

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

APROB:

Academician, Ion BOSTAN

Rector al Universității Tehnice a Moldovei

Data aprobării de către Senatul UTM:

PROGRAMA

**examenului de doctorat
la specialitatea**

131.01. Fizica matematica

Chișinău 2015

Autori: Sveatoslav Moscalenco, IFA Academician
Anatolie Casian, UTM Profesor universitar
Nicolae Enache (Enaki), IFA Profesor Universitar
Spiridon Rusu, UTM , Conferențiar Universitar
Tronciu Vasile, UTM, Profesor Universitar
Nica Denis, USM, Conferențiar Universitar
Ciobanu Nelly, USMF, Conferențiar Universitar

Recenzenți: Mihai Macovei, dr. hab., prof.univ.
Paladi Florentin , dr. hab., prof. univ.
Bardetchi Profirie, dr., conf.univ.

Programa a fost examinată și recomandată de
Consiliul Școlii doctorale *Știința Calculatoarelor,
Electronică și Comunicații*

Președinte: **Victor Șontea**, dr., prof.univ.

(semnătura)

” ”

2015

Programa a fost examinată și recomandată de
Consiliul Științific UTM

Președinte: **Valerian Dorogan**, dr. hab, prof.univ.

(semnătura)

” ”

2015

I. RECOMANDĂRI METODICE GENERALE

Programa examenului de doctorat are ca obiectiv aprecierea nivelului de pregătire teoretică și practică a doctoranzilor în domeniul fizicii teoretice și matematice. Acumularea și însușirea cunoștințelor pe parcursul studiilor este o activitate continuă care obligă doctoranzii să demonstreze nivelul de pregătire profesională care corespunde gradului științific de doctor în domeniul fizicii matematice.

Obiectivele generale ale examenului de doctorat:

- Evaluarea cunoștințelor teoretice ale doctoranzilor în domeniul fizicii teoretice și matematice;
- Argumentarea răspunsului la subiectele examenului;
- Evaluarea capacității de analiză și sinteză pentru a lua decizii.
- Acumularea unei baze teoretice în domeniu necesară activității științifice ulterioare.

Programa orientează doctoranzii spre abordări științifice a problemelor vizate. Programă include în componența sa și o listă bibliografică care va servi drept referință pentru pregătirea doctoranzilor către examenul de doctorat și pentru realizarea tezei de doctorat.

II. CONȚINUTUL PROGRAMEI EXAMENULUI DE DOCTORAT

A. MECANICA CUANTICĂ

Recomandări metodice generale

Familiarizarea cu principiile fundamentale ale mecanicii cuantice, descrierea și explicarea sistemelor fizice simple.

Sunt expuse problemele fundamentale care au condiționat necesitatea în apariția și dezvoltarea teoriei cuantice. Se formulează principiile și postulatele de bază ale mecanicii cuantice, se elaborează aparatul matematic și se tratează probleme concrete de valoare instructivă și pentru a semnala unele proprietăți demne de a ține cont de ele la soluționarea unor probleme concrete. Sunt abordate conceptul funcției de undă și interpretarea sa, relațiile de nedeterminare ale lui Heisenberg, ecuația lui Schrödinger, se discută aspectele aplicative ale problemelor unidimensionale, se dezvoltă formalismul general al teoriei cuantice, se expun proprietățile momentului cinetic, se aplică mecanica ondulatorie a lui Schrödinger la sistemele simple tridimensionale.

Familiarizarea cu metodele aproximative ale mecanicii cuantice, descrierea și explicarea sistemelor fizice complexe, introducerea în cercetare.

Se tratează metodele aproximative pentru problemele independente și dependente de timp. Aplicarea acestor metode la un număr considerabil de sisteme specifice, de importanță fundamentală: atomi, molecule, nuclee și interacțiunea lor cu câmpuri electromagnetice statice și radiative. Elemente ale teoriei cuantice relativiste, ale teoriei ciocnirilor și ale statisticii cuantice. Se discută problemele conceptuale ale mecanicii cuantice.

Conținutul cursului

1. Principiile de bază ale mecanicii cuantice

Principiul superpoziției. Variabile dinamice și mărimi observabile. Reprezentarea vectorilor mărimilor de stare și celor observabile. Transformări unitare. Transformări canonice: parantezele cuantice ale lui Poisson, reprezentarea prin coordonate, reprezentarea prin impulsuri, forma Schrödinger a ecuațiilor de mișcare, forma Heisenberg a ecuațiilor de mișcare, ecuațiile de

mişcare în reprezentarea prin interacțiuni. Relațiile de incertitudine, procesul de măsurare, principiul de completare. Matricea de densitate.

