examinare a limitelor de validitate, a conditiilor de aplicabilitate, de estimare a gradului de incredere, si de alegere judicioasa a celor mai potrivite conditionari ale acestor teorii, in vederea eficientizarii demersului teoretic, a cresterii gradului de confidența, de simplificare si de convenabilitate. In general, teoriile starii condensate a materiei necesita la acest moment o tot mai critica examinare si evaluare, si aceasta tendinta este manifesta in cercetare stiintifica moderna. Teoria starii condensate a materiei raspunde la problema fundamentala a comportarii fizice a sistemelor de mai multe particule si cimpuri in interactie. In aceasta ordine, interactia fermionilor, interactia bosonilor, interactia cimpului electromagnetic cu materia si interactiile atomice efective, de tipul celor magnetice, sunt chestiuni centrale, prin gradul lor de generalitate; in particular, pe linga gradul lor de generalitate, interactiile magnetice sunt de subliniat in acest context, intrucit ele sunt fundamental slabe, deci necesita metode rafinate de tratare teoretica, dar au efecte macroscopice notabile, deci pentru ele exista un interes practic. Raspunsul fundamental, ultim, pe care teoria starii condensate il ofera este in esenta comportarea statistica a fazelor de agregare, dinamica tranzitiilor de faza si fenomenele critice asociate, si spectroscopia nivelelor de energie (in general de diverse naturi). Lichidul Fermi este o faza fundamentala de agregare a materiei cuantice, ce constituie, impreuna cu lichidul Bose, una din paradigmile starii condensate. Teoria lichidului Fermi se afla esential la un nivel quasi-fenomenologic, ce este convenabil pentru multe aplicatii practice, asa ca incercarile de teorie a mai multor corpuri de fundamentare a lichidului Fermi au fost de obicei deturnate catre alte aspecte, mai particulare. Chestiunea principală insa revine in atentie cercetarii stiintifice cu ocazia sistemelor bidimensionale, realizate in multe instante practice, intrucit comporatrea fermionilor in interactie in doua dimensiuni pare a prezenta aspecte curioase; cercetarea stiintifica in acest domeniu inregistreaza la ora actuala multe puncte controversate, situatii ambigue si delicate, pozitii si atitudini diferite, ca urmare a intereselor stiintifice distincte. De aceea, chestiunea este cu atit mai stimulatoare si

mai provocatoare, si necesita o abordare aproape monografica. O astfel de abordare are in vedere prezentul proiect, ca un element de inceput, atit in cazul traditional tridimensional, cit si in cazul bidimensional, discutia necesitind o largire a bazei, datorita rezultatelor complet distincte, de binecunoscute cimpuri si echivalente bosonice, referitoare la fermionii in interactie in sisteme unisi cuasi-unidimensionale. In particular, proiectul isi propune si incercarea de extindere a discutiei la statistica electronilor normali in prezenta cimpurilor externe, cum ar fi cimpul magnetic, si, in special, la proprietatile si natura modurilor colective si relatia lor cu excitatiile cuasi-particula. In acelasi context de cercetari fundamentale se inscrie dezvoltarea pe care si-o propune prezentul proiect de metode matematice riguroase de tratare a corelatiilor, fluctuatiilor si proprietatilor colective si cooperative in sistemele cu interactii magnetice. In aceste cazuri, corelatiile cuantice au deseori un rol dominant, iar, recent, s-a realizat o anumita echivalenta metodologica intre fluctuatii si cimpuri bosonice auxiliare; metoda prezinta promisiuni interesante in directia evaluarii constringerilor specific electronilor puternic legati ca sursa de magnetism, prin utilizarea ei in contextul modelelor de cimpuri laticiale. Integrala functionala este natural adusa in discutie aici, in manipularea cimpurilor bosonice efective auxiliare, cu intentia de a obtine natura generala a dinamicii magnetice efective, sau cuasiclasice.

Cercetarea stiintifica moderna se face astazi prin manipularea electronica a informatiei stiintifice. Practicile traditionale ale cercetarii stiintifice sufera la acesta moment schimbari importante sub impactul mijloacelor computationale, dar se remarcă in plus schimbarea continutului insusi al cercetarii stiintifice in aceste conditii. Comunicarea stiintifica (inclusiv orala, in timp real, prin electro-conferinte), elaborarea, editarea si publicarea rezultatelor stiintifice, stocarea, gestionarea, accesarea si manipularea datelor si informatiei stiintifice sint computerizate; dar in plus, ca o alta noutate, obiectele fizice insesi sint construite si accesate experimental cu mijloace computationale, masuratorile fiind adesea facute direct cu astfel de mijloace, pe obiecte, nu numai simulate computational, dar construite pe computere din date fizice primare. Aceste constructii nu sint in general univoce, si realizarea lor pe computere ridica chestiunea alegerii unora sau altora dintre aspectele fizice complementare, precum si chestiunea unei metodologii de studiu convenabile, compatibile cu principiile fizice. Acest aspect modern schimba esential continutul, nu numai practicile cercetarii stiintifice, prin constructia unei realitatii virtuale ce devine ea insasi obiect al stiintei. Prin multitudinea problemelor abordate, si prin volumul specific de informatie stiintifica, fizica starii condensate a materiei este afectata major de aceste tendinte computationale moderne; dar, in plus, legatura dintre fizica starii condensate si mijloacele computationale este una mult mai substantiala, in comparatie cu toate celelalte domenii si discipline ale fizicii, intrucit mijloacele computationale sint ele insele sisteme de materie condensata, organizate fizic; in virtutea naturii noi a acestor mijloace, atit de aparate de masura, de instrumente tehnice de constructie a obiectului fizic si de instrumente de calcul si manipulare a informatiei, o noua si profunda problema apare in acest context, referitoare la obiectivitatea si semnificatia demersului stiintific; in fizica starii condensate a materiei incepe sa apara o problema profunda, cu aceasta ocazie, aceea a stiintei ce se studiaza automat pe ea insasi. Prin metodologia activitatilor prezentului proiect, dezvoltarea metodelor si instrumentelor computationale de manipulare a informatiei stiintifice este naturala, si constituie un alt obiectiv al cercetarilor propuse.

