



FEF3390 Kvantplasmor 8,0 hp

Quantum plasmas

Fastställande

Kursplanen gäller från och med höstterminen 2026 enligt fakultetsnämndsbeslut: diarienummer PA-2026-0008. Beslutsdatum: 2026-06-16.

Betygsskala

P, F

Utbildningsnivå

Forskarnivå

Särskild behörighet

- Kvantmekanik (SI2380 Avancerad kvantmekanik eller motsvarande)
- Statistisk mekanik (SI1162 Statistisk fysik eller SI2510 Statistisk mekanik eller motsvarande)

Lärandemål

Efter kursen ska studenten kunna

- förklara begrepp som används för teoretisk beskrivning av den ändliga temperaturen likformiga elektrongasen;
- tillämpa metoder som används för teoretisk beskrivning av den ändliga temperaturen likformiga elektrongasen;
- diskutera för- och nackdelar med densitetsoperatorformalism, fasrumsformalism och andra kvantiseringsformalism inom kvantkinetisk teori;

- uppskatta de termodynamiska, statiska, dynamiska och fasövergångsegenskaperna hos den ändliga temperaturen likformiga elektrongasen;
- tillämpa den självkonsistenta dielektriska formalismen på den likformiga elektrongasen och utvidga den till andra homogena system;
- bedöma den teoretiska bakgrunden för kvantplasma och varm tät materia.

Kursinnehåll

- Element inom kvantstatistisk mekanik: braknotation, kommutatoralgebra, densitetsmatrisformalism (densitetsoperator, statistiska ensembler, von Neumanns ekvation, kvant-BBGKY-hierarki), fasrumsformalism (Wigner-Weyl-transform, Moyal-bracketen, von Neumanns ekvation och kvant-BBGKY-hierarki), andra kvantisering (Fockrums- och ockupationsnummerrepresentation, annihilations-/skapandeoperatorer för fermioner och bosoner, kommuteringsregler, fermioniska/bosoniska fältoperatorer).
- Linjär responsteori: Kubo-formel, Lehmann-representation, Kramers-Kronig-relationer, fluktuations-dissipationssats, egenskaper hos responsfunktioner, frekvensmomentsummeregler, styvhetssats, Matsubara-summering, Fourier-Matsubara-expansion, icke-linjära responsutvidgningar.
- Uniform elektrongas (UEG): Konvergent Hamiltonian, dimensionslösa parametrar, nolltemperaturfasdiagram, varm tät materia, Wigner-kristallisation, magnetiska fasövergångar, laddningstäthetsvågor, spinnstäthetsvågor, rotonminimum, lågdimensionella utvidgningar.
- Grundläggande UEG-egenskaper: Mikroskopiska storheter: taltäthet, strömtäthet, spinn-täthet och momentumflödestäthetsoperatorer, täthets-täthetsresponsteori, imaginära tidskorrelationsfunktioner (ITCF), dynamisk strukturfaktor (DSF), statisk strukturfaktor (SSF), radiell fördelningsfunktion (RDF), inre energi, adiabatisk förbindningsformel, kompressibilitetssummeregler, frekvensmomentsummeregler (invers, noll, fsumma, tredje), Kimball-cusprelationer, utvidgningar av ström-strömresponsteori.
- Icke-interagerande UEG: Fermi-Dirac-fördelning, kemisk potential, ideal Lindhard-täthetsrespons, gränser för lång och kort våglängd, gränser för hög och låg frekvens, icke-interagerande DSF, icke-interagerande SSF, icke-interagerande RDF, icke-interagerande ITCF, utvidgningar med låg dimensionalitet.
- Självkonsistent dielektrisk formalism: Lokala fältkorrigeringar (statiska eller dynamiska), byggstenar i den dielektriska formalismen, slumpmässig fasapproximation (RPA), Singwi-Tosi-Land-Sjolander-schema (STLS), Vashishta-Singwi-schema (VS), faltningsapproximation (CA), hypernetted-chain-baserat schema (HNC), integralekvationsbaserat schema (IET), kvant-STLS-schema (qSTLS) och kvant-HNC/IET-scheman (qHNC/qIET).
- Andra formalismer: Dharmawardana-Perrots klassiska avbildningsmetod, Dufty-Duttas klassiska avbildningsmetod, summeregelmeter, kontinuerade fraktionsmetoder, kvantkinetisk teori och kollisionintegraler, kvanthydrodynamik.

Examination

- INL1 - Linjär responsteori, 1,5 hp, betygsskala: P, F
- INL2 - Likformig elektrongas, 1,5 hp, betygsskala: P, F
- INL3 - Dielektrisk formalism, 2,0 hp, betygsskala: P, F

- SEM1 - Seminarier om kvantplasma, 3,0 hp, betygsskala: P, F

Examinator beslutar, baserat på rekommendation från KTH:s handläggare av stöd till studenter med funktionsnedsättning, om eventuell anpassad examination för studenter med dokumenterad, varaktig funktionsnedsättning.

Examinator får medge annan examinationsform vid omexamination av enskilda studenter. När kurs inte längre ges har student möjlighet att examineras under ytterligare två läsår.

Seminarpresentationer (3hp)

- Individuellt eller i grupper om två (studentens val).
- Kamratbedömning.

Hemuppgifter (5hp)

- Teoretiska och numeriska uppgifter.
- Individuellt arbete och grupparbete.
- Lösningar diskuteras med läraren.

Etiskt förhållningssätt

- Vid grupparbete har alla i gruppen ansvar för gruppens arbete.
- Vid examination ska varje student ärligt redovisa hjälp som erhållits och källor som använts.
- Vid muntlig examination ska varje student kunna redogöra för hela uppgiften och hela lösningen.