2. Ecuația Schrödinger

Proprietățile principale ale ecuației Schrödinger, principiul variațional. Ecuația continuității. Ecuația Schrödinger pentru mișcarea unidimensională. Groapa de potențial rectangulară. Oscilatorul armonic. Mișcarea într-un câmp omogen. Mișcarea cvasiclasică. Electronul într-un câmp periodic. Spectrul electronic al corpului solid.

3. Grupuri de simetrie în mecanica cuantică

Simetria și mecanica cuantică. Mișcări de rotație și grade de libertate interioare. Grupul rotațiilor tridimensionale și grupul SU(2). Algebra Li pentru grupul SU(2). Reprezentări ireductibile ale grupului SU(2). Momentul cantității de mișcare. Valorile proprii și funcțiile proprii ale momentului. Spinorii și spinul particulelor. Adunarea momentelor. Coeficienții

4. Mișcarea într-un câmp central

Proprietățile principale ale mișcării într-un câmp cu simetrie centrală. Mișcarea liberă (coordonate sferice). Descompunerea undei plane. „Căderea” particulei pe centru. Mișcarea într-un câmp coulombian.

5. Teoria perturbațiilor

Perturbații independente de timp. Ecuația seculară. Perturbații dependente de timp. Perturbații periodice. Tranzitii în spectrul continuu. Energia potențială sub formă de perturbație.

6. Identitatea particulelor

Permutările ca mărimi observabile. Grup de permutări. Principiul indiscernabilității, simetria funcțiilor de undă. Interacțiunea de schimb. Statisticile Bose și Fermi. Reprezentarea cuantificării secundare.

7. Atomul

Nivelele energetice ale atomului. Stările electronilor în atom. Nivelele energetice ale atomilor hidrogenoizi. Câmpul self-consistent, ecuația Thomas-Fermi. Funcțiile de undă ale electronilor din apropierea nucleului. Structura fină a nivelelor atomice. Sistemul periodic al elementelor. Termii de tip Roentgen. Momente multipolare. Atomul în câmpuri exterioare (efectele Zeeman și Stark). Despicarea hiperfină.

8. Moleculele bi- și poliatomice

Aproximația Heitler-London. Termii electronici ai moleculei biatomice. Structura oscilatorie și de rotație a termilor de tip singlet. Interacțiunea atomilor la distanțe mari. Clasificarea termilor moleculelor poliatomice. Cuantificarea mișcării de rotație a corpurilor solide.

9. Ciocniri elastice

Teoria generală a împrăștierei într-un câmp cu simetrie centrală (spinul 0 și 1/2). Condiția de unitaritate. Teorema optică. Teorema bilanțului detaliat. Împrăștierea în cazul energiilor mici. Împrăștierea în cazul energiilor mari. Aproximarea lui Born. Împrăștierea particulelor identice. Împrăștierea într-un potențial coulombian. Împrăștierea de rezonanță. Fenomene de polarizare la împrăștiere. Amplitudinea de împrăștiere ca o funcție analitică de energie și impulsul transmis. Proprietățile analitice ale undelor parțiale după energie.

10. Ciocniri neelastice

Împrăștierea elastică în prezența proceselor neelastice. Împrăștierea neelastică a particulelor în mișcare lentă. Formula lui Bright-Wigner. Interacțiunea în starea finală. Comportamentul secțiunilor în apropierea reacției de prag. Ciocnirea electronilor rapizi cu atomii.

11. Elemente ale teoriei formale a împrăștierii

Ecuția lui Lippmann-Schwinger. Tabloul împrăștierii în reprezentarea prin impulsuri. Matricele ondulatorii ale lui Meller. Formalismul operatorilor U,R. Matricea S unitară.

Literatura de specialitate

1. S. Țițeica, Mecanică cuantică, Ed. Academiei, București, 1984
2. V. Florescu, Mecanică cuantică, vol. I și II, Reprografia Universității din București, Facultatea de Fizică, București, 1979 și 1981
3. A. Messiah, Mecanică cuantică, vol. I și II, Ed. Științifică, București, 1973
4. Gh. Ciobanu, C. Constantinescu, Fizica stării solide, vol. I, Ed. Tehnică, București, 1982.
5. V. Florescu, T. Marian, M. Zaharia, Probleme de mecanică cuantică, vol. I și II, Reprografia Universității din București, Facultatea de Fizică, București, 1986 și 1987.
6. П.А.М.Дирак. Принципы квантовой механики. Наука, М., 1979.
7. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Квантовая механика. Наука, М., 1974.
8. А.С.Давыдов. Квантовая механика. Наука, М., 1973.
9. Е.Вигнер. Теория групп и ее приложение к квантовой механике. ИЛ, М., 1961.
10. Д.Тейлор. Теория рассеяния. Мир, М., 1975.
11. А.Мессиа. Квантовая механика. т.1, 2. Наука, М., 1978.

