

PLAN DE CERCETARE

Conform *Strategia Nationala de CDI si Specializare Inteligentă 2022-2027*, în cadrul Departamentului de Fizică, activitatea de cercetare are atât caracter fundamental, cât și unul aplicativ, și este axată pe următoarele tematici:

DIRECȚIA 1. Digitalizare, industrie și spațiu

TEMA 1. FIZICA MATERIALELOR

- studiul proprietăților materialelor supraconductoare cu temperatura critică de tranziție ridicată (HTS), sub formă policristalină sau de filme subțiri;
- studiul proprietăților materialelor oxidice vitroase;
- studiul teoretic al proprietăților magnetice, optice și de transport în semiconductori, semiconductori diluați magnetic;
- fenomene de transport de sarcină și de spin, spintronică și fenomene asociate;
- fenomene de transport în quantum-dot-uri, quantum-wire și nanotuburi de carbon, modelate folosind metode numerice în particular metoda grupului de renormare numerică;
- modelarea teoretică a proprietăților sistemelor supraconductoare cu temperatură critică de tranziție ridicată, modelarea numerică a structurii electronice a sistemelor puternic corelate;
- studierea in - situ a procesului de oxidare a aliajelor metalice în diferite condiții de temperatură și presiune.

DIRECȚIA 4. Sănătate

TEMA 1. FIZICĂ MEDICALĂ:

- studii de biofizică moleculară și medicală cu abordarea aspectelor de principii tehnice de voltage și patch - clamp, măsurarea curenților electrici printr-un singur canal ionic, imagiere confocală, cuplaj excitație-contrație în mușchiul striat;
- investigații spectroscopice ale unor complecși de interes biologic (IR, RES, UV-VIS). Studii dozimetrice asupra radonului;
- simularea Monte Carlo a creșterii tumorilor, modelarea tratamentelor radioterapeutice și studiul efectelor tratamentelor asupra comportamentului tumoral;
- studiul aspectelor dozimetrice în brahiterapia cancerelor de prostată;
- investigarea și modelarea stocastică a rolului hipoxiei celulare în tratamentul oncologic pe baza imagisticii PET.
- biomateriale

DIRECȚIA 5. Cultură, creativitate și societate incluzivă

TEMA 1. FIZICA DIDACTICĂ:

- studii de metodică și didactică în predarea și învățarea fizicii;
- fizica și tehnologiile educaționale moderne.

Toate aceste direcții de cercetare s-au concretizat prin publicarea de lucrări științifice de specialitate de către cadrele didactice de la catedra de fizică fie ca și unici autori fie în colaborare cu cercetători din alte centre universitare. În vederea finanțării adecvate a activității de cercetare, Departamentul de Fizică urmărește în mod continuu dezvoltarea relațiilor cu Ministerul Educației Cercetării prin CNCSIS, implicarea în programe de cercetare cu finanțare internă și externă (PC 7, PHARE, Leonardo da Vinci, PN, etc.), găsirea de beneficiari pentru implementarea în practică a rezultatelor cercetărilor cu caracter aplicativ. Astfel în ultimii 5 ani cadrele didactice de la departamentul de fizică au participat în calitate fie de director de grant fie de membrii în echipa de cercetare la 14 contracte naționale și internaționale.

DIRECȚII PRINCIPALE ÎN VIITOR

În perspectivă, Departamentul de Fizică își propune diversificarea și extinderea temelor de cercetare prezentate anterior. Fiecare cadru didactic de la departament este implicat activ în această activitate. Astfel se va încerca armonizarea cercetării locale la direcțiilor de cercetare naționale și europene specificate de agențiile CNCSIS respectiv CORDIS. Ne propunem de asemenea acreditarea CNCSIS a centrului de cercetare existent, precum și câștigarea unor granturi și proiecte de cercetare naționale și internaționale.

Se are de asemenea în vedere dezvoltarea bazei tehnico-materiale prin achiziționarea de echipamente performante și amenajarea unor spații adecvate pentru noi laboratoare de cercetare. Analiza activității de cercetare științifică desfășurată în cadrul facultății se va face periodic, în cadrul Comisiei Academice urmărindu-se evidențierea rezultatelor obținute și valorificarea lor în practică.

Pe plan local, Universitatea din Oradea promovează cooperarea regională, europeană și internațională. Astfel, acordurile internaționale existente în prezent se axează pe pregătirea și perfecționarea bazei de documentare și schimbul de informații, pe realizarea unor programe de cercetare comune. În acest context, Departamentul de Fizică pune accentul pe participarea la programe sau acorduri de cooperare internațională (bilaterale interuniversitare sau rețele internaționale).

DESCRIEREA TEMATICII DE CERCETARE

DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ

DIRECȚIA 1. Digitalizare, industrie și spațiu

TEMA 1. FIZICA MATERIALELOR

1. Studiul proprietăților materialelor supraconductoare cu temperatura critică de tranziție ridicată (HTS), sub formă policristalină sau de filme subțiri

1.a. O primă mare parte a acestui studiu a fost axată pe înțelegerea supraconductibilității în sistemele supraconductoare oxidice cu temperatură critică de tranziție ridicată (High Temperature Superconductors - HTS) și pe studiul fenomenelor de transport în astfel de compuși supraconductori.

În acest sens, au fost preparați sub forma policristalină și de filme subțiri epitaxiale precum și investigați din punct de vedere al proprietăților structurale următorii compuși: La-Ba-214, La-Sr-214, RBCO-123 ($R=Y, Gd$), puri și impurificați cu Zn, Bi -2212 și Bi-Pb-2223 puri și impurificați cu Eu, Sm și Er, precum și compusul, recent descoperit, $Ru_{1-x}Sb_xSr_2GdCuO_8$. Obținerea probelor policristaline a fost realizată prin metoda sintezei în fază solidă din oxizi precursori, iar a celor sub formă de filme subțiri epitaxiale prin depunere în fascicul Laser prin metoda PLD – Pulse Laser Deposition, și prin sputtering, prin metoda ICMS - Inverted Cylindrical Magnetron d.c. Sputtering. Investigarea structurală a fost efectuată prin XRD, EDAX și SEM.