2.2 CONTRIBUTII LA DEZVOLTAREA CUNOASTERII STIINTIFICE SI A ECONOMIEI

1. Clarificarea bazei teoriei lichidului Fermi ca efect al interactiilor primare dintre constituintii atomici; elucidarea limitelor de aplicabilitate si a conditiilor de validitate; dezvoltarea teoriei

pentru cazul bidimensional; precizarea relatiei cu sistemele fermionice unidimensionale; rolul dimensionalitatii in sistemele normale de fermioni in interactie.

2. Proprietatile statistice ale electronilor in cimp magnetic; rolul si virtutile metodologice ale cimpurilor bosonice de fluctuatii in magnetism; capacitatea electronilor strins legati in structuri laticiale de a genera magnetism; aspectul fluctuant al spinilor inalti in undele de spin; diagrama de faze magnetice in sisteme de fermioni puternic corelati la temperaturi joase; clarificarea capacitatilor analitice ale integralei functionale de a reprezenta interactiile efective prin cimpuri bosonice auxiliare; fixarea conditiilor de aplicabilitate ale hamiltonienilor de magnetism efectiv.

3. Metode alternative, cuasiclasice, de tratare a interactiilor electrice in sisteme mesoscopice si in clusteri atomici; stabilitatea, energia de legatura, potentiile de ionizare, spectrul excitatiilor electronice si de vibratie, modurile colective in aceste sisteme; clarificarea legaturilor dintre electromagnetismul clasic al materiei, miscarea cuantica a constituentilor atomici, reprezentabilitatea prin cimpuri clasice, conditiile de self-consistenta ale acestei dinamici; degajarea cadrului general de extindere la interactii neelectrice; pozitia metodelor cuasiclasice in raport cu metodele de calcule ab-initio.

4. Dezvoltarea metodelor si instrumentelor computationale de elaborare, editare si publicare a informatiei stiintifice, de stocare, gestionare, arhivare si manipulare a acestei informatii, de comunicare stiintifica interactiva, cu aplicatii la cercetarile de teoria starii condensate a materiei; dezvoltarea acestor metode si instrumente in forme finite, cu o posibila valoare pe piata aplicativa a cercetarii stiintifice; oferta tehnico-stiintifica la nevoile socio-economice actuale.

2.3 CONTRIBUTIA LA DEZVOLTAREA BAZEI MATERIALE PEN- TRU CERCETARE A INSTITUTIEI

Echipament de calcul, carti si periodice, material documentar de biblioteci de cercetare stiintifica, echipament de multiplicare si stocare pe suport material a informatiei stiintifice, tehnici si dispozitive de editare si procesare electronica a publicatiilor stiinifice, arhive electronice de periodice si monografii, baze de informatii pe retelele internet.

2.4 OBIECTIVELE PROIECTULUI

Cercetarile stiintifice ce fac obiectul prezentului proiect sint cercetari de fizica fundamentala privind teoria starii condensate a materiei, cu aplicatii in fizica materialelor, in chimia fizica, in fizica matematica si in tehnici computationale de tratare a informatiei stiintifice. Cele 5 obiective principale enumerate mai jos sunt rezultate din progresele actuale ale cercetarii stiintifice dezvoltate si din experienta proprie acumulata in acest domeniu.

1. Proiectul va dezvolta teoria lichidului Fermi in raport cu fundamentarea interactiilor primare dintre particule; situatia quasi-fenomenologica a acestei teorii este un punct central la acest moment in cercetarea stiintifica mondiala, ca urmare a sistemelor fermionice puternic corelate, a supraconductivitatii si efectului Hall cuantic, si a lichidelor cuantice exotice, inclusiv teoria bosonilor compusi.

2. Proiectul va dezvolta in continuare teoria sistemelor fermionice in doua dimensiuni; dimensiunea doi este un subiect care a aparut recent in atentia cercetarilor de teoria starii condensate a materiei, dupa ce au fost inregistrate progrese notabile in trei dimensiuni si intr-o dimensiune; interesul pentru dimensiunea doi provine din anumite echivalente ale statisticilor cuantice

bosonice si fermionice, pe de o parte, iar pe de alta parte, din geometria bidimensională a materialelor lamelare, a filmelor depuse pe suprafete, a nanostructurilor si a materialelor nanostructurate artificial.