A. TEORIA CLASICĂ A CÂMPURILOR

Recomandări metodice generale

Cercetarea modelelor fizice a fenomenelor electromagnetice și relativiste. Acest curs va permite doctoranzilor să cunoască formalismul clasic în tratarea electrodinamicii și teoriei relativiste.

Se expune teoria cinematicii și dinamicii relativiste, dinamicii sarcinilor electrice în câmpuri electromagnetice și metoda deducerii ecuațiilor Maxwell din principiul variațional. Metode de rezolvare ale problemelor ce țin de teoria relativității și electrodinamică, utilizând formalismul cuadridimensional și consecințe ale ecuațiilor Maxwell.

Fenomene electromagnetice în medii. Se studiază propagarea undelor electromagnetice în medii polarizabile și ghiduri de undă. Se evidențiază rolul teoriei electronice a lui Lorentz în studiul fenomenelor de dispersie a undelor electromagnetice.

Conținutul cursului

1. Teoria specială a relativității

Transformarea Lorentz. Mecanica Relativistă.

2. Ecuațiile de bază ale electrodinamicii

Noțiuni de bază despre electrodinamică. Potențialul vectorial. Invarianța de tip gradient. Tensorul câmpului electromagnetic. Prima pereche a ecuațiilor Maxwell.

Ecuațiile câmpului electromagnetic. Acțiunea câmpului electromagnetic, vectorul curentului, ecuația continuității. A doua pereche a ecuațiilor Maxwell, ecuațiile pentru funcțiile de potențial întârziate. Tensorul Energie - Impuls.

3. Aplicații simple ale ecuațiilor electrodinamicii clasice.

Câmpul electric constant. Legea lui Coulomb. Mișcarea sarcinii în câmpurile electrice și magnetice omogene. Câmpul electrostatic și energia sistemelor de sarcini în repaus. Momentele multipolare ale unor astfel de sisteme și interacțiunea acestor sisteme cu câmpul extern. Câmpul magnetic constant. Momentul magnetic. Teorema Larmor.

Unde electromagnetice. Undă monocromatică plană, energia și impulsul undei. Descompunerea spectrală a undei, oscilațiile proprii ale câmpului. Elementele opticii geometrice. Câmpul sarcinilor în mișcare. Potențialul întârziat și descompunerea spectrală a acestuia.

4. Emisia undelor electromagnetice

Câmpul sistemelor de sarcini la distanțe mari.

Diferite tipuri de emisie (radiație). Emisia dipolară și cuadripolară. Emisia frecvențelor joase. Emisia la interacțiunea Coulombiană. Câmpul de emisie la distanțe mici. Emisia sarcinii accelerate. Emisia la frânare și la magneto-frânare. Descompunerea spectrală a radiației în cazul ultrarelativist.

Împrăștierea (difuzia) undelor de către sarcini. Împrăștierea undelor pe sarcini libere. Împrăștierea undelor de frecvențe joase și înalte.

5. Teoria câmpului spinorial

Ecuția Dirac. Câmp spinorial. Matricele Dirac. Proprietățile de simetrie a câmpului Dirac și covarianța relativistă. Proprietățile soluțiilor ecuației Dirac. Soluții pentru antiparticule (pozitroni). Unde plane, descompunerea pe unde plane. Normarea și ortogonalitatea soluțiilor.

Formalismul Lagrange pentru câmpul spinorial. Lagrangianul. Vectorul energie - impuls, spinul, vectorul curent.

Limite relativiste și nerelativiste, descrierea neutrinelui.

6. Bazele teoriei generale a relativității.

Particula în câmpul gravitațional. Coordonate curbilinii, metrica, simbolurile lui Kristoffel. Mișcarea particulelor și electrodinamica în câmpul gravitațional.

Ecuția câmpului gravitațional. Tensorul curburii, Lagrangianul, ecuația Einstein. Câmpul central simetric și mișcarea în el. Colapsul gravitațional. Unde gravitaționale și criteriile de generație ale lor.

Elementele cosmologiei. Cosmologia relativistă. Modele cosmologice isotropice deschise și închise. Deplasarea roșie.