Experimentele efectuate asupra acestor compuși au presupus o largă varietate de măsurători dintre care amintim: rezistivități în curent continuu, magnetizări, susceptibilități în curent continuu și alternativ, efect Hall, coeficienți termoelectrice, călduri specifice. Câteva dintre cele mai importante rezultate obținute sunt următoarele:

- Dependența de temperatură a rezistivității în starea normală prezintă un comportament de antiferomagnet izolator în regimul de subdopaj și un comportament de lichid Fermi în regimul supradopat. Aceste măsurători au evidențiat și starea de pseudogap în regimul subdopat. Tranziția supraconducoare din starea de pseudogap poate furniza confirmări sau infirmări diferitelor modele teoretice.

- Măsurătorile de efect Hall au furnizat informații referitoare la tipul de purtători de sarcină și evidențiat starea de pseudogap în regiunea subdopată.

- Măsurătorile de coeficient termoelectric Seebeck (termoputere) au pus în evidență o schimbare de semn, de la pozitiv la negativ, la evoluția din regimul subdopat în cel supradopat, putând constitui o măsură a gradului de dopaj.

- Studiile de magnetizare, măsurătorile de susceptibilități magnetice precum și cele de magnetorezistență au furnizat informații referitoare la fenomene specifice acestor supraconductori: histerezis magnetic, fenomene de flux creep și flux pinning, energie de activare.

- Măsurătorile de căldură specifică au arătat faptul ca tranziția în starea supraconductoare este o tranziție de fază de ordinul II, precum și rolul dopajului cu purtători de sarcină în transportul căldurii.

- Măsurătorile magnetice efectuate asupra compusului $Ru_{1-x}Sb_xSr_2GdCuO_8$ indică existența unui feromagnetism planar care coexistă cu supraconductibilitatea, care până la ora actuală se consideră datorat unei distorsiuni a rețelei, acompaniată de prezența unei interacțiuni de tip Dzyaloshinski – Moryia.

- Filmele subțiri obținute prin PLD constituie candidați excelenți pentru aplicații tehnologice ca rezonatori în domeniul microundelor.

1.b. O altă parte a studiului a fost focalizată pe sistemul supraconductor de tip Eliashberg cu mai multe benzi, MgB_2 . Compusul a fost obținut prin sputtering pe substrat de AlN și investigat prin măsurători de rezistivități și magnetotransport:

- au fost obținute filme epitaxiale cu proprietăți deosebite: curent critic $I=10^6 - 10^7 \text{ A/cm}^2$ și câmp critic superior de până la 40 T.

- s-a evidențiat o puternică anizotropie a proprietăților supraconductoare și a adâncimii de pătrundere London după direcțiile cristalografice.

2. Studiul proprietăților materialelor oxidice vitroase

Acest studiu a presupus:

- prepararea diferitelor sisteme vitroase ($\text{B}_2\text{O}_3\text{-BaO-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{MnO-P}_2\text{O}_5\text{-TeO}_2$, $3\text{B}_2\text{O}_3\text{-BaO.MnO}$), impurificate cu ioni de tranziție 3D.

- determinarea structurii și diferitelor tipuri de unități structurale ce apar în sticlele oxidice prin diverse metode și anume: spectroscopie în infraroșu, spectroscopie Raman, difracție de raze X.

- determinarea tipurilor de interacțiuni prin determinarea naturii sticlelor prin măsurători magnetice.

- determinarea legăturilor simple sau duble, slabe sau tari dintre componentele sticlelor.

În cadrul studiului, au fost preparate substanțe necristaline vitroase, având ca și componenți diferiți oxizi: oxizii formatori ai rețelei vitroase, precum B_2O_3 , P_2O_5 , TeO_2 și oxizii modificatori ai rețelei, dintre care se pot aminti Li_2O , MnO , Fe_2O_3 . S-au preparat diferite tipuri de sisteme vitroase, pornind de la o matrice vitroasă de bază (având doi-trei oxizi în compoziție), adăugându-se apoi diferite concentrații de oxid modificador, în special oxizi ai metalelor de tranziție. Prin acest procedeu, s-a urmărit evoluția structurii sistemului vitros și a proprietăților acestuia cu creșterea concentrației oxidului modificador. S-au efectuat următoarele investigații asupra diferitelor sisteme vitroase:

- Spectroscopia IR. Cu ajutorul unui spectrometru FT-IR s-au ridicat spectrele de absorbție în domeniul IR ale tuturor probelor din sistemul vitros și s-a urmărit evoluția benzilor de absorbție cu creșterea concentrației de oxid modificador. Fiecare bandă de absorbție corespunde unei anumite vibrații a unei grupări din structura sticlei și, prin comparația cu spectrele obținute în literatura de specialitate, se pot crea ipoteze asupra structurii sticlei. În general, cu creșterea concentrației oxidului modificador se observă lărgirea benzilor caracteristice structurii matricii (ceea ce indică o dezordonare a structurii) dar și apariția unor benzi caracteristice noilor grupări apărute în structură.

- Spectroscopia Raman. Folosind un spectrometru cu un modul Raman atașat acestuia se obțin spectrele Raman. Metoda este complementară spectroscopiei IR, în acest caz obținându-se și benzile vibrațiilor moleculei care nu sunt active IR (cele care nu conduc la o variație a momentului de dipol al moleculei).

- Determinarea susceptibilității magnetice. Cu ajutorul unei balanțe Faraday, s-a determinat susceptibilitatea magnetică a probelor care conțin ioni magnetici. S-a pus în evidență comportamentul paramagnetic al acestor substanțe, s-a determinat temperatura Curie, constanta Curie, momentul magnetic al ionului magnetic, putându-se da informații despre valența ionului magnetic.