3. Proiectul va dezvolta analiza proprietăților statistice ale electronilor în cimp magnetic, ale suprafluidității, ale sistemelor magnetice, inclusiv neomogene, cu atenție specială asupra corelațiilor și fluctuațiilor cuantice și dimensionale; aceasta direcție de cercetare se referă la dezvoltarea metodelor fundamentale de analiza a sistemelor de stare condensată, precum teoria funcțiilor analitice și integrala funcțională (integrala de drum Feynman), răspunzând interesului și cerintelor crescănde ce se înregistrează la ora actuală în lume pentru rezultate riguroase în fizica statistică și teoria mai multor corpuri.

4. Proiectul va aplica aceste cunoștințe teoretice la dezvoltarea unor metode alternative pentru tratarea sistemelor mesoscopice și în special a clusterelor atomici; metodele traditionale referitoare la proprietățile fundamentale ale acestor sisteme (precum energia de legătură, ionizarea, stabilitatea, spectroscopia) se bazează pe coduri numerice de calcul, rareori accesibile comercial; metodele alternative ce fac obiectul proiectului de fata pornesc de la tratari cuasiclasice, adecvate situației, și au un caracter semi-analitic, fiind, din acest punct de vedere, mult mai convenabile.

4. Proiectul își propune dezvoltarea în forme finite, valorificabile, a metodelor și instrumentelor electronice de prelucrare a informației, inclusiv elaborarea, editarea și publicarea informației științifice pe retelele computationale; interesul recent pentru această formă de cercetare științifică este enorm, continutul insuși al cercetării științifice suferind astăzi mutații remarcabile sub impactul acestei tendințe generale; bazele de date științifice, publicațiile științifice, informarea, controlul și manipularea informației în domeniul fizicii stării condensate a materiei, al materialelor și al fizicii statistică se adaptează continuu la această situație nouă; proiectul își propune să continue și să valorifice experiența membrilor săi în acest domeniu, și să dezvolte aceste instrumente computaționale sub forma unor produse finite cu o posibilă valoare de piată; sub acest aspect proiectul are și caracteristica unui proiect de cercetare fundamentală-aplicativă.

2.5 METODOLOGIA CERCETARII

Metodologia cercetării cuprinse în prezentul proiect este metodologia de cercetare științifică generală a fizicii teoretice, astăzi cum a fost ea constituită în decursul istoriei de cca 400 de ani a acestei științe. În esență, aceasta metodologie este analiza critică a datelor experimentale și a semnificației lor teoretice, în conformitate cu principiile definitorii ale fizicii ca știință fundamentală a naturii. Instrumentul principal al acestei analize este matematica, atât în formele ei analitice cât și în cele numerice. În situațiile particulare se aplică documentarea monografică, testarea și verificarea afirmațiilor teoretice, reevaluarea metodelor și procedeeelor de calcul, degajarea ipotezelor, evaluarea variantelor de ipoteze, inclusiv a consecințelor, estimarea predictiilor și a semnificațiilor lor teoretice și practice. Pe lîngă aceasta munca, mai mult sau mai puțin de rutina, rolul hotăritor în privința intelectuală (și deci a reușitei) îl are experiența personală și percepția subiectivă a obiectului de cercetat.

2.6 ACTIVITATELE DE CERCETARE

Activitatea principală de cercetare științifică este gindirea personală asupra problemei de cercetat. Celelalte activități cuprind lectura și analiza publicațiilor științifice, analiza rezultatelor științifice, discuțiile de lucru, seminariile științifice, conferințe, simpozioane și întâlniri științifice, contacte de cooperare, de lucru și de examinari reciproce de pozitii și atitudini față de problematica științifică

ce constituie obiectul cercetarii. La acestea se mai adauga elaborarea, editarea si publicarea rezultatelor stiintifice, a referatelor si comunicarilor stiintifice, desfasurarea proceselor de invatamint superior, inclusiv doctoral.

2.7 MODUL DE VALORIZICARE A REZULTATELOR

Rezultatele se valorifica prin publicatii stiintifice, in diverse forme, inclusiv cele electronice, prin transferul cunoostintelor teoretice catre experimentatori, prin formele de invatamint superior, inclusiv (si in special) cel doctoral.

2.8 MASURILE PREVAZUTE PENTRU RESPECTAREA NORMELOR DEONTOLOGICE ALE CERCETARII UNIVER- SITARE

Normele deontologice ale cercetarii universitare se asigura prin practicile traditionale privind citarea rezultatelor stiintifice, recunoasterea paternitatii lor, asigurarea dreptului de proprietate intelectuala al autorilor de publicatii stiintifice, inclusiv cele electronice, critica publica a rezultatelor stiintifice si delimitarea ei de persoana, asigurarea si incurajarea dreptului la replica, masuri specifice asiguratoriei de prioritate si protejare a secretului de lucru.