Literatura de specialitate

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теория поля. Наука, М., 1973.
2. L.D.Landau, E.M.Lifșic. Electrodinamica mediilor continui. București, 1965.
3. J. Jacson, Electrodinamica clasică. V. 1,2. București, 1991.
4. C.Vrejoiu, Electrodinamica și teoria relativității. București, 1993.
5. I.Mercheș, Electrodinamica și teoria realtivității, V. 1,2, Iași, 1985
6. L.D.Landau, E.M.Lifșic. Teoria câmpului. București, 1963.
7. А.С.Давыдов. Квантовая механика. Наука, М., 1973.
8. А.И.Ахиезер, В.Б.Берестецкий. Квантовая электродинамика. Наука, М., 1969.
9. Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков. Сб.: «Строение и эволюция вселенной», М., Наука, 1975.

C. TEORIA CUANTICĂ A CÂMPULUI

Recomandări metodice generale

Scopul acestui compartiment, dedicat doctoranzilor care se interesează de fizică teoretică, este o prezentare sistematică a metodelor și conceptelor teoriei cuantice a câmpului, destinată a înlesni consultarea monografiilor speciale și articolelor din reviste de specialitate, precum și preprintelor ce se publică în acest domeniu.

În ultimii ani s-a conturat convingerea fermă în posibilitatea existenței unei teorii cuantice de câmp capabilă să înglobeze interacțiunile slabe și interacțiunile electromagnetice într-o descriere unică cu perspectivă de a cuprinde și interacțiunile tari. Se conturează astfel o adevărată renaștere a teoriei cuantice a câmpurilor.

Teoria dublei cuantificări, îndeosebi electrodinamica cuantică a devenit importantă pentru calculele teoretice ale corecțiilor radiative, și în aplicațiile tehnice din cele mai variate domenii ca: fizica nucleară, fizica plasmei, fizica corpului solid.

Conținutul cursului

1. Cuantificarea câmpului liber

Metoda cuantificării secundare. Spațiul numerelor de completare. Operatori de creare și anihilare. Spațiul Hilbert-Fock. Operatorii în reprezentarea cuantificării secundare. Tablourile Schrödinger și Heisenberg în metoda cuantificării secundare.

Postulatele de cuantificare a unui sistem de câmp. Operatori de creare și anihilare. Relații de permutare.

Cuantificarea câmpurilor scalar, vectorial și spinorial. Variabilele dinamice ale câmpurilor libere și operatorii corespunzători lor: energiei – impulsului, spinului, curentului, sarcinii. Determinarea pozitivă a energiei. Operatori de proiecție și matricea densitate de spin. Conjugare de sarcină.

Câmpul electromagnetic. Necesitatea metricii indefinite. Metoda lui Gupta – Bleuler. Condiția lui Lorentz. Variabile dinamice. Operatori de proiecție și matricea densitate de polarizare.

Funcții de permutare și diferite tipuri ale funcțiilor Green. Singularitățile explicite pe conul luminos. Produsul normal al operatorilor.

2. Descrierea interacțiunii, matricea de împrăștiere, proprietățile de simetrie

Reprezentările Heisenberg, Schrödinger și Dirac (de interacțiune). Forma generală a operatorului de evoluție. Definierea matricei de împrăștiere. Proprietățile invarianței relativiste, unitarității și cauzalității. Condiția de cauzalitate a lui Bogolyubov.

Lagranjianele diferitelor tipuri de interacțiuni și principiile de simetrie. Interacțiunile puternică, electromagnetică și slabă. Transformările C , P și T . Teorema Luders – Pauli. Lagranjianul P – impar al interacțiunii slabe.

Probabilități și secțiuni. Definierea amplitudinii de reacțiune relativist invariantă. Volumele invariante din spațiul fazelor. Variabile invariante pentru procesele în care participă două particule (s , t , u). Cros – simetria. Relația de unitaritate pentru amplitudinile invariante de împrăștiere. Teorema optică.

3. Metoda teoriei perturbațiilor

Demonstrarea reprezentării cronologice pentru matricea S în teoria perturbațiilor. Analiza amplasării arbitrare în produsul de tip T .

Aducerea matricei S la forma normală. Teorema lui Wick. Diagramele lui Feynman. Teorema lui Furry.

Efectele de ordin inferior în teoria perturbațiilor: efectul Compton, efectul fotoelectric, anihilarea perechii electron-pozitron, radiația de frânare și generarea perechii în câmpul nucleului, factorii de formă, lățimea naturală a liniilor spectrale, pozitroniul. Radiația de multipol.

4. Metoda generală de renormare

Divergența în ordinele inferioare ale teoriei perturbațiilor în electrodinamică: energia proprie a electronului, polarizarea vidului, sectorul de vârf. Metodele de regularizare și evidențierea divergențelor. Contratermeni. Renormarea masei și sarcinii în cazul ordinului inferior după constanta de legătură.