- Studii de rezonanță paramagnetică electronică (RPE). Folosind un spectrometru cu generator de microunde, s-au obținut spectrele de absorbție RPE. Prin această metodă se studiază despicarea nivelelor energetice ale atomilor în prezența unui câmp magnetic extern, obținându-se informații despre structura locală a centrului paramagnetic (efectele vecinătății asupra nivelelor energetice, simetria locală etc.).

- Studii de analiză termică diferențială (ATD).
- Coulomb glass

3. Studiul teoretic al proprietăților magnetice, optice și de transport în semiconductori și al fenomenelor de transport de spin. Spintronică și fenomene asociate

3.a. O primă direcție a fost axată pe înțelegerea proprietăților magnetice ale compusului semiconductor $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$ cu temperatura critică de $T_C=110\text{K}$. Descoperirea feromagnetismului în acest compus a inițiat noi cercetări atât în fizica experimentală cât și în cea teoretică, concentrate pe înțelegerea originii feromagnetismului. Înțelegerea fizicii care guvernează semiconductorii diluați magnetic poate duce la dezvoltarea de noi materiale semiconductoare, care vor combina avantajul sistemelor semiconductoare cu noile proprietăți datorate posibilității de a controla starea magnetică a sistemului. Măsurătorile de magnetorezistență și efectele concentrației de Mn asupra temperaturii critice sugerează că mecanismul fundamental care stă la baza feromagnetismului își are originea în interacțiunea de tip Ruderman-Kittel-Kasuya-Yoshida (RKKY) dintre spinii localizați ai atomilor de Mn, mediată de golurile din banda de valență. Datorită sensibilității la condițiile de creștere și datorită cuplajului puternic de tip spin-orbită din banda de valență, cele mai simple proprietăți magnetice, cum ar fi dependența de temperatură a magnetizării, sunt complet diferite de caracteristicile clasice ale sistemelor ce prezintă magnetism itinerant. În acest context, se cunoaște că aproximația RKKY în prezența interacțiunii spin-orbită duce la o interacțiune de schimb anisotropă între spinii localizați. Alte mecanisme cum ar fi mecanismul double-exchange, bazat pe hoppingul electronilor de tip d, mecanismul double-resonance, modelul Zener au fost de asemenea propuse pentru a explica proprietățile magnetice ale acestor compuși.

Scopul studiului a fost de a investiga efectele de tratare termică (annealing) și de anizotropie asupra proprietăților magnetice, cum ar fi curbele de magnetizare sau spectrul undelor de spin. În acest studiu s-a presupus că proprietățile magnetice pot fi modelate folosind un Hamiltonian efectiv care include explicit anizotropia sistemului. S-a găsit că dezordinea joacă de asemenea un rol important în comportamentul magnetic al semiconductoarelor diluate magnetic. Studiul și-a propus simularea dependenței de temperatură a magnetizării precum și a curbelor de histerezis.

Pentru simularea tratării termice s-a introdus repulsia Coulomb între ionii de Mn, iar aceștia au fost lăsați să se relaxeze un anumit interval de timp folosind metoda Monte Carlo la $T=0$. Au fost studiate sisteme nerelaxate unde pozițiile inițiale ale atomilor de Mn au rămas fixe, precum și sisteme relaxate total cu un timp de relaxare foarte mare. Pentru aceste sisteme ionii de Mn formează o rețea de tip BCC cu defecte, atunci când sunt folosite condiții de periodicitate la frontiere. Cazul cel mai interesant este cel al rețelelor parțial relaxate, unde există un grad ridicat de dezordine. Au fost studiate modele fenomenologice considerate a fi cele mai relevante pentru o descriere calitativă a proprietăților magnetice ale acestor compuși.

3.b. În legătură cu studiul proprietăților optice și al fenomenelor de transport în semiconductori diluați magnetic, actualmente se află în faza de finalizare un studiu prin care s-a realizat:

- elaborarea unei teorii unitare care să explice comportamentul rezistivității ca funcție de temperatură pornind de la un model microscopic și să extindă domeniul de aplicabilitate al teoriei atât în faza metalică cât și în faza izolatoare.
- elaborarea unei teorii care să clarifice dacă banda interzisă este responsabilă pentru anomalia observată în conductivitatea optică la $E=200\text{meV}$, plecând de la un model microscopic și nu folosind o aproximație fenomenologică.

3.c. O altă parte a studiului a fost focalizată pe înțelegerea transportului de spin în semiconductori, prin studii de efect spin-Hall în sisteme uni și bidimensionale. Scopul a fost de a înțelege care este rolul dezordinii, motivat în special de contradicțiile prezente în literatura de specialitate. Multe dintre rezultatele analitice susțin că o oricât de mică dezordine existentă în sistem duce la anularea conductivității de spin-Hall deoarece contribuția datorată corecțiilor de vertex din bucla de polarizare anulează contribuția din diagrama de tip ladder din calcularea conductivității. Pe de altă parte, rezultatele numerice arată că efectul spin-Hall este robust în raport cu dezordinea și că există o dezordine critică peste care efectul dispare. Sistemele cu interacțiuni spin-orbită fac parte din clasa de simetrie simplectică iar, în principiu, în cazul bidimensional are loc o tranziție metal-izolator. Aceasta justifică existența dezordinii critice și pentru conductanța de spin-Hall.

4. Modelarea teoretică a proprietăților sistemelor supraconductoare cu temperatură critică de tranziție ridicată

Studiul teoretic al sistemelor supraconductoare cu temperatură critică de tranziție ridicată (High Temperature Superconductors – HTS) a fost axat în principal pe două mari categorii de compuși: compușii HTS oxidici ce prezintă plane de CuO_2 și compușii de tip Eliashberg cu mai multe benzi cu aplicație directă la cazul supraconductibilității în aliajul binar MgB_2 descoperită în anul 2001.

