
The Antiphysical Review

Founded and Edited by M. Apostol

113 (2005)

ISSN 1453-4436

Cercetari Avansate asupra Interactiilor Atomice si Magnetice (INTAM, CERES, Mai 2004)

M. Apostol

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

Pe plan national si international. Cercetarile actuale, fundamentale si aplicate, de fizica materiei condensate, in larga lor diversitate atat pe plan intern cit si pe plan international, au adus recent in discutie problema interactiunilor la nivel atomic ca substrat fundamental al intregii fenomenologii din materia condensata. Cercetarile moderne au ajuns la analiza experimentală directă a acestor interactiuni, prin utilizarea microscopiei atomice de baleiere, in special in nanostructuri si nanoagregate. In fenomenele pur cuantice, cum este magnetismul, natura si rolul acestor interactiuni magnetice sint definitorii pentru comportamentul fizic, in special in structuri atomice finite, meso- si nanoscopice. Dinamica curentilor de spin si de momente magnetice in noile directii de cercetare stiintifica numite spintronica, magnetronica sau moletronica fac studiul interactiunilor magnetice si mai actual. Problema centrala in astfel de investigatii este natura efectiva a acestor interactii, caracterul lor mediat, ele provenind din interactia electromagnetica fundamentala ce opereaza la nivelul materiei condensate, interactie afectata in sa de variate corelatii (cuantice, statistice), constringeri (cinematice, dinamice), inclusiv conditionari de natura geometrica (retea cristalina, dimensionalitate). Studiul acestor conditionari efective se face in mod traditional cu metodele matematice ale teoriei de mai multe corpuri in interactiune (many-body), in care s-au inregistrat progrese remarcabile de-a lungul timpului, si care constituie o directie fundamentala de cercetare in teoria materiei condensate. Noile dezvoltari ale acestui domeniu, in directii precum cele enumerate mai sus (nanostructuri, spintronica, etc), sau in recenta directie extrem de viguroasa a condensatilor atomici, in special condensatii de tip Bose-Einstein, ridica din nou problema abordarii cu tehnici de many-body a structurii si caracterizarii interactiilor atomice efective, inclusiv a interactiilor magnetice, in noul context stiintific. Sint vizate in particular interactiile efective inter-atomice, atat pentru bosoni cit si pentru fermioni, masura in care ele afecteaza functiile de raspuns ale ansamblelor atomice, gradul de dependenta a dinamicii magnetizarii de natura interactiilor atomice si magneticesi conditionarea starilor biparticula, rezonante si de imprastiere de interactiunile magnetice in structuri atomice finite. Prezentul proiect INTAM vizeaza astfel de studii fundamentale avansate, legate in particular de comportari specifice ale condensatilor bosonici si ale lichidelor cuantice magnetice, cu scopul de a obtine noi informatii asupra particularitatilor unor astfel de interactii si de a testa noi tehnici teoretice, matematice si computationale in tratarea unor astfel de probleme. INTAM valorifica si continua o traditie puternica de studii aprofundate de magnetism, corelatii atomice, statistica bosonilor si tehnici de many-body, ale carei rezultate sint valorificate in mod curent de beneficiarii comunitatii stiintifice interne si internationale, de unitati de cercetare-dezvoltare.

Obiective. Obiectivul general al INTAM este dobindirea de noi cunostinte fundamentale in domeniile de cercetare avansata a interactiunilor atomice si magnetice, cunostinte constituite in