Clasificarea în teoria de renormare. Exemple de teorii de renormare. Diagrame reducibile și diagrame – schelet. Gradul de divergență a unei diagrame – schelet arbitrare. Renormarea masei, sarcinii, funcțiilor de undă și a aportului unei diagrame arbitrare. Suprapunerea divergențelor. Teoria generală a lui Bogozubov – Parasiuk pentru operațiile R .

Invarianța de gradient, identitățile lui Uord – Takahashi și renormarea electrodinamicii cuantice. Forma generală a contratermenilor și amplasarea arbitrară finală. Renormarea masei și sarcinii.

Metoda de adunare a diagramelor. Ecuația Dyson – Schwinger. Ecuația Bethe – Salpeter.

Grupul de renormalizare. Sarcina invariantă, funcția Gell-Mann – Low. Ecuația Ovsianicov – Kalan – Simanzik. Dimensiuni anormale.

Divergențe infraroșii, factorizarea și înlăturarea lor când se ține seama de emisia cuantelor moi. Calculul corecțiilor legii lui Coulomb și momentului magnetic. Deplasarea Lamb.

5. Cuantificarea teoriilor de calibrare neabeliane

Metoda de cuantificare prin integrala funcțională.

Cuantificarea câmpurilor de calibrare neabeliane. Postulatul de cuantificare și câmpurile auxiliare Fadeev – Popov. Renormari. Libertatea asimptotică la distanțe mici.

Apariția masei particulelor pe seama nerespectării spontane a simetriei. Teorema lui Goldstone, fenomenul Higgs.

6. Elemente de teorie cuantică axiomatică a câmpului. Proprietățile analitice ale amplitudinii.

Formularea axiomatică a lui Bogoliubov. Operatori de radiație.

Formularea teoriei câmpului după Lehmann – Shimanchik – Zimmermann. Condițiile asimptotice. Formulele de reducere.

Reprezentările Cellen – Lehmann și Jost – Lehmann – Dyson. Relația de dispersie pentru împrăștierea πN . Simetria încrucișată. Proprietățile analitice ale amplitudinii de împrăștiere după funcția $\cos \vartheta$. Restricțiile lui Fruassar.

Proprietățile analitice ale diagramelor lui Feynman și ecuația lui Landau pentru singularitățile lor (singularitățile buclei, triunghiului, pătratului). Reprezentarea lui Mandelstam pentru patrulater.

Literatura de specialitate

1. Valeriu Novacu „Teoria Cuantică a Câmpului.” Editura Tehnică , București, 1984.
2. C. Bizdada, Teoria cuantică a câmpului, notițe de curs, Universitatea din Craiova
3. D. Bailin, A. Love, Introduction to Gauge Field Theory, Adam Hilger, 1986.
4. L.H. Ryder, Quantum Field Theory, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1984.
5. M.S. Swanson ”Path Integrals and Quantum Processes „, Academic Pres, INC, New York, 1995.
6. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Ширков. Введение в теорию квантовых полей. Наука, М., 1976.
7. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теория поля. Наука, М., 1973.
8. А.И.Ахиезер, В.Б.Берестецкий. Квантовая электродинамика. Наука, М., 1969.
9. А.А.Славнов, Л.Д.Фадеев. Введение в теорию калибровочных полей. Наука, М., 1978.
10. Д.Бъркен, с.Дрелл. Релятивистская квантовая теория. т.1, 2. Наука, М., 1978.
11. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Ширков. Квантовые поля. Наука, М., 1980.

D. HIDRODINAMICA ȘI CINETICA FIZICĂ

Recomandări metodice generale

În ultimii ani hidrodinamica și cinetica fizică s-a dezvoltat destul de intensiv. Dezvoltarea ei în fond a mers pe direcții aplicative astfel că schimbări esențiale au avut loc în mecanica apariției turbulenței, proceselor stocastice în lichide și gaze, haosului clasic și cuantic, și a teoriei atractorilor în spațiul n - dimensional. Tote aceste direcții au nevoie de o unificare în baza principiilor hidrodinamicii și a cineticii fizice.

Cursul are ca scop de a dezvolta la doctoranzi un concept unic de descriere a proceselor ce au loc la mișcarea ansamblului de particule ori cvasiparticule în spațiul fazic. Studiul lanțului de ecuații Bogoliubov și trecerea acestor ecuații la Ecuații Stocastice de tip Fokker-Planck dă posibilitate doctoranzilor de a înțelege mai profund legătura strânsă între procesele microscopice și macroscopice ce au loc la mișcare turbulentă ori stocastică a lichidelor clasice și cuantice.

