



# INSTITUTIONEN FÖR FYSIK

## FYP330 Fasta tillståndets fysik, 7,5 högskolepoäng

Solid State Physics, 7.5 credits

*Grundnivå / First Cycle*

---

### Fastställande

Kursplanen är fastställd av Institutionen för fysik 2017-08-08 och senast reviderad 2023-06-07. Den reviderade kursplanen gäller från och med 2023-08-28, höstterminen 2023.

*Utbildningsområde:* Naturvetenskapligt 100 %

*Ansvarig institution:* Institutionen för fysik

### Inplacering

Kursen ingår i Fysik, kandidatprogram och ges även som fristående kurs.

Fördjupningskurs inom huvudämnet fysik.

Kursen kan ingå i följande program: 1) Fysik, kandidatprogram (N1FY5)

#### *Huvudområde*

Fysik

#### *Fördjupning*

G2F, Grundnivå, har minst 60 hp kurs/er på grundnivå som förkunskapskrav

### Förkunskapskrav

För tillträde till kursen krävs genomgångna kurser från de fyra första terminerna på Fysik, kandidatprogram, eller att motsvarande kunskaper inhämtats på annat sätt.

### Lärandemål

Efter att ha genomgått kursen Fasta tillståndets fysik förväntas studenten kunna:

#### *Kunskap och förståelse*

- beskriva och förklara begreppen kristallstruktur och enhetsceller, reciproka gitter, Brillouin-zoner och andra relevanta parametrar, samt hur de kan bestämmas

experimentellt

- förklara den principiella skillnaden mellan röntgen-, neutron- och elektrondiffraktion
- förklara vibrationsmoder i kristaller med hjälp av en modell med fjädrar och kulor, kvantisering av vibrationsmoder, samt hur de bidrar till värmekapaciteten
- kunna förklara skillnaden mellan akustiska och optiska fononer
- beskriva de grundläggande aspekterna av den fria elektrongasen och bandstrukturen hos kristaller i ett svagt periodiskt potentialfält, villkor för halvledare och relaterade aspekter som elektroner/hål och deras effektiva massa
- förklara begreppen Fermi-sfär, Fermi-yta, Fermi-vågvektor, Fermi-energi och Fermi-temperatur
- beskriva hur Fermi-ytan är relaterad till bandstrukturen
- beskriva effekten av elektromagnetiska fält genom Drude-modellen för komplex ledningsförmåga och hur detta är relaterat till likströmsledningsförmåga, reflektivitet, brytningsindex och plasmaoscillationer
- kunna ge en enkel förklaring till färgen hos olika metaller
- beskriva, grundläggande, skillnaden mellan metaller och halvledare/isolatorer med hjälp av bandstrukturen
- förklara betydelsen av Blochs teorem för elektroner i ett periodiskt potentialfält
- beskriva den grundläggande fysiken hos en halvledare, med direkt eller indirekt bandgap, intrinsisk eller dopad
- förklara begreppen ledningsband och valensband, samt förklara beskrivningen av elektronerna i valensbandet i form av hål, effektiv bandmassa, och mobilitet, samt det exponentiella temperaturberoendet hos ledningsförmågan
- beskriva Hall-effekten och hur den är relaterad till typen av laddningsbärare
- ge en kort översikt över olika experimentella metoder för materialkaraktärisering, vilka studenterna kommer att bli bekanta med i kursens laborationer

#### *Färdigheter och förmåga*

- matematiskt beskriva och definiera en kristaller, primitiva enhetsceller och Wigner-Seitz-celler i olika kristallstrukturer
- definiera plan i kristallstrukturer och deras motsvarande Miller-index
- bestämma och beräkna gitterparametrar för kristallstrukturer, samt beskriva hur de kan bestämmas genom diffraktion
- beräkna det reciproka gittret för en kristall
- beräkna strukturfaktorn för olika typer av strukturer
- beräkna vibrationsmoder i kristaller med hjälp av den enkla fjäder-kulmodellen
- beräkna grundläggande egenskaper hos den fria elektrongasen via Fermi-Dirac fördelningen för en partikel i låda, eller med periodiska randvillkor
- beräkna tillståndstätheter beroende på energispektra och dimension
- härleda bandstrukturen i ett svagt periodiskt potentialfält med hjälp av den tomma

- gittermodellen och använda tight-binding-modellen för enkla gitter
- beräkna kemisk potential och elektron/håltäthet för intrinsiska eller dopade halvledare
- använda rörelseekvationen för en Bloch-elektron och kunna relatera resultatet till begreppet effektiv massa
- kvalitativt härleda Fermi-ytan för ett svagt periodiskt potentialfält

#### *Värderingsförmåga och förhållningssätt*

- ha nått insikt i hur likartade förenklade modeller och konceptuella begrepp kan tillämpas på till synes olika fenomen (elektroner, hål, bandstruktur, fononer, elementära excitationer, kvasipartiklar...)
- ha insett nyttan och nödvändigheten av en komplementär beskrivning av system och excitationer i transformplanet (frekvens, vågvektor).