4.a. În cazul compușilor supraconductori oxidici, cuprați, studiul și-a propus investigarea teoretică a diagramei de fază dopaj - temperatură și descrierea proprietăților de transport atât în starea normală cât și în starea supraconductoare prin folosirea simulărilor numerice asupra unor modele de tip tight - binding cum ar fi modelul Hubbard. Utilizând diferite aproximații cum ar fi: condensarea Bose - Einstein, FLEX, $T - \text{matrix}$, a fost studiată tranziția supraconductoare și au fost evaluate diferite mărimi de interes cum ar fi conductivitatea optică, rezistivitatea, termoputerea (coeficientul Seebeck) în starea normală precum și conductivitatea optică și adâncimea de pătrundere London în starea supraconductoare. Studiul a permis și obținerea unor concluzii pentru tranziția supraconductoare în regimul subdopat unde experimentele arată existența unei așa numite stări de pseudogap considerată a fi un precursor al stării de supraconductibilitate. Pentru această stare există o multitudine de ipoteze teoretice, nici unul pe deplin acceptat până la ora actuală. În studiul nostru, din dependența de energie a conductivității optice la trecerea din starea de pseudogap în starea supraconductoare este verificată ipoteza fluctuațiilor supraconductoare pentru descrierea stării de pseudogap.

4.b. Pentru cazul compușilor de tip MgB_2 , simulările numerice au fost utilizate în interiorul unui formalism Eliashberg cu două benzi. Investigațiile experimentale (și în special spectroscopia ARPES) au arătat că supraconductibilitatea în acest compus este determinată de patru benzi ce pot fi grupate câte două cu caracteristici foarte apropiate, astfel încât modelele teoretice utilizate sunt în general modele teoretice bazate pe două benzi în formalismul Eliashberg. Acest formalism înlocuiește formalismul așa zis clasic de tip BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) (utilizat în cazul metalelor simple), atunci când se consideră că un cuplaj tare electron – fonon este responsabil de supraconductibilitate. Pe lângă deducerea dependențelor gap - urilor energetice cu temperatura, modelul permite determinarea altor mărimi de interes cum ar fi: rezistivități, conductivități optice, călduri specifice, adâncimi de pătrundere London. Compararea rezultatelor obținute cu experimentele au furnizat argumente clare în favoarea corectitudinii modelului în explicarea supraconductibilității în acest compus. S-a încercat, de asemenea, utilizarea unui model analitic simplificat, de tip BCS, derivat tot din modelul Eliashberg dar în cazul unui cuplaj electron - fonon slab, specific teoriei BCS. Acest model a permis obținerea unor rezultatelor analitice pentru temperatura critică și dependența de temperatură a gap - urilor.

Din compararea rezultatelor numerice cu cele analitice s-a concluzionat că un model de tip BCS (cuplaj slab electron-fonon) este valid doar în regiunea temperaturilor foarte mici, deasupra acestora apărând deviații importante ale modelului simplificat față de cel verificat experimental.

5. Modelarea numerică a structurii electronice a sistemelor puternic corelate

Studiul teoretic al structurii electronice a sistemelor puternic corelate are ca subiect extinderea Teoriei Funcționalei de Densitate (DFT) pentru sistemele în care interacțiunea electron-electron este puternică. O parte importantă în aceasta activitate este dedicată dezvoltării de metode numerice (perturbative sau exacte) necesare rezolvării problemei electronilor în interacțiune. Metoda este utilizată de multe ori în combinație cu abordarea ab - initio a structurii electronice a materialelor. O astfel de abordare permite tratarea fenomenelor cum ar fi magnetismul sau supraconductibilitatea într-un mod cât mai realist. Metoda a fost aplicată studiului structurii electronice a sistemelor puternic corelate și în studiul feromagnetismului în feromagneții demi - metalici ca de exemplu NiMnSb sau aliaje Heusler.

6. Modele

6a. Modelul multiparticule (Many-body)

Experimente recente au demonstrat că stările cuantice cu o singură particulă pot determina proprietățile topologice ale stărilor unei singure particule. Aici, generalizăm această imagine la tărâmul cu mai multe corpuri concentrându-ne pe plimbările cuantice multiparticule ale fermionilor care interacționează puternic. După injectarea particulelor de N cu arome multiple în lanțul $SU(N)$ Su-Schrieffer-Heeger care interacționează, mersul lor cuantic în timp continuu multiparticule este monitorizat printr-o varietate de metode. Găsim că faza Berry cu mai multe corpuri din partea N -corp a spectrului semnalează o tranziție topologică la varierea dimerizării, în mod similar cu cazul cu o singură particulă. Această tranziție topologică este surprinsă de deplasarea chirală medie cu un singur și mai multe corpuri în timpul mersului cuantic și rămâne prezentă pentru interacțiunea puternică, precum și pentru tulburarea moderată. Predicțiile noastre sunt la îndemână experimentală pentru gazele atomice reci și pot fi utilizate pentru a detecta proprietățile topologice ale excitațiilor cu mai multe corpuri prin sonde dinamice.

6b. Modelul Hatano-Nelson

Investigarea dinamicii de stingere cuantică a modelului Hatano-Nelson care interacționează cu condiții de limită deschise folosind atât bosonizarea abeliană, cât și metode numerice. În mod specific, se urmărește evoluția densității particulelor și a profilului de curent în spațiul real în timp, activând sau dezactivând potențialul vectorial imaginar în prezența interacțiunilor slabe. Rezultatele noastre dezvăluie oscilații Friedel spațio-temporale în sistem cu conuri de lumină care se propagă balistic de la capete deschise, însoțite de curenți locali de mărime egală atât pentru protocoalele de oprire, cât și de pornire. În mod remarcabil, metoda bosonizării ține seama cu exactitate de densitatea și tiparele de curent cu un singur parametru global de potrivire. Ecuația de continuitate este satisfăcută de partea cu lungime de undă lungă a densității și a curentului, în ciuda evoluției în timp neunitar atunci când termenul Hatano-Nelson este pornit.