Cursul propune doctoranzilor studiul hidrodinamicii de pe pozițiile fizicii teoretice, propunând o serie de probleme ce prezintă interes fizic în primul rând. În curs sunt scoase teoriile empirice, care nu au o descriere adâncă din punct de vedere fizic. De aceea cursul propune fenomene și efecte hidrodinamice, care au un tablou de descriere microscopică și macroscopică destul de lucid.

Conținutul cursului

1. Ecuația Liouville

Concepția despre ansamblul lui Gibbs. Funcția de distribuție. Ecuația lui Liouville. Echivalența ecuației lui Liouville cu sistemul de ecuații Hamilton pentru particulele sistemului.

2. Teoria dinamică

Funcții de distribuție reduse. Metoda derivatelor funcționale. Lanțul de ecuații cinetice Bogoliubov. Ierarhia timpurilor de evoluție ale sistemelor dinamice după Bogoliubov. Faza cinetică. Obținerea ecuațiilor cinetice de diferite ordine.

3. Ecuații cinetice

Ecuația lui Boltzmann. Ecuația lui Vlasov. Ecuația Fokker – Planck. Teorema H . Entropia statistică.

4. Procese stocastice

Procese aleatorii marcoviene și nemarcoviene. Procese aleatorii staționare și nestaționare. Ecuația lui Smoluchowski. Ecuația Fokker – Planck. Faza browniană.

5. Faza hidrodinamică

Metoda Cepmen – Enskog. Procese de transport. Calculul coeficienților cinetici. Ecuația hidrodinamicii. Relaxarea sistemului spre starea de echilibru.

6. Hidrodinamica

Lichidul ideal. Ecuația de continuitate. Ecuația lui Euler. Ecuația mișcării unui lichid viscos. Disiparea energiei. Turbulența. Tensorul energie – impuls. Ecuația hidrodinamicii unui lichid suprafluid.

Literatura de specialitate

1. Н.Н.Боголюбов. Избранные труды по статистической физике. Изд. МГУ, М., 1979.
2. Е.М.Лифшиц, Л.Питаевский. Статистическая физика. ч. 2. Наука, М., 1978.
3. Е.М.Лифшиц, Л.Питаевский. Физическая кинетика. Наука, М., 1978.

4. В.П.Силин. Введение в кинетическую теорию газов. Наука, М., 1971.
5. К.Хуанг. Статистическая механика. Мир, М., 1978.
6. Р.Балеску. Равновесная и неравновесная статистическая механика. т. 1, 2. Мир, М., 1978.

E. FIZICA STATISTICĂ

Recomandări metodice generale

Familiarizarea doctoranzilor cu metodele termodinamice și statistice de studiu al sistemelor macroscopice: gaze, solide, lichide.

Studiul sistemelor de echilibru și neechilibru cu un număr mare de particule ce se află în continuă mișcare și interacțiune. Se expune trecerea de la descrierea deterministă la comportarea statistică a mișcării acestor sisteme. Se introduc funcțiile de distribuție după energie, număr de particule etc. Se mediază mărimile fizice după aceste funcții. Se studiază detaliat comportamentul termodinamic ale sistemelor menționate.

Se acordă o importanță deosebită comportamentul cuantic al sistemelor cu multe particule (molecule atomi, etc.). Se cercetează fluctuațiile mărimilor termodinamice la temperaturi înalte și joase. Se specifică comportamentul cuantic și clasic ale sistemelor în termeni de probabilitate.

Se studiază entropia și a schimbului de energie între diferite subsisteme. Sunt descrise principiile termodinamicii moderne.

Se studiază comportarea mărimilor termodinamice în vecinătatea punctelor de tranziții de faza de speța întâi și doi și descrierea acestor fenomene folosind metodele fizicii statistice. Noțiuni de sinergetică și aplicațiile ei în termodinamică, chimie, biofizică, etc.

Comportarea sistemelor macroscopice la densități mici și mari. Tranziția de la mișcarea haotică la autoorganizare și ordine în sistemele condensate de particule. Condensarea Bose-Einstein a particulelor în interacțiune. În particular se cercetează suprafluiditate, supraconductibilitate și alte fenomene cooperative.