### **Innehåll**

Kursen ger en översikt av fasta ämnens struktur och fysikaliska egenskaper, de experimentella metoder som utnyttjas för att kartlägga dessa och hur egenskaperna förklaras utgående från teoretiska modeller på en mikroskopisk nivå.

Inledningsvis beskrivs hur atomer är ordnade i rummet i kristallina ämnen och hur ordningen kan bestämmas via diffraktion av infallande strålning (röntgenljus, elektroner, neutroner) eller via direkt avbildande metoder. Vid beskrivningen av diffraktion introduceras det reciproka gittret, som är ett väsentligt begrepp för förståelsen av de flesta av kristallina ämnens egenskaper.

Därefter behandlas vibrationsvågor och termiska egenskaper som härrör från dessa.

Kursen fortsätter med att behandla elektroniska egenskaper utgående först från frielektronmodellen och därefter utgående från en beskrivning av en elektron i en periodisk potential, varvid bandstruktur och energigap introduceras. En viktig tillämpning är på intrinsiska och dopade halvledare.

#### *Delkurser*

- 1. Fasta tillståndets fysik** (*Solid State Physics*), 4,5 hp  
Betygsskala: Väl godkänd (VG), Godkänd (G) och Underkänd (U)
- 2. Laborationer** (*Laboratory sessions*), 1,5 hp  
Betygsskala: Godkänd (G) och Underkänd (U)
- 3. Projekt** (*Project*), 1,5 hp  
Betygsskala: Godkänd (G) och Underkänd (U)

### **Former för undervisning**

**Delkurs 1:** Delkursen omfattar föreläsningar, räkneövningar, OpenTA-uppgifter, en

dugga och en skriftlig tentamen. Föreläsningarna belyser de viktigaste aspekterna av fasta tillståndets fysik och omfattar exempel på hur kunskapen tillämpas i olika sammanhang. Räkneövningarna ger ytterligare exempel. OpenTA-uppgifterna stöttar arbetet med en kontinuerlig inlärnin under kursen och duggan ger en avstämning ungefär halvvägs genom kursen. Uppgifterna på duggan är representativa för uppgifterna rörande den första hälften av kursen på den skriftliga tentamen.

**Delkurs 2:** Delkursen omfattar fyra obligatoriska laborationer. Laborationerna ger praktisk erfarenhet av analysmetoder för bestämning av materialstruktur och egenskaper.

**Delkurs 3:** Fördjupande projektuppgift.

*Undervisningsspråk: svenska*

### Former för bedömning

**Delkurs 1:** Kursen avslutas med en skriftlig tentamen bestående av problemlösning samt beskrivande uppgifter. I kursen ingår en frivillig dugga och digitala inlämningsuppgifter som ger bonuspoäng till tentamen (betygsskala: U, G, VG).

**Delkurs 2:** För betyg Godkänd (G) krävs aktivt deltagande vid samtliga laborationstillfällen. Aktivt deltagande bedöms på individuell basis av ansvarig lärare vid laborationstillfällena (betygsskala: U, G).

**Delkurs 3:** Muntlig och/eller skriftlig projektredovisning (betygsskala: U, G).

### Betyg

På kursen ges något av betygen Väl godkänd (VG), Godkänd (G) och Underkänd (U). För betyget Godkänd på hel kurs krävs betyget Godkänd på Delkurs 1, Delkurs 2 och Delkurs 3. För betyget Väl godkänd på hel kurs krävs Väl godkänd på Delkurs 1, Godkänd på Delkurs 2 och Godkänd Delkurs 3.

### Kursvärdering

Efter avslutad kurs ska en kursvärdering ske där alla deltagande studenter ges möjlighet till anonym återkoppling via kursenkät. Kursansvarig ska tillsammans med studentrepresentanter gå igenom enkätsvaren och mötesanteckningar ska tillgängliggöras via universitetets lärplattform.