
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 tehnicile 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 cuasi-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 bidimensionala 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 fluctuatiilor 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, adecvate 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, incluzind 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 dezvoltă astăzi pe cel puțin trei direcții majore de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică; în ordinea volumului de activitate aceste direcții sînt: manipularea materiei, efecte macroscopice ale naturii cuantice microscopice, rafinarea metodelor teoretice de investigare. Aspectul teoretic al acestor direcții este cunoscut sub numele de teoria mai multor corpuri și fizica statistică; obiectul acestor discipline este derivarea proprietăților fizice ale materiei din interacțiunile primare ale constituenților săi atomici. Este de remarcat tendința actuală din fizica statistică către studiul sistemelor mesoscopice, în contrast cu limitarea tradițională la ansamblu macroscopice.

Manipularea materiei este evaluată la ora ctuală ca fiind direcția majoră de dezvoltare a fizicii în următorul secol; ea constituie primul element din lista celor 3 tendințe globale ale cercetării științifice în secolul 21, alături de manipularea informației și manipularea vietii; în aceste direcții se asteapta rezultate surprinzătoare, ce vor reforma viața și societatea umană în întreg mileniul următor. După cum se vede, evaluarea se face în termenii ”manipularii”, ceea ce este un indiciu al recunoașterii unei noi puteri, anume puterea științifică. Într-adevăr, continutul de bază al manipularii materiei provine din utilizarea tehnicilor și instrumentelor avansate de investigare a materiei, precum epitaxia moleculară, microscopul electronic, sincrotronul, laserul, imagistica magnetică, reactorul nuclear. Punctele de virf la ora actuală în acest domeniu sînt clusterii atomici și sistemele mesoscopice, materia nanostructurată, cristalele fotonice, tranzistorul unielectronic și ciclotronul unielectronic.

Interesul major pentru clusterii atomici și sistemele mesoscopice provine din două surse; întâi, se au în vedere diverse aplicații tehnologice, printre care cea mai frecventă este realizarea de filme nanostructurate pe suprafețe de suport în vederea specularii proprietăților electrice și magnetice ale acestor sisteme; într-adevăr, sistemele mesoscopice au particularități notabile în stările electronice, momentele magnetice, proprietățile optice și vibrationale, ce se urmăresc a fi valorificate; de exemplu, suportii de memorii magnetice realizați din aceste materiale promit a fi rapizi, nere-manenți și foarte localizați, toate acestea fiind avantaje tehnologice. Particularitățile lor provin

din numarul suficient de mic al constituentilor lor atomici, ceea ce face sa se evidentieze natura cuantica. Pe de alta parte, numarul acestor constituenți este totusi suficient de mare pentru a crea oportunitatea abordarii teoretice a naturii clusterilor atomici si a sistemelor mesoscopice cu metode de teoria starii condensate, adecvat adaptate. Pentru ca problema centrala a acestor sisteme este una de fizica fundamentala, si anume calculul energiei de legatura, al potentialelor de ionizare, al spectrelor electronice si optice. Aceste probleme implica o situatie noua, aceea a interactiilor electrice intr-un sistem cu un numar mare de constituenți atomici, dar totusi limitat; metodele curente folosesc coduri de calcul numeric costisitoare, atat sub raport al resurselor de calcul cit si al pretului de cost, atunci cind sint accesibile comercial; aceasta metodologie este o reminiscenta a activitatii de cercetare stiintifica din domeniul chimiei cuantice, si nu este adecvata cerintelor actuale; tratarea generala corecta si convenabila a problemei este aceea a metodelor cunoscute sub numele de cuasiclasice, precum variante ale metodei Thomas-Fermi si ale functionalei densitatii; acesta este aspectul particular pe care proiectul prezent si-l are drept obiectiv. Este de subliniat totusi in acest context necesitatea adaptarii corecte a acestei atitudini generale a investigatiei stiintifice la o situatie complet noua, lucru ce poate fi realizat numai pe baza unor analize profunde a principiilor si metodelor generale; din acest punct de vedere, proiectul urmeaza sa beneficieze de experienta acumulata in urma unor astfel de cercetari pur fundamentale efectuate in trecut.

Evidentierea efectelor macroscopice din interactiile primare ale constituentilor atomici cuantici contine fenomene intens studiate la ora actuala, precum supraconductivitatea, suprafluiditatea, magnetismul, transportul (de materie, electric, termic), efectul Hall, lichidele cuantice, in special cele exotice, materia "soft", materia "stelara" si procesele statistice de neechilibru. Este de remarcat aici, in primul rind, prezenta acestor fenomene fizice, in forme specifice, in structurile mesoscopice si in clusterii atomici, evidentind in acest fel legatura substantiala dintre prima directie de cercetare expusa mai sus si cea de a doua directie, discutata aici. In aceste probleme de fenomene macroscopice sint esentiale corelatiile, a caror origine este in general multipla, fluctuatiile, de asemenea de diverse naturi, si efectele colective, de mare interes teoretic si practic. La ora actuala, o atentie deosebita este acordata corelatiilor legate de distanta de actiune a interactiilor (de exemplu corelatiile de tip long-range), corelatiilor cinematice, corelatiilor cuantice colective, corelatiilor dinamice provenite din jocul naturii cuantice a componentilor microscopici si interactia dintre ei, corelatiilor provenite din constrangeri geometrice (precum dimensionalitate, finitudine, etc) si corelatiilor de natura electromagnetica cuantica (efecte de non-localitate a cimpului electromagnetic, de exemplu, dinamica de faze geometrice, etc). Fluctuatiile legate de geometrie, si de numarul de particule sint cunoscute de multa vreme; un aspect de mare interes actual insa provine din fluctuatiile asociate cu constrangerile cuantice colective, locale si, in special, nelocale. Aceste chestiuni au o relevanta deosebita pentru dinamica modurilor colective in sistemele de stare condensata, modurile asociate cu ruperile de simetrie, modurile paramerilor de ordine in tranzitiile de faza, dinamica electronilor in cimp electromagnetic, etc. Aceasta grupa de probleme este tipica pentru supraconductivitate, suprafluiditate, magnetism, unde de densitate de sarcina si de spin, lichide cuantice, efect Hall cuantic. In conformitate cu interesul ce se inregistreaza la ora actuala in cercetarea stiintifica proiectul are in vedere dezvoltarea investigatiilor sistemelor de stare condensata sub acest aspect al efectelor macroscopice, in particular statistica electronilor in cimp magnetic, constrangerile dimensiunii doi asupra fermionilor in interactie, dinamica hamiltonienilor efectivi si a modurilor colective corespunzatoare, corelatiile si fluctuatiile magnetice. Pe langa interesul practic al unor astfel de probleme (precum procesele electronice si magnetice in filmele depuse pe suprafete, sau in structurile lamelare, etc), aceste investigatii tintesc la probleme metodologice fundamentale ale fizicii teoretice a starii condensate a materiei. Intr-adevar, anumite echivalente statistice intre fermioni si bosoni in dimensiunea doi apar inca destul de surprinza-