6c. Modelul Bose-Hubbard

Studiem dinamica disipativă a unui sistem bosonic unidimensional descris în termenii modelului bipartit Bose-Hubbard cu câștig și pierdere alternativ. Acest model prezintă simetria PT în anumite condiții specifice și prezintă o tranziție de fază de simetrie PT. Se caracterizează printr-un parametru de ordine corespunzător dezechilibrului populației dintre siturile pare și

impair, similar tranzițiilor de fază continue din tărâmul Hermitian. În limita care nu interacționează, rezolvăm problema exact și calculăm dependența de parametru a parametrului de ordine. Limita de interacțiune este abordată la nivelul câmpului mediu, ceea ce ne permite să construim diagrama de fază pentru model. Constatăm că atât ratele de interacțiune, cât și ratele de disipare induc o rupere a simetriei PT. Pe de altă parte, modularea periodică a cuplării disipative în timp stabilizează regimul PT-simetric. Descoperirile noastre sunt coroborate numeric pe un lanț strâns cu câștig și pierdere.

6d. Modelul Bose-Hubbard

Teoria răspunsului liniar joacă un rol proeminent în diferite domenii ale fizicii și ne oferă informații extinse despre termodinamica și dinamica sistemelor cuantice și clasice. Aici dezvoltăm o teorie generală pentru răspunsul liniar în sistemele non-hermitiene cu dinamică neunitară și derivăm o formulă Kubo modificată pentru susceptibilitatea generalizată pentru sisteme și perturbații arbitrare (hermitiene și non-hermitiene). Ca aplicație, evaluăm răspunsul dinamic al unui model Dirac non-hermitian, unidimensional, cu mase imaginare și reale, perturbate de un câmp electric dependent de timp. Modelul are o diagramă de fază bogată și, în special, prezintă o fază tahionică, în care excitațiile se deplasează mai repede decât viteza efectivă a luminii. În mod surprinzător, constatăm că conductivitatea în curent continuu a tahionilor este finită, iar regula sumei optice este satisfăcută exact pentru toate masele. Rezultatele noastre evidențiază proprietățile deosebite ale formulei Kubo pentru sistemele non-hermitiene și sunt aplicabile pentru o mare varietate de setări.

6e. Modelul Gordon

Studiem dinamica disipativă a fermionilor unidimensionali, descrise în termenii modelului sinus-Gordon în bosonul masiv liber sau limita semi-clasică, ținând în același timp evidența proceselor de împrăștiere înainte. Sistemul este pregătit în starea fundamentală întreruptă și apoi cuplat la mediu prin curenți locali în cadrul formalismului Lindblad. Dinamica de încălzire a sistemului este urmărită folosind bosonizarea. Matricea de densitate a unei singure particule prezintă corelații între particulele în mișcare din stânga și din dreapta. În timp ce matricea de densitate a motoarelor din dreapta și din stânga este invariantă din punct de vedere translațional, sectorul stânga-dreapta nu este, corespunzând unei stări de undă a densității sarcinii de rupere a simetriei translaționale. Asimptotic, matricea de densitate a unei singure particule scade exponențial cu exponent proporțional cu $-\gamma|x|/\Delta^2$ unde γ și Δ sunt cuplarea disipativă și, respectiv, intervalul. Parametrul de ordine a unei densități de sarcină scade exponențial în timp cu o rată de dezintegrare independentă de interacțiune. A doua entropie Rényi crește liniar cu timpul și este în esență insensibilă la prezența decalajului.

6f. Lichidul Luttinger

Studiem dinamica de neechilibru și transportul unui lichid Luttinger (LL) PT-simetric după o stingere a interacțiunii. Sistemul este pregătit în starea inițială a peretelui de domeniu. După o stingere cuantică la LL omogen spațial, PT-simetric, peretele domeniului se dezvoltă într-o regiune centrală plată care se extinde balistic mai repede decât viteza maximă convențională Lieb-Robinson. Evaluând curentul din interiorul conului de lumină obișnuit, găsim o conductanță universală e^2/h , insensibilă la puterea interacțiunii PT-simetrice. Pe de altă parte, prin repetarea aceleiași evoluții în timp cu un Hamiltonian LL hermitian, conductanța este puternic renormalizată de interacțiunea hermitiană ca e^2/hK cu K parametrul LL. Rezultatele noastre analitice sunt testate numeric, confirmând universalitatea conductanței în domeniul non-ermitian.

6g. Modelul SU(N) Anderson

Deși se cunosc multe despre modelele repulsive de impurități cuantice, a fost acordată mult mai puțină atenție omologilor lor atractivi. Acest lucru ne-a motivat să studiem modelul atractiv de impurități SU(N) Anderson. În timp ce pentru cazul respingător, diagrama de fază prezintă o

dependență ușoară de N și starea fundamentală este întotdeauna un lichid Fermi, în cazul atractiv o tranziție de fază de localizare a sarcinii Kosterlitz-Thouless este dezvăluită pentru $N > 2$. Dincolo de o valoare critică a interacțiunii atractive, un salt brusc apare în numărul de particule la locul de impuritate și apare o stare lichidă Fermi singulară, în care se găsește că împrăștierea cvasiparticulelor prezintă un comportament al legii puterii cu putere fracțională. Capacitatea diverge exponențial în punctul critic cuantic, semnalând tranziția Kosterlitz-Thouless.