rezultate masurabile si exprimate in forma utilizabila pentru unitati de cercetare-dezvoltare, fundamentale, teoretice si aplicative, cu preocupari in domeniu. INTAM vizeaza definirea conditiilor generale si caracteristicilor interactiunilor efective inter-atomice si magnetice necesare estimarii unor efecte specifice, critice, observabile la scara structurilor de materie condensata. Obiectivul #1 este investigarea caracterului si originii potentialului efectiv de interactie atomica in condensati bosonici, asa cum sint ele exprimate in spectrul rotonic al fenomenului de suprafluiditate, si evaluarea efectului acestui potential de interactie asupra dinamicii de vortexuri in starea suprafluida. In urmarirea acestui obiectiv se va face uz de cunostintele originale dobindite in formularea si dezvoltarea teoriei cuasi-clasice de formare a nano-agregatilor atomici si moleculari, rezultate preliminare indicind posibilitatea unei descrieri superioare a spectrului rotonic suprafluid cu ajutorul potentialului inter-atomic efectiv dedus in cadrul acestei teorii, in comparatie cu modelele semi-empirice de potentiale efective multiplu oscilante folosite in prezent. Obiectivul #2 consta din adaptarea teoriei generale a functiilor de raspuns liniar la studiul spectrului energetic al condensatilor bosonici. Este vizat in primul rind caracterul general al excitatiilor de tip uniparticula in modelul Bogoljubov, noutatea constind in incercarea de a stabili caracteristicile acestor excitatii (spectru energetic, timp de viata, corelatii suprafluide) ca raspuns la o perturbatie externa provenita din medile anormale dependente de timp, aflate in afara echilibrului statistic. Obiectivul #3 este consacrat excitatiilor parametrice ale magnetizarii sub actiunea curentului electric. Prezentul obiectiv vizeaza investigarea conditiilor de producere a rezonantei parametrice, conditii ce impun constringeri asupra interactiunilor magnetice. Obiectivul urmareste cu precadere identificarea celor mai generale conditii pe care trebuie sa le indeplineasca interactiile magnetice efective pentru a realiza o rezonanta parametrica in cuplajul magnetizare-curent electric. O astfel de rezonanta parametrica asigura controlul reciproc al curentului electric si magnetizarii in dispozitivele electronice ultraminiaturale, de tipul meso- si nanostructurilor. Obiectivul #4 vizeaza schimbarea calitativa pe care finitudinea structurilor mesoscopice o aduce asupra interactiunilor magnonice. Caracterul efectiv al acestor interactiuni este afectat in acest caz de dimensiunile finite ale structurii magnetice, ceea ce poate conduce la contributii suplimentare in spectrul bimagnonic, obtinut in cadrul teoriei de tip Bethe ansatz. Este deosebit de important in acest obiectiv urmarirea evolutiei catre limita termodinamica pe masura cresterii dimensiunilor probei mesoscopice, in vederea estimarii limitelor superioare de miniaturizare a structurilor magnetice. Fiecare dintre aceste obiective INTAM se va finaliza cu cite un raport de cercetare si cite o publicatie stiintifica, unitati masurabile in conformitate cu obiectivele INTAM. Descrierea riguroasa a fenomenelor din fizica materiei condensate necesita cunoasterea exacta a structurii interactiilor efective ce guverneaza aceste fenomene. Astfel de interactii efective sint modelate de contributiile specifice ale starii cuantice in care se gasesec atomii, ca in cazul condensatilor bosonici, sau stările cuantice ale paturilor lor electronice incomplete, ca in cazul interactiilor magnetice. La astfel de contributii principale se pot adauga contributii particulare provenite din dependenta temporala, ca in cazul evolutiei catre echilibru, sau in cazul curgerii curentului electric, precum si contributii speciale provenite din caracterul finit al ansamblului structural atomic. Investigarea acestor caracteristici fundamentale vizeaza dobindirea de noi cunostinte stiintifice de baza, conform cu cerintele programului CERES. De asemenea, prioritatile acestui program se inscriu in cercetarile stiintifice actuale pe plan intern si international privitoare la condensatii bosonici si la interactiunile magnetice.

Prezentarea stiintifica a proiectului. Planul general de derulare a proiectului INTAM este configurat de dezvoltarea, adaptarea si compatibilizarea tehnicilor matematice de tip many-body, a potentialelor efective in descrierea dinamicii la nivel atomic, a tehnicilor de teorie cuasi-clasica specifice materiei condensate si a teoriei de interactie bimagnonica in structuri finite. Aplicatiile acestor tehnici in cadrul INTAM vizeaza in principal spectrul energetic al condensatilor bosonici,

cuplajul mutual magnetizare-curent electric si dinamica excitatiilor bimagnonice in structuri finite. In conformitate cu cercetarile actuale pe plan intern si international dobandirea de cunostinte fundamentale in caracterizarea interactiilor efective atomice si magnetice, scopul principal INTAM, este o prioritate. Pe langa noutatea metodelor vizate de INTAM in abordarea acestor probleme fundamentale prioritare, gradul de complexitate INTAM necesita elaborarea unei concepii generale unitare metodologice care sa reuneasca analiza substratului matematic comun al interactiilor efective la nivel atomic si cuantic. Potentialele atomice de interactie efectiva provin din distributia spatiala a sarcinii electrice din paturile electronice exterioare, pe cind interactiile magnetice, pe langa aceasta contributie includ si conditionarile cuantice generate de statistica Fermi, de spinul electronic, de ocuparea paturilor electronice incomplete. In ambele situatii, rezultatul efectiv al interactiei este limitat de regiunea spatiala de interes, in general de viteza relativa a partenerilor de interactie, de restrictiile geometrice ale miscarii ansamblului atomic in interactie, etc. In general, este de asteptat ca forma completa a unor astfel de interactii sa poata fi derivata din primele principii numai in conditii limitative, rezultatul integral avind totusi un caracter semi-empiric. Complexitatea INTAM are o sursa principala in aceasta delimitare dintre caracteristicile de origine empirica si cele generate de primele principii, delimitare ce poate fi evaluata numai in conditii particulare. Cunostintele fundamentale vizate de INTAM sint asadar valabile numai in conditii fizice particulare, bine determinate, ce pot fi identificate experimental. In cadrul obiectivului #1 privind potentiale atomice efective, exista numeroase indicatii bibliografice recente conform carora studiul interactiilor bosonice efective revine in atentia comunitatii stiintifice pe plan international, ceea ce constituie o oportunitate promitatoare de valorificare a experientei proprii acumulate in aceasta directie de-a lungul timpului. Indeplinirea obiectivului ridica probleme speciale, netipice, de identificare a originii fizice a diferitelor caracteristici calitative ale spectrului rotonic experimental, precum si probleme de analiza numerica subtile, pentru care exista in cadrul INTAM toate conditiile de a fi rezolvate. In general, forma potentialului de interactie bosonic are natura unei functii ce actioneaza pe distante scurte, caracterizarea ei cantitativa fiind limitata. Experimente recente de imprastieri de neutroni, precum si masuratori ale efectului isotopic in amestecuri de heliu lichid, accesul direct la dinamica condensatilor atomici prin imprastieri de radiatiei laser si de electroni au ridicat problema detaliilor acestei interactii, in vederea caracterizarii si intelegerii rezultatelor experimentale. Pe de alta parte, din teoria generala a agregarii materiei se cunosc caracteristici functionale ale potentialului inter-atomic efectiv, dintre care cele mai interesante sint probabil oscilatiile spatiale multiple. Obiectivul urmareste elucidarea relevantei acestor cunostinte teoretice in contextul noilor rezultate experimentale, in vederea unei caracterizari cit mai complete a comportarii ansamblelor bosonice la temperaturi mici. In cadrul obiectivului #2 consacrat raspunsului liniar este vizata problema fundamentala in raport cu natura fenomenului de suprafluiditate, anume problema excitatiilor de tip uniparticula si a spectrului lor energetic fara interval energetic interzis. In acest scop se adapteaza teoria raspunsului liniar la perturbatii externe, perturbatii care provin in acest caz din dependenta temporala a mediilor condensate anormale in afara echilibrului, o problema bine cunoscuta in procedurile self-consistente de many-body.