toare, limitele de valabilitate a unor metode aproximative permit 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 intelegere, 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 adecvate, 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 remarca 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 confidenta, 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, sint chestiuni centrale, prin gradul lor de generalitate; in particular, pe linga gradul lor de generalitate, interactiile magnetice sint de subliniat in acest context, intrucit ele sint fundamentale 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 paradigmele starii condensate. Teoria lichidului Fermi se afla esential la un nivel cuasi-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 principala insa revine in atentie cercetarii stiintifice cu ocazia sistemelor bidimensionale, realizate in multe instante practice, intrucit comportarea 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 stimulatora si

mai provocatoare, si necesita o abordare aproape monografica. O astfel de abordare are in vedere prezentul proiect, ca un element de inceput, atat 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 uni- si 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 constrangerilor specifice 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 acesa moment schimbari importante sub impactul mijloacelor computationale, dar se remarca 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 computationally, 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 realitati 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 inese sisteme de materie condensata, organizate fizic; in virtutea naturii noi a acestor mijloace, atat 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 teorii lichidului Fermi ca efect al interactiilor primare dintre constituenții 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 laticeale 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 capacitativitatilor 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, potentiale 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 PENTRU 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 stiintifice, 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 tehnicile 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 cuasi-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 bidimensionala 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 fluctuatiilor 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, adecvate situatiei, si au un caracter semi-analitic, fiind, din acest punct de vedere, mult mai convenabile.

4. Proiectul isi propune dezvoltarea in forme finite, valorificabile, a metodelor si instrumentelor electronice de prelucrare a informatiei, incluzind 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.

2.5 METODOLOGIA CERCETARII

Metodologia cercetarii cuprinse in prezentul proiect este metodologia de cercetare stiintifica generala a fizicii teoretice, asa cum a fost ea constituita in decursul istoriei de cca 400 de ani a acestei stiinte. In esenta, aceasta metodologie este analiza critica a datelor experimentale si a semnificatiei lor teoretice, in conformitate cu principiile definirii ale fizicii ca stiinta fundamentala a naturii. Instrumentul principal al acestei analize este matematica, atat in formele ei analitice cit si in cele numerice. In situatiile particulare se aplica documentarea monografica, testarea si verificarea afirmatiilor teoretice, reevaluarea metodelor si procedeele de calcul, degajarea ipotezelor, evaluarea variantelor de ipoteze, inclusiv a consecintelor, estimarea predictiilor si a semnificatiilor lor teoretice si practice. Pe langa aceasta munca, mai mult sau mai putin de rutina, rolul hotaritor in privinta intelegerii (si deci a reusitei) il are experienta personala si perceptia subiectiva a obiectului de cercetat.

2.6 ACTIVITATILE DE CERCETARE

Activitatea principala de cercetare stiintifica este gandirea personala asupra problemei de cercetat. Celelalte activitati cuprind lectura si analiza publicatiilor stiintifice, analiza rezultatelor stiintifice, discutiile de lucru, seminariile stiintifice, conferinte, simpozioane si intilniri stiintifice, contacte de cooperare, de lucru si de examinari reciproce de pozitii si atitudini fata de problematica stiintifica

ce constituie obiectul cercetării. La acestea se mai adaugă elaborarea, editarea și publicarea rezultatelor științifice, a referatelor și comunicărilor științifice, desfășurarea proceselor de învățământ superior, inclusiv doctoral.

2.7 MODUL DE VALORIFICARE A REZULTATELOR

Rezultatele se valorifică prin publicații științifice, în diverse forme, inclusiv cele electronice, prin transferul cunoștințelor teoretice către experimențatori, prin formele de învățământ superior, inclusiv (și în special) cel doctoral.

2.8 MASURILE PREVĂZUTE PENTRU RESPECTAREA NORMELOR DEONTOLOGICE ALE CERCETĂRII UNIVERSITARE

Normele deontologice ale cercetării universitare se asigură prin practicile tradiționale privind citarea rezultatelor științifice, recunoașterea paternității lor, asigurarea dreptului de proprietate intelectuală al autorilor de publicații științifice, inclusiv cele electronice, critica publică a rezultatelor științifice și delimitarea ei de persoană, asigurarea și încurajarea dreptului la replică, măsuri specifice asigurării de prioritate și protejare a secretului de lucru.