Conținutul cursului

1. Principiile fundamentale ale fizicii statistice. Distribuția statistică. Funcția de distribuție și matricea statistica. Independența statistică. Teorema Liouville. Rolul energiei. Entropia și probabilitatea. Legea creșterii entropiei..
2. Mărimi termodinamice. Temperatura. Presiunea. Lucrul mecanic și căldura. Principiul întâi și doi al termodinamicii. Potențiale termodinamice. Legătura între derivatele mărimilor termodinamice. Procese reversibile și ireversibile. Lucrul mecanic maximal. Inegalități termodinamice. Principiul lui Le Chatelier. Teorema Nernst. Dependența mărimilor termodinamice de numărul de particule. Sistemă cu un număr variabil de particule. Echilibrul termodinamic în câmp exterior.
3. Distribuția Gibbs. Energia liberă în distribuția Gibbs. Distribuția Gibbs pentru un număr variabil de particule.
4. Fluctuații. Distribuția Gauss. Fluctuațiile mărimilor termodinamice fundamentale. Corelația spațială și temporală a fluctuațiilor. Teorema de fluctuație-disipație. Principiul simetriei coeficienților cinetici.
5. Termodinamica gazelor ideale. Distribuția Boltzmann, Fermi, Bose. Rolul ciocnirii moleculelor. Gazul ideal de neechilibru. Energia liberă și ecuațiile de stare a gazelor Boltzmann, Fermi și Bose. Magnetismul gazelor. Gazul degenerat. Capacitatea calorică și susceptibilitatea magnetică a gazului electronic degenerat. Statistica emisiei termice a gazelor ideale. Ecuația de stare a substanței la densități mari. Fluctuațiile în gazele ideale. Distribuția Poisson. Corelațiile fluctuațiilor densității în gazele degenerate.

6. Distribuții parțiale ale fluctuațiilor în stările de echilibru. Reprezentarea mărimilor termodinamice prin funcțiile de distribuție parțiale. Lanțul de ecuații Bogoliubov. Legătura lor cu suma statistică.
7. Gaze neideale. Ecuația Van der Waals. Dezvoltarea după puterile densității. Convergența seriei și condensarea. Descompunerea virială. Aproximația DebaeHiuchelea. Pentru plasmă.
8. Echilibrul fazelor. Condițiile de echilibru a fazelor. Formula lui Clapeyron Clauzius.
9. Soluții. Regula fazelor. Soluții slabe. Presiunea osmotică. Amestecuri de gaze ideale. Amestecuri de izotopi.
10. Reacții chimice. Condițiile de echilibru chimic. Legea acțiunii maselor.

Literatura de specialitate

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика. М., Наука, 1976.
2. Н.Н.Боголюбов. Проблемы динамической теории в статистической физике. М., Гостехиздат, 1946.
3. Ф.М.Куни. Статистическая физика и термодинамика. М., Наука, 1981.
4. Т.Хилл. Статистическая механика. М., ИЛ, 1960.
5. К.Хаунг. Статистическая механика. М., Мир, 1966.
6. Ю.Б.Румер, М.Ш.Рывкин. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М., Наука, 1977.

F. TEORIA STĂRILOR CONDENSATE

Recomandări metodice generale

Compartimentul are ca scop : familiarizarea cu fenomenele cuantice macroscopice; introducerea metodelor de fizică cuantica în teoria materiei condensate; studierea unei faze noi a stării condensate și însușirea metodelor fizicii statistice de caracterizare a tranzițiilor de fază; introducerea concepțiilor de cvasiparticulă, fenomen cooperativ, coerență, parametru de ordine, efecte de cuantificare și tunelare; familiarizarea cu supraconductibilitatea la temperaturi înalte, care este o direcție prioritară a fizicii stării condensate. Familiarizarea doctoranzilor cu cele mai importante modele teoretice și metode de calcul utilizate pentru descrierea stărilor ionilor și electronilor în solide cristaline.

Cursul include studiul structurii solidelor, rețeaua cristalină și simetria de translație, ecuațiile Laue, condițiile de interferență și rețeaua inversă, legătura cristalină și forțele de interacțiune dintre atomi. Studiul oscilațiilor proprii ale rețelei cristaline, concepția fononilor – moduri de oscilație normale, proprietățile termice ale cristalelor. O atenție deosebită se acordă descrierii stărilor electronice în solide cristaline și argumentării diferitor aproximații: adiabatică, Hartree-Fock, masa efectivă a purtătorilor de sarcină. Concepția golurilor în semiconductori, modelul Sommerfeld, modelul Kronig-Penny, modelul electronilor cuasiliberi, modelul electronilor puternic legați, metoda $k-p$ pentru stări nedegenerate și degenerate, metode contemporane de calcul ale structurii de benzi energetice în cristale. Familiarizarea doctoranzilor cu cele mai importante proprietăți ale diferitor solide, modelele teoretice și metodele de calcul utilizate pentru descrierea acestor proprietăți și prezicerea altora noi. Studierea structurilor cu dimensionalitate redusă a spectrului electronic.

Conținutul cursului

1. Teoria benzilor in corpul solid

Rețeaua directă și inversă în cristal. Grupa de simetrie a cristalului. Proprietățile generale ale stărilor staționare în cristal bazate pe simetria lui. Stările mono-electronice. Structura benzilor. Clasificarea corpului solid în baza spectrului energetic al stărilor mono-electronice.