Ruperea de simetrie caracteristica acestei probleme este asociata cu o evolutie in afara echilibrului. Absenta intervalului energetic interzis (teorema Huggenholtz-Pines, o generalizare la temperaturi finite a teoremei Goldstone) poate fi astfel motivata, in cadrul acestui formalism general. Se urmareste masura in care conditiile Martin-Hohenberg sint indeplinite pentru diverse tipuri de potentiale de interactie folosite curent, rezultatele acestui obiectiv fiind astfel un test pentru corectitudinea rezultatelor obtinute in obiectivul anterior. Tehnica fundamentala de lucru este teoria de tip Hartree-Fock, inclusiv corelatiile de ordin superior, in care exista o experienta bogata. Investigatiile din cadrul acestui obiectiv au ca scop final elucidarea conditiilor pe care trebuia sa le indeplineasca interactiile efective inter-atomice pentru realizarea suprafluiditatii, si a condensarii

in general, precum si substratul unei posibile dependente dintre interactii si evolutia ansamblelor atomice dictata de alte conditii fizice precum temperatura, corelatii cuantice, statistici cuantice, etc. O astfel de dependenta poate fi prezenta si in dinamica magnetizarii, asa cum este formulata in urmatoarele doua obiective #3 si #4. In general, dinamica magnetizarii in materia condensata vizata de obiectivul #3 privitor la excitatiile parametrice este controlata de cimpul magnetic aplicat si de interactiunea magnetica sub forma difusiva, ce defineste spectrul magnonic. In dispozitive electronice ultraminiaturale este de asteptat ca magnetizarea si curentul electric sa se influenteze reciproc, ca urmare a acelorasi interactiuni magnetice. Cuplajul corespunzator este neliniar, si diversele contributii ale termenilor neliniari asupra intensitatii, adincimii de penetrare, difuziei si absorbtiei curentului de spini sint inca intens studiate. Un element esential in evaluarea efectelor de curenti de spini indusi in materiale magnetice este natura barierei de tunelare de la interfata structurii, natura jonctiunii, a contactului, si influenta lor asupra ratei de tunelare. In constructia acestei bariere de interfata INTAM utilizeaza cunostintele dobindite anterior in elucidarea modului de formare a contactelor si a jonctiunilor prin difuzia reciproca sub actiunea potentialelor efective inter-atomice. Efectul curentului electric asupra magnetizarii se materializeaza in acest caz prin schimbarea frecventelor de evolutie temporala a excitatiilor magnetice, care, in principiu, devin acum dependente de timp. Un control utilizabil al curentului electric asupra magnetizarii (si reciproc) poate avea loc daca aceste frecvente indeplinesc conditiile de rezonanta parametrica ale oscilatorului clasic. In general, interactiile neliniare sugereaza existenta unor comportari dinamice ne-stationare, cu auto-amplificare, ce pot duce atat la distrugerea curentului de spin si a magnetizarii, dar pot aduce, in conditii de control al parametrilor, accentuarea efectului dorit de cuplaj curent de spin-magnetizare. Posibilitatea unei astfel de rezonante parametrice si definirea conditiilor celor mai generale pe care trebuie sa le indeplineasca interactiunea magnetica in vederea realizarii acestei rezonante constituie tema principala de investigatie in cadrul acestui obiectiv. Este de asteptat sa apara o chestiune foarte subtila in acest context, anume aceea privind competitia dintre efecte pur inertiiale asociate cu mscarea sarcinilor in curentul electric si o posibila distrugere rezonanta a magnetizarii, precum rezonanta parametrica, ca urmare a caracterului specific al interactiilor magnetice. Tehnicile folosite in acest context sint tehnicile de dinamica a interactiunilor magnetice in care INTAM are o indelungata experienta. Aceeasi experienta este valorificata si in cadrul obiectivului #4 referitor la spectrul energetic generat de interactiuni magnetice in configuratiile bimagnonice, unde solutii de tip Bethe ansatz se cauta pentru interactiunile bimagnonice in conditiile in care finitudinea structurilor mesoscopice este un element esential. In general, solutia de tip Bethe ansatz in dinamica structurilor magnetice este aplicabila pentru dimensiuni infinite ale ansamblului magnetic, in conditii de limita termodinamica. Abordarea interactiei magnetice in acest caz cu ierarhia ecuatiilor de miscare nu este convenabila. Aceasta structura ierarhica devine insa aplicabila, si este chiar potrivita, pentru cazul probelor finite, ea oferind posibilitatea clasificarii excitatiilor magnonice dupa simetriei si posibilitatea numararii modurilor magnonice, inclusiv a celor provenite din interactia magnon-magnon in conformitate cu corectiile de tip MacLaurin la sumele statistice. Aceasta tehnica este tipica pentru studiul contributiilor ne-termodinamice la sumele statistice, un punct principal urmarit in cazul de fata. Folosind o astfel de abordare este de asteptat sa se obtina o descriere completa a interactiunilor bimagnonice, in sensul evidentierii starilor de imprastiere, a starilor legate, a starilor rezonante, inclusiv spectrul lor energetic si timpii de viata. Sint vizate atat ansamble unidimensionale, cit si bi- si tridimensionale.

