



FAKULTETEN FÖR HÄLSA, NATUR- OCH TEKNIKVETENSKAP
FYSIK

Kvant-mångkroppsfysik - från sammanflätning till emergens

*Quantum many-body physics - from
entanglement to emergence*

Kurskod: FYAD25

Högskolepoäng: 7.5

Utbildningsnivå: Avancerad nivå

*Successiv fördjupning: Avancerad nivå, har endast kurs/er på grundnivå
som förkunskapskrav (A1N)*

Huvudområde: TKA (Teknisk fysik), FYA (Fysik)

Fastställd av

Utbildningsutskottet vid fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap,
2026-09-02

Giltig från och med

Vårtermin 2027

Behörighetskrav

Fysik 90 hp, inkluderande Kvantfysik I 7,5 hp och Fasta tillståndets fysik 7,5 hp. Matematik 45 hp, inkluderande Linjär algebra 7,5 hp och Analys och geometri 7,5 hp. Gymnasiets Engelska 6 alternativt Engelska, nivå 2. Motsvarandebedömning kan göras.

Lärandemål

Kursen syftar till att de studerande ska tillägna sig såväl grundläggande som fördjupade kunskaper om strukturer och metoder i kvant-mångkroppsfysik.

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

1. redogöra för kvantfältens emergens och kollektiva egenskaper i problemställningar i kvantmekaniska mångkroppssystem,
2. använda andrakvantisering, koherenta tillstånd och Green-funktioner för att lösa problemställningar i mångkroppsfysik,
3. redogöra för linjär-respons-teori och härleda Drude-formeln för elektrisk ledningsförmåga,
4. förklara hur Landau-kvasipartiklar och kollektiva moder uppkommer i fermivätskor och argumentera för deras stabilitet eller brist på stabilitet,
5. redogöra för grundläggande fenomenologi hos supravätskor och supraledare: tillämpa BCS-teorins paradigmer, spontant symmetribrott, Higgs-mekanismen och kirala parbildning,
6. förklara grunderna i fraktionalisering och kvant-topologisk ordning; ge översikt av de centrala teoretiska angreppsmetoderna för kvantspinnvätskor samt
7. använda numeriska metoder för att lösa mångkroppssystem.

Innehåll

- Introduktion till problemställningar i kvant-mångkroppsfysik: emergens och kollektiva egenskaper, andrakvantisering, kvantstatistik från andrakvantisering.

- Linjär-respons-teori: respons-funktioner, klassisk Drude-formel för ledning, beräkningar av elektromagnetisk linjär respons i kvantfysik, f-sum-regeln.

- Spinnkedjor: Jordan-Wigner-transformation, XXZ, Heisenberg och Ising-modeller.

- Fermivätske-teori: fermivätskans grundtillstånd, kvasipartiklar och deras stabilitet, kollektiva moder, Landau-dämpning, ickefermivätskor, Green-funktioner och självenergi.

- Supravätskor och supraledare: fysiska egenskaper hos supravätskor och supraledare, BCS-teori, spontant symmetribrott och fasstyvhet, virvlar, Higgs-mekanismen i supraledare, boson-virvel-dualitet i två dimensioner, kirala supravätskor och supraledare.

- Kvantspinnvätskor och fraktionalisering: kvant-Ising-modellen, kvant-antiferromagnetisk ordning kontra resonansvalensbindnings-tillstånd,

emergenta gaugefält och kvantspinnvätskor, Ising-gaugeteori, torisk-kod-modellen, fraktionaliserade exciteringar och strängar, kvantsammanflätning på långa avstånd och topologisk ordning.

- Numeriska metoder: tensorsätverk, neurala nätverks kvanttillstånd.

Kurslitteratur och övriga läromedel

Se separat dokument.

Examination

Examinationen sker i form av muntliga presentationer och individuella inlämningsuppgifter.

Om studenten har ett beslut från Karlstads universitet om riktat pedagogiskt stöd på grund av dokumenterad funktionsnedsättning har examinator rätt att ge studenten en anpassad examination eller att låta studenten genomföra examinationen på ett alternativt sätt.

Betyg

Kursen bedöms enligt betygsskalan Mycket väl godkänd (5), Väl godkänd (4), Godkänd (3) eller Underkänd (U).

Kvalitetsuppföljning

Under och efter kursen sker en uppföljning av måluppfyllelse och förutsättningar för lärande i kursen. Dess främsta syfte är att bidra till förbättringar. Studenternas erfarenheter och synpunkter är ett av underlagen för granskningen, och inhämtas i enlighet med gällande regelverk. Studenterna informeras om resultaten och eventuella beslut om åtgärder.

Kursbevis

Kursbevis utfärdas på begäran.

Övrigt

Gällande regler för utbildning på grundnivå och avancerad nivå vid Karlstads universitet reglerar studenters och anställdas skyldigheter och rättigheter.