1. Utilizarea Ag-Cu/g-C₃N₄ în industria petrochimică

Degradarea lichidului DCE rezidual eliberat folosind tehnica de purificare intermediară (DCE) este utilizată pentru a prepara monomerul de clorură de vinil, care este apoi utilizat pentru fabricarea polimerului de clorură de polivinil. DCE este un poluant de mediu slab biodegradabil și stabil din punct de vedere chimic. Prin urmare, fotocataliza eterogenă Ag-Cu/g-C₃N₄ a fost aleasă ca metodă neselectivă de degradare a DCE prin reacții de oxidare cu specii reactive (radicali hidroxil și radicali peroxi) la HCl și CO₂. Cinetica și ionii de clorură eliberați prin degradarea moleculei DCE poate fi detectat prin titrarea AgNO₃ folosind un indicator de cromat de potasiu. Folosind o metodă fotocatalitică de cuplare-adsorbție-desorbție-oxidare modificată, a fost confirmată eficiența de îndepărtare a acestor DCE din soluția apoasă. Folosind degradarea, s-a constatat că performanța generală a crescut odată cu creșterea dozei de încărcare a catalizatorului și scăderea supradozajului din cauza obstacolului steric în creștere a coagulării fotonului generat și a nanocatalizatorului inițial. Mecanismul cinetic se bazează în principal pe hidroxilradicali și ofensiv O₂. Prin urmare, această tehnologie de descompunere fotocatalitică lichid.

8. Nanometale

În zilele noastre, nanometalele au primit un compromis eminent de atenție. Chiar dacă o nanostructură diferită a aceluiași metal poate da rezultate diferite în aplicații cu o gamă largă. Oxidul de cupru (CuO-NPs) și firele de cupru nano (CuO-NWs) au fost preparate la dimensiune controlată prin procesul de descărcare cu arc de curent alternativ. Apa deionizată și gazul argon au fost mediul dielectric ales în timpul procesului pentru a obține 2 forme diferite de oxizi de cupru. Prin schimbarea materialului dielectric din apă deionizată în gaz argon, forma nanoparticulelor de CuO s-a schimbat de la sferică (CuO-NPs) la fire (CuO-NWS). Randamentul preparat a descris puritatea CuO preparat, iar diametrele lor au fost de aproximativ 10 ± 5 nm și 30 ± 3 nm pentru CuO-NW și, respectiv, CuO-NP. Efectul citotoxic in vitro al CuO-NWs și CuO-NPs preparate folosind linia de celule fibroblaste pulmonare normale umane (celule WI-38) a arătat că valorile CuO-NWs și CuO-NPs CC50 au fost de 458,8 și respectiv 155,6 pg/mL. Ambele randamente au arătat o activitate antibacteriană puternică împotriva diferitelor tulpini de *Acinetobacter baumannii* rezistente la mai multe medicamente. O eradicare completă a creșterii bacteriene a fost observată după 4 ore de incubare cu CuO-NW. Mai mult, CuO-NW au prezentat activitate antibacteriană superioară (cu concentrația inhibitorie minimă atinsă 1,8 pg/mL) față de CuO-NP. Mecanismul detaliat al activității antibacteriene a CuO-NW a fost investigat în continuare; datele au dovedit precipitarea și adsorbția nanoparticulelor pe suprafața celulei bacteriene ducând la deformarea celulelor cu creșterea speciilor reactive de oxigen. Rezultatele au explicat că forma nanoparticulelor joacă un rol esențial în activitatea antibacteriană. Mașina de descărcare cu arc de rotație ar putea fi un instrument promițător pentru a obține diferite nanostructuri metalice cu costuri reduse și ecologice, cu activitate puternică.

9. Tratatamentul apei

Un nou tip de nanoparticule de zinc-argint nano-adsorbante ornamentate de nanotuburi de carbon cu pereți multipli (Zn-Ag MWCNT) a fost sintetizat eficient prin descărcarea cu arc dublu folosind un electrod cilindric rotativ nou proiectat. Zn-Ag MWCNT a fost caracterizat prin diferite metode instrumentale pentru a obține informații despre forma, dimensiunea și

cristalinitatea eșantionului. Fără iradiere, Zn-Ag MWCNT a indicat un potențial semnificativ de eliminare împotriva albastrului de metilen (MB) care este dizolvat în apă deionizată. Când concentrația de adsorbant a fost de 0,1 g/L la pH normal 8, MWCNT-urile Zn-Ag au fost eficiente în îndepărtarea a 97% din MB din 40 mg/L care a fost dizolvat în apă timp de 10 minute. Activitatea de îndepărtare a coloranților a MWCNT-urilor decorate (Zn-Ag) a fost atribuită influenței nanoparticulelor de argint și zinc asupra MWCNT-urilor. În cele din urmă, această abordare a fost atât rentabilă, cât și eficientă.

DIRECȚIA 4. Sănătate

TEMA 1. FIZICĂ MEDICALĂ:

1. Studii de biofizică moleculară și medicală. Investigații spectroscopice ale unor complecși de interes biologic. Studii dozimetrice asupra radonului

1.a. În domeniul biofizicii moleculare și medicale studiile au abordat următoarele aspecte: principiile tehnicilor de voltage și patch - clamp, măsurarea curenților electrici printr-un singur canal ionic, imagerie confocală, cuplaj excitație-contrație în mușchiul striat

1.b. O altă parte a cercetărilor cu aplicații în biologie și medicină se referă la investigarea prin metode spectroscopice a o serie de complecși metalici cu liganzi de interes biologic. Metodele spectroscopice utilizate au fost: IR, RES, UV-VIS. Prin aceste investigații s-a urmărit obținerea de informații privind modul de coordonare al ionilor metalici, influența acestora asupra modificărilor structurii locale în funcție de natura ligandului și solvenților utilizați, precum și a efectelor de covalență și clusterizare (asociere) moleculară. Din punct de vedere fizic, prin spectroscopia amintită s-a realizat: determinarea frecvențelor de vibrație ale grupărilor funcționale implicate în procesul de coordonare prin compararea spectrelor IR ale complexului metalic cu cele ale liganzilor; determinarea energiilor tranzițiilor electronice d-d din spectrele UV-VIS și compararea acestora cu valorile din literatură pentru compuși asemănători; identificarea speciilor monomere și dimere din spectrele RES și analizarea gradului de covalență al legăturii metal - ligand; evaluarea valorii momentului magnetic efectiv al ionilor paramagnetici dintr-un astfel de complex și corelarea acestora cu starea de valență a ionului paramagnetic, cu tăria cuplajului spin-orbită, respectiv simetria locală din jurul ionului metalic.