Relevanta. Datele obtinute in mod curent la ora actuala cu microscopia atomica de baleiere, manipularea atomilor cu microscopia atomica, cu fasciculele laser, imprastierile de neutroni in lichidele condensate, datele de imprastiere a radiatiei laser, a electronilor in condensatii atomice, raspunsul electric si magnetic al mesostructurilor in care exista cuplaj magnetizare-curent elec-

tric, raspunsul magnetizarii la cimp magnetic extern in structuri magnetice finite, toate aceste tipuri de investigatii experimentale si teoretice prioritare pe plan intern si international vizeaza natura si structura interactiilor efective atomice si magnetice, ca substrat al comportarii fizice a acestor ansamble atomice. Elucidarea tipurilor generale de interactiuni efective inter-atomice si magnetice, a gradului lor de aplicabilitate si a conditiilor lor de valabilitate contribuie la predictia controlului asupra unei clase largi de fenomene specifice, critice, observabile in materia condensata. INTAM urmareste dobandirea de cunostinte de baza in aceste domenii de investigatie actuale, prin abordarea interactiilor atomice si magnetice in contexte experimentale bine definite, astfel incit rezultatele sa poata fi testate si utilizate atat pe plan teoretic cit si pe plan experimental si aplicativ. INTAM deruleaza investigatiile de natura teoretica in cazul lichidelor de heliu suprafluid si a amestecului isotopic de heliu suprafluid, in posibile cazuri determinate de condensat atomici, in jonctiunile magnetice mesoscopice cu injectie de curent electric si in structuri magnetice finite, de regula bidimensionale. INTAM vizeaza studiul general al raspunsului condensatilor atomici suprafluizi la perturbatii exterioare in directa legatura cu forma si natura interactiilor efective inter-atomice, urmarind, in premiera, estimarea efectelor de tip corelativ in raport cu efectele de tip interactiv. Abordarea INTAM a acestei problematice complexe a naturii si structurii interactiilor efective atomice si magnetice porneste de la principiile originale statistice si cuantice in contextul situatiilor particulare determinate sau determinabile experimental. Metodologia INTAM este constituita din adaptarea, dezvoltarea si compatibilizarea metodelor si tehnicilor deosebit de puternice ale teoriei de many-body, ale raspunsului liniar la temperaturi finite si in afara echilibrului, ale teoriei cuasi-clasice de agregare a materiei, ale ierarhiei ecuatiilor de miscare, ale starilor legate, de imprastiere si rezonante biparticula (in particular bimagnonice). Aceasta metodologie, care combina tehnici si metode puternice si riguroase ale fizicii teoretice cu situatii determinabile experimental asigura relevanta cunostintelor fundamentale dobandite pentru utilizarea, testarea, manipularea si dezvoltarea rezultatelor atat in contexte cunoscute sau studiate la ora actuala, cit si in noi contexte ce constituie prioritati ale cercetarii stiintifice in urmatoarele decade. In aceste domenii INTAM urmareste sa aduca o contributie fundamentala asupra cunostintele de baza privind interactiile efective atomice si magnetice in domeniul lichidelor bosonice, al condensatilor atomici, al dispozitivelor electro-magnetice si agregatelor magnetice mesostructurate. Investigarea legaturii particulare dintre diversele caracterizari calitative ale spectrului de imprastiere de neutroni si dependenta functionala spatiala a interactiei in lichidele suprafluide de heliu contribuie esential la elucidarea spectrului energetic uniparticula, a spectrului rotonic si a dinamicii vortexurilor in aceste lichide, ceea ce creeaza o baza teoretica solida pentru abordarea unor situatii mai complexe, precum raspunsul amestecurilor isotopice de heliu suprafluid la presiune. Structura interactiei magnetice efective este de relevanta majora in mesostructurile unde exista cuplaj magnetizare-curent electric, intrucit controlul reciproc al magnetizarii si curentului electric implica o comportare nemarginita de tip rezonant, cum este rezonanta parametrica. Interesul major in acest domeniu consta din necesitatea de a controla noi regiuni parametriche de actiune a unor noi marimi fizice in electronica ultraminiaturale. Analiza efectului geometric de finitudine asupra interactiei efective bimagnonice este un obiectiv prioritar in cercetarea din domeniu la ora actuala. In ipoteza minimizarii riscurilor implicate de cercetari de virf complexe, natura fundamentala a INTAM si forma utilizabila la nivel experimental si aplicativ asigura viabilitatea rezultatelor vizate. Pe plan intern, recenta initiativa nanostructurala si cercetarile aplicative curente in structuri magnetice miniaturale sporesc relevanta cunostintelor fundamentale asupra fenomenelor de baza in aceste directii, in conformitate cu prioritatile planului national de cercetare-dezvoltare si cu obiectivele INTAM.

