

Corso di Laurea Magistrale in Fisica		Insegnamento / Course Meccanica quantistica dei molti corpi/ Many body quantum theory		
SSD: FIS/03	CFU/Credits: 8	Anno di corso: I	Lezione (ore): 64	Esercitazione (ore):
Obiettivi formativi: Il corso fornirà allo studente competenze sui principali strumenti di indagine di un sistema di particelle e campi interagenti in meccanica quantistica. In particolare, al termine del corso lo studente sarà in grado di utilizzare gli approcci e i metodi, sia esatti che approssimati, tipici della teoria quantistica dei sistemi interagenti per lo studio delle funzioni di Green, della funzione dielettrica, della suscettività magnetica, della conducibilità ottica, della superconduttività e della superfluidità. Lo studente sarà in grado di discutere gli approcci introdotti nel corso sia in modelli classici che quantistici, stabilendo appropriate connessioni fra differenti parti del programma. Lo studente dovrà dimostrare, nel corso del colloquio orale, di saper esporre in modo chiaro le conoscenze acquisite utilizzando in maniera appropriata il lessico della disciplina appresa.		Training objectives: The course deals with the physics of strongly interacting many-body systems, focusing on theoretical methods and approaches. More specifically, at the end of the Course, the student will be able to use both exact and approximated methods suitable to study the Green functions, dielectric function, magnetic susceptibility, optical conductivity, superconductivity and superfluidity. The techniques introduced will be seen in action by analysing some paradigmatic models, both in the classical and in the quantum setting. The student will be asked to present an introduction to the main general topics and to prove more specific results, making connections among the different parts of the syllabus. The organization of the presentation and the use of a rigorous scientific language will be also considered to formulate the final grade.		

Programma sintetico (sillabo):

- 1) Particelle identiche e seconda quantizzazione. L'operatore statistico: insieme canonico e grancanonico. Potenziale termodinamico. Rappresentazione di Heisenberg termica, distribuzione di Fermi-Dirac e Bose Einstein. Teorema di Wick.
- 2) Approcci variazionali e autoconsistenti per liquidi bosonici e fermionici. Condensazione di Bose-Einstein, superfluidità
- 3) Funzioni di Green a temperatura finita. Matrice S, rappresentazione di Lehman, proprietà analitiche della funzione di Green ritardata. Equazioni del moto. Metodo Lanczos. Concetto di self-energy. Diagrammi di Feynman. Equazione di Dyson. Calcolo dei diagrammi di Feynman al primo ed al secondo ordine perturbativo per un gas di fermioni o bosoni. Rinormalizzazione e chiusura autoconsistente. Calcolo della bolla di polarizzazione (Random Phase Approximation). Funzione spettrale e misure ARPES (spettroscopia di fotoemissione risolta in angolo) nei metalli. Soluzione delle equazioni auto-consistenti nel modello jellium
Campi fermionici e bosonici interagenti: interazione elettrone-elettrone mediata dai fononi e origine della superconduttività.
Teoria della risposta lineare a una perturbazione esterna e formule di Kubo: suscettività magnetica, conducibilità ottica e funzione dielettrica. Eccitazioni di singola particella e modi collettivi. Polaroni e Plasmoni. Cenni all'equazione di Langevin.
- 4) Quantizzazione del campo elettromagnetico: campi trasversi e longitudinali, oscillatori e quantizzazione del campo, fotoni, energia e impulso del campo, stati coerenti, invarianza di gauge, interazione non relativistica radiazione materia, righe spettrali.
- 5) Quantizzazione del campo delle vibrazioni reticolari: le equazioni classiche del moto, coordinate normali, fononi (acustici e ottici, trasversali e longitudinali). Calore specifico delle vibrazioni reticolari.

Contents: 1) Second quantization for particles. Canonical and grand canonical ensembles. Thermodynamic potential. Heisenberg picture at finite temperature. Fermi-Dirac and Bose-Einstein statistics. Wick's theorem.
2) Self-consistent and variational approaches for bosons and fermions. Bose-Einstein condensation, superfluidity.
3) Temperature Green's function. S matrix. Lehmann representation. Analytic properties of retarded Green's function. Equations of motion. Lanczos method. Proper and improper self-energy. Diagrammatic analysis. Feynman rules. Dyson's equation. Evaluation of frequency sums. Jellium model. Hartree-Fock approximation. Summation of ring diagrams. Random phase approximation. Spectral function and ARPES measurements. Fermionic and bosonic interacting fields. Effective interaction between electrons mediated by phonons. Superconductivity. General theory of linear response to an external perturbation. Kubo formulas: magnetic susceptibility, optical absorption, and dielectric function. Quasi-particles, collective modes, screening and plasma oscillation in an electron gas. Polarons and plasmons. Langevin equation.
4) Electrodynamics in real and reciprocal space. Longitudinal and transverse vector fields. Equations of motion. Normal variables. Lagrangian and Hamiltonian formalism. Canonical quantization in the Coulomb gauge. Photons. Total momentum and total angular momentum. Quasi-classical states. Interaction between particles and fields.
5) Quantization of lattice vibrations. Normal modes of oscillation. Acoustic and optical, transverse and longitudinal phonons. Specific heat of lattice degrees of freedom.

Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -

Prerequisiti / Prerequisites: - Conoscenza della meccanica quantistica con un livello di approfondimento e formalizzazione paragonabile, ad esempio, a quello del testo "Meccanica quantistica moderna" di Sakurai. / Knowledge of the quantum mechanics at the level of Sakurai, Modern Quantum Mechanics

Finalità e modalità di verifica dell'apprendimento

Esame orale/ Oral exam

Il corso può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / The course can be given in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)