1.c. Un capitol distinct în investigațiile cu aplicații de interes biologic și medical l-a reprezentat studiul efectelor biologice ale radiațiilor nucleare. O primă parte a fost reprezentată de dozimetria radonului (principiile metodelor specifice (ionizare, scintilație) și statistica metodelor de măsurare a radiațiilor) în interioare, ape și subteran. Pentru aceasta, au fost analizate: distribuția dozei în profunzime, randamentul în profunzime, raportul țesut-aer și împrăștiere - aer, parametrii de calcul ai dozei. O altă parte a fost reprezentată de metoda de analiză a distribuției de doze în cazul iradierii tumorilor bronhopulmonare și rinofaringiene cu fascicule de energii diferite. Studiul a presupus evaluarea parametrilor curbelor izodoze, măsurarea curbelor izodoze, stabilirea tehnicii de iradiere, a combinațiilor de fascicule utilizate și a tehnicii speciale de tratament precum și alegerea celui mai bun plan de tratament

2. Simularea Monte Carlo a creșterii tumorilor, modelarea tratamentelor radioterapeutice și studiul efectelor tratamentelor asupra comportamentului tumoral

Fizica medicală de astăzi se axează, pe lângă dezvoltarea tehnologiilor în domeniile de imagistică și tratament, pe aspectele radiobiologice ale tratamentelor cu radiație și nu numai.

Domeniul oncologiei este unul dintre cele mai cercetate domenii ale fizicii medicale, unde contribuția în cercetare este adusă și prin intermediul proceselor de modelare/simulare ale fenomenelor biologice, tratamentelor și efectelor acestora asupra răspunsului tumoral și al țesutului sănătos. Modelarea permite implementarea unor serii variate de parametri biologici și biofizici fără a conduce la efecte secundare nedorite, cum ar fi cazul trialurilor clinice.

Unul din obiectivele principale ce stă la baza combinării radiației ionizante cu tratamente citostatice este obținerea unui avantaj terapeutic exprimat printr-un control tumoral ridicat și/sau reducerea efectelor secundare. Stabilirea tratamentelor optime și temporizarea optimă dintre diferitele terapii administrate de-a lungul aceluiași tratament sunt încă neelucidate pentru o serie de tumori. Pentru a aduce lumină asupra fenomenelor radiobiologice care au loc, în mod particular, în tumorile neresectabile de cap și gât, a fost dezvoltat un model computațional, pe principiul de modelare probabilistic Monte Carlo, care simulează creșterea unei tumori de cap și gât caracterizat de parametri biologici corespunzători unei astfel de tumori. Tumoarea virtuală astfel crescută a fost "tratată" cu radiație ionizantă specifică acceleratoarelor liniare clinice folosite în tratamentul comun al cancerelor. O analiză detaliată a recurenței tumorii în decursul tratamentului și al controlului recurenței au fost studiate. Mecanismul acțiunii cisplatinului (agent chimioterapeutic cel mai comun utilizat pentru aceste tumori) asupra tumorii virtuale este modelat și efectul acestuia asupra rezistenței inerente la cisplatin de asemenea analizat. Studiul a permis modelarea tratamentului combinat radiație-cisplatin pentru a concluda asupra optimizării temporale a administrației citostaticului în prezența radiației.

Această complexă simulare a permis elucidarea unor aspecte importante în tratamentul tumorilor și răspunsul acestora la tratamentul combinat:

1. identificarea principalilor parametri responsabili de creșterea specifică a tumorilor de cap și gât;
2. investigarea mecanismelor care duc la creșterea accelerată a tumorii în decursul și după tratamentul cu radiație;
3. implementarea mecanismelor de acțiune ale cisplatinului, simularea și analiza efectului cisplatinului asupra tumorii;
4. examinarea procesului de repopulare tumorală după tratamentul cu citostatice;
5. investigarea tratamentului optim și a secvenței temporale optime dintre cisplatin și radiație în tratamentul cancerelor de cap și gât, cancerul renal

Studiile descrise mai sus stau la baza dezvoltării modelului spațial de creștere tumorală, incluzând efectul oxigenului și angiogenezei tumorale asupra răspunsului tumorii la tratamentul cu radiație.

3. Studiul aspectelor dozimetrice în brahiterapia cancerelor de prostată

Brahiterapia, sau tratamentul local cu radioizotopi, este una dintre cele mai noi metode de tratament al cancerelor. Tumorile de prostată în fază incipientă răspund foarte bine tratamentelor cu implanturi permanente cu izotopi radioactivi de I-125. Datorită complexității tratamentului brahiterapeutic, fizica medicală are un rol crucial în ceea ce privește radioprotecția pre-tratament și în timpul tratamentului, precum și în dozimetria tratamentului și evaluarea dozimetrică post-tratament, în vederea eventualelor rectificări clinice. În colaborare cu departamentul de fizică medicală de la Royal Adelaide Hospital, unde se practică acest tip de tratament din 2004, s-au realizat studii post-dozimetrice ale radioizotopilor de I-125 implantați, în scopul evaluării controlului tumoral (acoperirea "volumului țintă") și al evaluării efectelor secundare. Un studiu amplu asupra eventualelor riscuri de producere al cancerelor secundare în urma diferitelor tratamente cu radiație (externă, brahiterapie cu debit mare de doză (high dose rate) și cu debit mic de doză (low dose rate) precum și IMRT (radioterapie cu modulare a intensității) este în curs de desfășurare. Dozimetria care stă la baza acestor analize este dozimetria termoluminescentă (TLD).