Schema de realizare. In conformitate cu obiectivele, etapele de realizare INTAM sint urmatoarele: 1. Interactii efective in ansamble atomice in vederea corelarii lor cu spectrul rotonic

suprafluid. 2. Proprietatile spectrului uniparticula in lichide suprafluide si condensati bosonici reflectate in functiile de raspuns. 3. Interactia efective curent electric-magnetizare in vederea indeplinirii conditiilor de rezonanta parametrica. 4. Spectrului biparticula in structuri magnetice, corelarea cu extinderea finita a acestor structuri. 5. Sinteza rezultatelor si pregatirea materialelor necesare diseminarii pe scara larga a acestor rezultate. Prima etapa intitulata potentiale atomice efective corespunde obiectivului #1 ce vizeaza determinarea potentialelor atomice efective corespunzatoare spectrului uniparticula, spectrului rotonic si dinamiciei vortexurilor in lichide suprafluide de heliu si efectelor presiunii asupra acestor spectre in amestecuri isotopice de heliu suprafluid. Etapa #2 intitulata raspunsul linear corespunde obiectivului INTAM #2 consacrat investigarii naturii spectrului uniparticula in lichide suprafluide si condensati bosonici ca raspuns la perturbatia externa a mediilor anormale aflate in afara echilibrului, in determinare directa cu structura potentialului inter-atomic. Etapa #3 intitulata excitatii parametrice corespunde obiectivului INTAM #3 si priveste forma generala a interactiunii magnetizare-curent electric ce asigura o rezonanta parametrica a magnetizarii. Etapa #4 intitulata interactiuni magnetice corespunde obiectivului INTAM #4 si este dedicata investigarii spectrului bimagnonic in ansamble magnetice finite (mesoscopice), in vederea depistarii starilor legate, de imprastiere si rezonante si delimitarii limitei mesoscopice atat intr-o dimensiune, cit si in doua si trei dimensiuni. In final, etapa #5 intitulata etapa finala sintetizeaza rezultatele INTAM, urmareste degajarea unei posibile structuri fundamentale generale caracteristice interactiunilor atomice si magnetice asa cum sint ele mediate de structura spatiala a paturilor electronice exterioare, a paturilor electronice incomplete, de miscarea relativa, de corelatiile cuantice si statistice si de dimensiunile geometrice ale ansamblelor.

Diagrama de realizare. Cei 6 participanti deruleaza activitatea defalcata pe 5 etape distribuite egal in timp ce vizeaza interconectarea obiectivelor in abordari preliminare si pregatitoare, desfasurari si finalizari. Etapa #5 este dedicata sintezei rezultatelor. Defalcarea temporală a activitatii implica cheltuieli de manopera si de consumabile pe toata durata derularii INTAM, cheltuieli de echipament in etapa #3 si cheltuieli de deplasare in etapele #2 si #5. Inca din prima etapa INTAM implica in derularea activitatilor studenti si tineri absolventi in numar de circa 1-2 in vederea prepararii lucrarilor de licenta, de masterat si se vizeaza de asemenea un stagiu doctoral pe aceasta tema, ce incepe cel tirziu in etapele #4 sau #5. INTAM implica pe tot parcursul derularii activitatii posibili beneficiari din comunitatea stiintifica interna si internationala interesati in rezultatele fundamentale ale domeniului. Astfel de implicari se fac pe baza cooperarilor interne si internationale in derulare intre participantii INTAM si unitati de cercetare-dezvoltare interne precum si universitati interne si internationale. Toate etapele INTAM elaboreaza ipoteze, modele conceptuale si teorii (A1.1) in domeniu. Etapa finala #5 efectueaza o larga diseminare (A1.3) a rezultatelor INTAM prin seminarii, conferinte, CD, filme stiintifice, la nivel intern si international.