2. Stări condensate ale materiei

Excitări elementare. Lichidele cuantice. Gaze Fermi și Bose neideale degenerare.

3. Metoda cuantificării secunde

Grupa permutativă. Principiul indistingibilității particulelor. Vectorii Stărilor cuantice simetrice și antisimetrice la permutarea particulelor. Tabloul cuantificării secunde.

4. Dinamica rețelei

Fononii. Capacitatea calorică a solidului. Capacitatea calorică după Debaye. Interacțiunea electron-fonon.

5. Statistica Rețelei

Suma statistică a rețelei. Modelul Ising. Gazul de rețea. Amestec binar.

6. Metoda cuasimediilor Bogoliubov

Funcțiile de corelație. Regula de selecție. Violarea spontană a simetriei. Introducerea surselor.

7. Tranziții de Fază.

Teoria Yang-Li. Teorema Van-Gov. Teoria Landau a tranzițiilor de fază de speța a doua. Metoda câmpului efectiv. Punctul critic. Saltul capacității calorice. Indicii critici. Inegalitățile indicilor critici. Rolul fluctuațiilor în vecinătatea punctelor critice. Teoria Orenstein-Tsernike. Teoriile moderne ale fenomenelor critice. Invarianța de proporție. Ecuațiile grupurilor de renormare. Puncte nemișcate.

8. Metoda diagramelor în fizica statistică.

Funcțiile Green, proprietățile lor analitice. Principiile de bază a tehnicilor cu diagrame. Regula de construcție a diagramelor în spațiul impulsurilor și a coordonatelor. Ecuația Daison. Partea de vârf a diagramelor. Funcțiile Green pentru mai multe particule. Tehnica diagramelor la temperaturi finite.

9. Supraconductibilitate

Proprietățile de bază a supraconductorilor. Perechile Cooper. Teoria Bardin –Cooper-Shiffer. Teoria supraconductibilității Bogoliubov. Sistema ecuațiilor de bază pentru supraconductor. Deducerea ecuațiilor teoriei supraconductorilor în modelul fonic. Termodinamica supraconductorilor.

10. Sisteme de particule Bose în interacție

Interacțiunea fonon-fonon. Proprietățile heliului lichid. Rezultatele fenomenologice de bază. Modelul Bogoliubov. Modelul bi-lichid și spectrul Landau. Teoria lui Feynman. Funcția Green a gazului Bose în aproximația densităților mici. Proprietățile spectrului modelului cu o singură excitație a particulelor.

11. Teoria magnetismului

Interacțiuni de schimb. Hamiltonianul Heizenberg. Unde spinoriale. Ecuații ale mișcării linearizate. Tipurile de materiale magnetice. Interacțiunea spin+fonon. Metoda aproximativă a cuantificării secunde. Metoda câmpului molecular și teoria perturbațiilor. Funcția Green. Reprezentarea spectrală. Relațiile de dispersie. Magnetizarea la temperaturi finite. Descompuneri la temperaturi joase. Rezonanța feromagnetică.

12. Rezultate stricte pentru sisteme neideale

Inegalități stricte termodinamice . Aplicația lor. Descrierile de tip model în mecanica statistică. Metodele asimptotice exacte.

13. Structuri cu dimensionalitate redusă a spectrului

Cuantificarea dimensională. Structuri cvasi-bidimensionale, cvasi-unidimensionale, cvasi-zero dimensionale. Spectrul energetic. Densitatea stărilor electronice. Excitații colective. Lichidul Fermi și lichidul Luttinger. Proprietăți cinetice și optice.

Literatura de bază

1. Н.Н.Боголюбов. Лекции по квантовой статистике. Избранные труды. Киев, Наукова думка, т.2, 1970.
2. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика. М., Наука, 1976.
3. Р.Браут. Фазовые переходы. М., Мир, 1965.
4. Г.Стенли. Фазовые переходы и критические явления. М., Наука, 1973.
5. Н.Н.Боголюбов. Избранные труды по статистической физике. Изд-во МГУ, М., 1979.
6. А.А.Абрикосов, Л.П.Горьков, Д.Е.Дзялошинский. Методы квантовой теории поля в статистической физике. М., Физматгиз, 1962.
7. С.В.Тябликов. Методы квантовой теории магнетизма. М., Наука, 1965.
8. Е.М.Лифшиц, Л.П.Питаевский. Статистическая физика. 1978, т.2.
9. P. Y. Yu. Manuel Cordona, Fundamentals of Semiconductors, Springer, 2003, capitolul 9.