Ultimele investigații radiobiologice asupra tratamentelor de prostată prin brahiterapie cu implant permanent arată că electronii Auger produși de izotopii de I-125 folosiți pentru implant au un posibil rol în efectul bystander. Studiul acestui efect poate deschide o nouă cale de

realizare/evaluare a planurilor de tratament, având astfel impact atât asupra volumului țintă tratat, cât și asupra răspunsului țesutului sănătos din vecinătatea zonei tratate, la radiație. De asemenea, efectul bystander, în funcție de magnitudinea sa, poate schimba întreaga concepție a protecției împotriva radiațiilor la doze mici precum și a conceptului de hormeză.

5. Investigarea și modelarea stocastică a hipoxiei celulare în tratamentul oncologic pe baza imagisticii PET.

Hipoxia celulară tumorală reprezintă una dintre cauzele eșecului tratamentului oncologic. Celulele hipoxice sunt rezistente la radiație de aproximativ 3 ori mai mult decât celulele oxice, datorită abilității acestora dintâi de a repara leziunile ADN-ului celular în urma interacției cu radiația ionizantă. Datorită acestui fapt, celulele hipoxice reprezintă, de multă vreme, o problemă nerezolvată în oncologie. Alături de hipoxia cronică, care de obicei se formează în centru tumorii și se datorează creșterii dimensiunii tumorii, deci a creșterii distanței dintre celule și vasele sanguine care furnizează oxigen, radioterapia se confruntă și cu hipoxia acută. Acest tip de hipoxie, în comparație cu hipoxia cronică care de obicei este localizabilă, este imprevizibilă atât în timp cât și în spațiu. Hipoxia acută poate fi însă detectată cu ajutorul imagisticii PET, fapt care permite culegerea unor parametri specifici hipoxiei acute și implementarea acestora într-un model virtual de tumoare hipoxică.

1. Imagistica medicală

Diagnosticarea și tratamentul celulelor canceroase cu ajutorul imagisticii moleculare

2. Importanța componentelor utilizate în realizarea unor accesorii

3. Rolul fizicienilor medicali

Rolul fundamental al profesioniștilor din fizica medicală în protecția împotriva radiațiilor a pacienților, lucrătorilor, publicului larg, îngrijitorilor și îngrijitorilor și participanților la cercetare în spitale sunt regăsite în declarația de la Malaga. Cu toate acestea, de atunci, profesia de fizică medicală a evoluat în Europa și au fost emise noi reglementări și documente, cum ar fi directiva 2013/59/Euratom și „Orientările europene privind expertul în fizică medicală” (RP174). EFOMP a publicat programe de bază actualizate și s-a străduit spre recunoașterea profesiei la nivel european. Având în vedere acest lucru, a fost considerată necesară o actualizare a Declarației originale de la Malaga, pentru a defini viziunea viitoare care va ghida acțiunile Federației în anii următori. Această Declarație, care a fost aprobată de organizațiile naționale membre ale EFOMP în aprilie 2023, este mult mai amplă decât versiunea originală Malaga. Acest lucru este de așteptat având în vedere evoluția rapidă a tehnologiei dispozitivelor medicale în ultimii 17 ani. Expertul în protecția împotriva radiațiilor din spitale ar trebui să fie un MPE, deoarece acesta din urmă are cel mai înalt nivel de cunoștințe și pregătire în domeniul protecției radiațiilor. Având în vedere pasiunea și energia care au animat dezbaterile, care a dus la actualizarea Declarației de la Malaga, suntem încrezători că aceasta reprezintă o bază solidă pentru dezvoltarea profesiei noastre în Europa, care este în consonanță cu aspirațiile tuturor.

DIRECȚIA 5. Cultură, creativitate și societate incluzivă

TEMA 1. FIZICA DIDACTICĂ:

1. Aspecte metodico-științifice în predarea și învățarea fizicii. Fizica și tehnologiile educaționale moderne

Studiile pedagogice și metodice referitoare la instruirea în domeniul fizicii pleacă de la faptul că aceasta este o știință fundamentală în cunoașterea naturii. Prin caracterul său ambivalent, pe de o parte teoretic, fundamental, iar pe de altă, strâns legat de experiment, fizica se află la baza mai tuturor domeniilor științifice și tehnice. În acest sens, formarea științifică a

tinierilor care studiază fizica trebuie axată pe cultivarea dorinței de cunoaștere și de instruire continuă. Astfel, elaborarea, studierea, aplicarea și dezvoltarea de noi tehnologii educaționale devine o preocupare continuă a celor participanți la actul de instruire în domeniul fizicii. Amintim câteva dintre preocupările colectivului de fizicieni din Departamentul de fizică al Universității din Oradea: achiziția de cunoștințe din domeniul „Științe”, în general și domeniul „Științele fizicii”, în particular, pentru diverse niveluri de vârstă și corelarea cu formarea de priceperi, deprinderi și abilități specifice, elaborarea de modele de activitate didactică centrate pe metode dinamice, activ-participative, proiectarea unor activități de instruire structurate, centrate pe formarea de competențe, corelarea activităților teoretice cu cele de laborator, insistând pe evidențierea rolului determinant al experimentului în însușirea noțiunilor de fizică, familiarizarea cu modelele de gândire utilizate în fizică și cu metodele specifice de investigație științifică, preocupări pentru descoperirea și apoi pregătirea corespunzătoare a elevilor și studenților dotați pentru studiul fizicii, utilizarea tehnicilor informaționale moderne în achiziția și însușirea noțiunilor de fizică, integrarea lor eficientă în lecția de fizică.