Rezultatele INTAM se concentreaza pe doua categorii majore cu impact asupra domeniilor de cercetare prioritare vizate. Identificarea dependentei specifice dintre diversele caracteristici ale spectrului de imprastiere de neutroni (inaltimea, largimea, forma peak-ului) si particularitatile interactiei in lichidele suprafluide de heliu, impreuna cu asigurarea conditiilor de suprafluiditate asa cum se reflecta ele in forma potentialului de interactie efectiv contribuie esential la elucidarea spectrului energetic uniparticula, a spectrului rotonic si a dinamiciei vortexurilor in aceste lichide, ceea ce creeaza cunostintele fundamentale sigure pentru abordarea unor situatii mai complexe, precum influenta presiunii asupra suprafluiditatii amestecurilor isotopice de heliu. In acest context, este deosebit de important de identificat acele caracteristici ale potentialelor efective de interactie atomica ce raspund la presiuni macroscopice, aceasta inscriindu-se in obiectivele generale ale fizicii materiei condensate de control macroscopic asupra comportarii cuantice si atomice a materiei. Cunoasterea acestor potentiale atomice elucideaza de asemenea trasaturile definitorii ale spectrelor de imprastiere a radiatiei laser sau de imprastiere electronica in condensatii atom-

ici, si totodata ele constituie baza pentru descrierea dinamicii neliniare a acestor condensati sub actiunea perturbatiilor externe, o problema de mare prioritate in contextul valorificarii ecuatiei Gross-Pitaevskii. Aceste rezultate sint accesibile comunitatii stiintifice interne si internationale prin mijloacele specifice de diseminare, publicare, comunicare, prezentare. Natura interactiei magnetice efective este de relevanta esentiala in cuplajul magnetizare-curent electric in mesostructuri, intrucit controlul mutual al magnetizarii si curentului electric implica, la nivel utilizabil macroscopic, o comportare divergenta, nemarginita de tip rezonant, ce poate proveni dintr-o rezonanta parametrica, asa cum se sugereaza la ora actuala in cercetarile recente pe plan international. Pe de alta parte, forme tipice, generale, cu trasaturi calitative cunoscute de interactie nu par a fi capabile sa dezvolte o astfel de comportare rezonanta, ci conduc numai la efecte inertiiale ale miscarii sarcinilor electrice in curentul electric. Investigarea analogiei profunde dintre rezonanta parametrica a oscilatorului clasic sau cuantic si ecuatiile de miscare Bloch a magnetizarii in conditiile intractiilor la nivel microscopic, contributia specifica a acestui nivel atomic in comparatie cu ecuatiile de miscare macroscopica de tip Lifshitz, posibila anisotropie magnetica ce ar putea fi implicata intr-o astfel de analogie, posibila faza Berry ce ar putea fi, de asemenea, asociata cu miscarea magnetizarii sub actiunea unor interactii atomice complexe contribuie major la elucidarea designului experimental, al materialului utilizat si la definirea conditiilor de lucru in care trebuie sa se caute evidentierea unei astfel de comportari a magnetizarii sub actiunea curentului electric. Aceasta este o directie majora la ora actuala in cercetarea stiintifica din domeniu, alimentata de controlarea unor noi domenii de actiune a unor noi parametri fizici in dispozitivele electronice ultraminiaturale. Valorificarea cunostintelor fundamentale si aplicative in acest domeniu se face in cadrul INTAM prin abordarea originala a problemelor relevate de cercetarea stiintifica pe plan national si international. De asemenea, identificarea efectului finitudinii asupra excitatiilor bimagnonice in structuri finite, doua obiective prioritare in cercetarea din domeniu la ora actuala, conduce la necesitatea clarificarii efectului geometric de finitudine asupra interactiei efective magnetice, obiectiv de relevanta majora in cadrul INTAM. Beneficiile INTAM sint exprimate in achizitionarea de noi cunostinte de baza in domenii de cercetare fundamentala prioritara si sint cuantificabile prin cele 4 (patru) publicatii stiintifice corespunzatoare celor 4 obiective, prin 2 seminarii de rezultate noi si 1 seminar general de sinteza, prin participarea la 1 conferinta internationala in domeniu, prin diseminarea pe scara larga asigurata de mijloacele electronice. Intregul set de rezultate INTAM este accesibil pe internet si este inclus intr-un CD cu distributie libera. Rentabilitatea INTAM este evidentiata de raportul cost/ cheltuieli/produs a carui valoare este cu mult sub standardele practicate pe piata internationala concurentiala.

Impactul stiintific INTAM este conturat de caracterul fundamental al cunostintelor de baza dobindite in domenii de cercetare prioritare pe plan intern si international. Stabilirea conditiilor celor mai generale pe care trebuie sa le indeplineasca interactiile efective atomice constituie un punct teoretic de relevanta majora in cercetarile avansate privind structura spectrului energetic uniparticula, spectrului rotonic si dinamicii vortexurilor in lichide suprafluide de heliu. Acest punct major asupra caruia se fac cercetari intense in prezent, si asupra caruia se emit diverse ipoteze semi-empirice si se fac variate modelari conjuncturale in raport cu un set sau altul de date experimentale este coroborat in cadrul INTAM cu particularitatile pe care trebuie sa le indeplineasca astfel de potentiale atomice de interactie efectiva pentru a fi in acord cu raspunsul deplasarii spectrului suprafluid la actiunea externa a parametrului presiune, un fenomen in continua documentare la ora actuala in amestecurile isotopice de heliu suprafluid. In acest context se asteapta elucidarea originii oscilatiilor spatiale multiple ale potentialelor efective precum si legatura lor cu raspunsul la actiunea presiunii, un obiectiv major INTAM. Elucidarea efectului pe care il au potentialele efective inter-atomice asupra proprietatilor de condensare a lichidelor cuantice, asupra spectrului lor uniparticula, asupra dinamicii excitatiilor lor elementare, asupra

comportarii lor sub actiunea diverselor perturbatii externe este un element esential in impactul acestor cercetari asupra mediului stiintific si tehnologic, cu repercursiuni asupra factorilor economici si sociali relevanti pentru cercetarea stiintifica si dezvoltarea tehnologica. Pe de alta parte, clarificarea riguroasa, din primele principii, a naturii suprafluide si a starii condensate bosonice pe baza raspunsului liniar la actiunea mediilor anormale aflate in afara echilibrului este de natura sa elucideze proprietati generale legate de criteriile de condensare in ansamble bosonice. Toate aceste rezultate au un impact major tehnico-stiintific intrucit vizeaza probleme fundamentale, prioritare, si sint exprimate intr-o forma utilizabila atat experimental cit si aplicativ, ceea ce ofera posibilitatea testarii si dezvoltarilor ulterioare. Elucidarea formei generale a interactiunii implicate de cuplajul magnetizare-curent electric in structuri mesoscopice, in vederea asigurarii comportarii rezonante, precum rezonanta parametrica, se constituie intr-un alt rezultat de impact stiintific-tehnic major, intrucit astfel de interactii, conform cunostintelor actuale, conduc cel mai adesea la efecte inertiiale asociate cu miscarea sarcinilor in curentul electric, cuplajul neaducind comportari calitativ noi. In asfel de abordari se utilizeaza necritic ecuatii de tip macroscopic, fara a se tine seama de obicei de importanta factorilor de interactiune magnetica la nivel atomic, ce pot aduce contributi esentiale la noi comportari si la dinamica magnetizarii pe distante mesoscopice. Investigarea contributiilor neliniare, si conditiile de consistenta pe care trebuie sa le indeplineasca acesti termeni semi-fenomenologici in dinamica magnetizare-curent electric este un alt element important de impact specific domeniului de cercetare stiintific si tehnic. Abordarea in cadrul INTAM a originii acestui fenomen prin utilizarea metodelor generale de rezonanta parametrica, de fundamentare a ecuatiilor de miscare a magnetizarii din interactiile la nivel atomic, prin controlarea aproximatiilor uzuale in starea macroscopica, aproximatii care pot avea efecte considerabile la scara atomica, integrarea fenomenului in perspectiva generala a fenomenologiei de faza Berry, toate acestea asigura informatii relevante de un deosebit impact tehnic-stiintific in noul domeniu de cercetare de mare prioritate al electronicii ultrarminiaturale asociate unor noi parametri si unor noi grade de libertate, precum magnetizarea. Diferentierea intre stari bimagnonice legate, de imprastiere, rezonante pe care INTAM o realizeaza cu metodele ierarhiei ecuatiilor de miscare in structuri magnetice finite, si asigurarea bazelor de comparare a rezultatelor cu cele obtinute prin ansatz-ul Bethe, degajarea contributiilor geometriei finite la interactia magnetica efectiva constituie rezultate de impact in domeniul structurilor magnetice, prin clarificarea pe care aceste rezultate o aduc in stabilirea limitei mesoscopice a extinderii domeniilor de magnetizare, prin stabilirea unei astfel de limite in structuri magnetice bidimensionale, acesta din urma fiind un punct de investigare deosebit de activ la ora actuala. Aplicatiile tehnologice actuale se directioneaza catre inregistrarea, stocarea si reproducerea datelor pe structuri magnetice ultrarminiaturale, de natura celor vizate de INTAM.

Managementul. Conducerea si coordonarea INTAM se fac de catre directorul de proiect prin metode, cai si mijloace tipice (specifice) pentru derularea activitatilor de cercetare stiintifica in domeniul fizicii teoretice. Conceptia si mijloacele manageriale sint adaptate continuu la elementele de derulare progresiva a activitatilor specifice, in vederea indeplinirii obiectivelor si a satisfacerii cerintelor institutionale, organizatorice si contractuale la timp si in bune conditii. Controlul si urmarirea desfasurarii activitatilor contractate sint elemente fundamentale in gestionarea productiei de cunostinte stiintifice fundamentale in abordarea manageriala a cercetarii stiintifice. Comunicarea cu participantii la proiect este mentinuta in permanenta, prin seminarii de lucru, intilniri de analize a etapelor parcurse, de configurare a etapelor viitoare, de depasire a dificultatilor ridicate de problemele stiintifice, organizatorice si organizationale. Comunicarea este de asemenea mentinuta permanent prin mijloacele electronice de comunicare. Obiectivul #1 INTAM este abordat din etapa #1, in principal de catre participantii 1,4,5 si 6. In aceeasi etapa se incepe activitatea preliminara si pregatitoare pentru abordarea obiectivului #2 de catre participantii 2

si 3, a obiectivului #3 de catre participantii 1,5 si 6 si a obiectivului #4 de catre participantii 1,2,3,4 si 6. Acest tip de activitate complexa si inter-mixata se mentine pe toata durata de derulare INTAM. Finalizarea obiectivului #1 in etapa #1 se prelungeste in etapa #2 cu activitatile necesare valorificarii rezultatelor prin publicatii stiintifice si prin seminarii de rezultate. Acest tip de activitate ulterioara realizarii fiecarui obiectiv este o constanta a desfasurarii INTAM pentru toate obiectivele si etapele, asigurandu-se in acest fel baza necesara sintezei, valorificarii si diseminarii carora le este consacrata etapa finala. La mijlocul duratei totale de defasurare a activitatii INTAM se realizeaza un alt seminar de rezultate, care sumarizeaza activitatea desfasurata in primele doua etape dedicate interactiilor efective atomice, aplicatiilor la lichidele suprafluide si la condensatii atomici, si stabileste trecerea la interactiile magnetice, corespunzatoare celorlalte doua etape viitoare. Adaptarea metodelor si tehnicilor folosite in primele doua etape la situatia particulara din urmatoarele doua etape, precum si evaluarea metodelor si tehnicilor specifice acestor etape viitoare constituie tema acestui seminar de analiza. Etapa finala este dedicata cu precadere sintezei rezultatelor, care se face de catre toti participantii, evaluarii critice a rezultatelor in vederea valorificarii lor optime, si diseminarii pe scara larga. In acest scop INTAM realizeaza o locatie website cu aceste rezultate, care ofera produsul finit in forma clasificata pe obiective, etape, sumar, si, in plus, introduce o prezentare generala a problematicii din domeniu si noi orientari in conformitate cu investigatiile pe plan intern si international. Totalitatea acestor materiale este, de asemenea, oferta pe un CD cu distributie libera, si constituie baza de lucru pentru pregatirea seminarului general de prezentare a rezultatelor INTAM. Activitatea in cadrul INTAM se desfasoara pe tot parcursul derularii obiectivelor si etapelor in stricta conformitate cu transele de finantare, acordandu-se o importanta deosebita etapizarii activitatilor in acord cu planificarea cheltuielilor pentru a realiza uniformitatea, constanta, ritmicitatea si fluidizarea raportului cheltuieli/costuri/activitate. In acest sens se are in vedere atat avansurile de fonduri cit si finalizarea platilor pe fiecare etapa, precum si repartitia necesara in timp a cheltuielilor legate de consumabile, echipamente si deplasari, in conceptia generala de a indeplini obiectivele INTAM integral, la timp si in bune conditii, conform cu planificarea si structurarea manageriala a proiectului. Alocarile bugetare sint corelate cu platile efectuate conform cu planificarea desfasurarii activitatilor intr-un ritm continuu, participantii avind fiecare un program calendaristic strict si bine definit pentru desfasurarea acestor activitati. INTAM acorda o importanta deosebita monitorizarii permanente a activitatilor, inclusiv a cheltuielilor si alocarilor de fonduri, in vederea derularii la timp si in bune conditii a obiectivelor, conform planificarii etapizate. INTAM introduce ca element de originalitate manageriala comitetul de administratie format din directorul de proiect si un secretar permanent care supravegheaza desfasurarea monitorizarii lucrarilor si propun tuturor participantilor masurile pe care le considera necesare in vederea corectarii cursului activitatilor pentru indeplinirea corecta a cerintelor conform cu proiectul stabilit. Costurile minimale pentru actiunile suport de management sint incluse in cheltuielile generale.