



Kurs-PM Materialfysik MH1026 V23, 6hp

Kursansvarig: Valter Ström 073 732 3839

valter@kth.se

Kursinnehåll

Kursen behandlar elektroniska egenskaper hos material och vad detta leder till med avseende på växelverkan med elektricitet och elektromagnetisk vågrörelse.

Första halvan har klassisk fysik som utgångspunkt och räcker förvånansvärt långt, men avslöjar sig ändå på ett tidigt stadium att den är otillräcklig. I kursens andra halva introduceras elementär kvantmekanik. Då kan vi lösa en del mysterier och tillsammans med resultat från Statistisk Mekanik kan vi skapa en avsevärt bättre beskrivning av hur materialen fungerar.

- Elektrisk transportström och elektromagnetiska vågor i metaller
- Elektroniska egenskaper i isolatorer
- Magnetiska material och supraledare
- Kvantmekanik och Schrödingerekvationen
- Fria elektronmodellen och bandteori
- Halvledare och pn övergången

För många i programmet blir den här kursen det enda tillfället du kommer i kontakt med fysik ('solid state' light) och hur den förklarar hur 'allt' fungerar. Ett avsnitt i kursanalysen formulerades så här:

'The bottom line: the entire course focus on how the materials work/perform/interacts (with Electromagnetism). We start with classical physics, realize that classical physics is inadequate, go on to quantum physics, understand the Pauli principle, band theory and simple pn junctions in semi conductors. Everything hangs together. That is the very virtue of this course: it is an unbroken succession of intellectual insight with a gradually increasing level of abstraction of the concepts.'

Lärandemål

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

1. Tillämpa givna samband på växelverkan mellan materialens elektroniska egenskaper, elektricitet och elektromagnetisk vågrörelse.
2. Analysera och lösa givna problem med växelverkan mellan materialens elektroniska egenskaper, elektricitet och elektromagnetisk vågrörelse.
3. Sammanställa resultat från utförda experiment till vetenskapliga rapporter.

Kursens pedagogiska upplägg

Föreläsning	13*2h
Räkneövning	7*2h
Laboration (sal)	3h + 4h
Seminarium (föreläs. + räkneö.)	3h

Seminarier à 3h innehåller föreläsning, räkneövning och pepp inför TEN1.

Föreläsningar - Räkneövningar

Det kan inträffa att delar av kursen måste ges via zoom. Detta är en följd av Coronapandemin.

Denna har fått namn: GUIDE för F.

Denna situation gör det också viktigare att du skaffar boken.

Skillnaden mellan F och Ö är inte fundamental. Ibland tar vi till en 'övning' för att illustrera något i en F, och ibland gör vi en F utveckling i en Ö.

Det är värdefullt med eget arbete. Ofta gör undertecknad en paus, och du som student får plötsligt uppgiften att tänka ut något tillsammans med en bänkkompis.

Räkna med att du ska ha din gamla bok i Elektromagnetism och vågrörelse tillgänglig.

Inlämningsuppgifter - obligatorisk

Inför varje Räkneövningstillfälle finns en Inlämningsuppgift via Canvas, totalt 7st. Den är inte särskilt svår, men om du lämnar in innan respektive Räkneövningstillfälle får du snabb feedback, vilket är mycket värdefullt om din inlämning inte är korrekt. Det är inte obligatoriskt att lämna in innan motsvarande Räkneövningstillfälle men rekommenderas varmt. Du måste i vilket fall lämna in dessa inlämningsuppgifter innan TEN 15 mars 2022 för att få skriva TEN, så riskera inget genom att lämna in för sent!

På Räkneövningstillfällena går vi igenom Inlämningsuppgiften, och räknar fler problem.

Dessa inlämningsuppgifter är uppskattade och leder till bättre kontinuerliga studier.

Laborationer - obligatorisk

Av dokumentet Labschema och grupper framgår när du ska labba och vilka medlaboranterna är. Den ena laborationen handlar om mätning av ström och spänning i 'Ohmska' material, ickelinjära material och likriktande dioder. Denna laboration kallas IV, vilket står för 'current – voltage'. Den andra laborationen rör mätning av magnetiska material med en sk Vibrating Sample Magnetometer (VSM).

Innan labben ska du läsa labbinstruktionen. Du ska också göra en förberedelseuppgift.

Laborationsrapporter - obligatorisk

Efter labben ska du sända in – via Canvas - en individuell labbrapport för varje laboration. Om rapporten inte är OK, får du kommentarer på det som ska förbättras.

Dead line för labbrapporterna är samma som för Inlämningsuppgifterna: innan TEN 18 mars 2021.

Det är 18 dygn mellan sista laborationen och TEN, vilket ger utrymme för att skriva rapporterna och marginal för eventuell komplettering.

Laborationsrapporterna kräver mycket arbete. Börja därför i god tid innan det är dags för TEN plugg. Planera in rapportskrivande redan i kursens inledning. Var också noga med att göra den bra, och lägg möda på att få figurerna informativa.

Viktigt: godkända labbrapporter räknas som 1P för Mål 2 vid TEN. Detta innebär att med godkänd labb räcker det med 3P på Mål 1 för betyg E.

Kopplingar till examensmål

Kursen bidrar till och värderar kunskap och färdigheter om material (se inledningen), och hur man kan konstruera modeller som ofta ger en bra verklighetsbeskrivning.

Laborationsmomentet innebär träning och värdering av experimentellt arbete och skriftlig presentation av detta.

Undervisningsspråk

- svenska - kunskaper i svenska krävs, undervisningsspråk och kursinformation är huvudsakligen svenska, kurslitteratur på svenska eller engelska, examination på svenska; engelsk terminologi kan dock tas upp och övas i kursen

Kurslitteratur och förberedelser

Särskild behörighet *

SK1117 Elektromagnetism och vågrörelselära, eller motsvarande.

Rekommenderade förkunskaper

Förkunskaper i matematik, mekanik och fysik behövs.

Repetera vad du lärt dig i Elektromagnetism och vågrörelselärakursen.

Se över dina kunskaper i matematik: en- och flervariabel, differentkvationer, vektoralgebra, komplexa tal.

Se över vad du lärt dig i mekaniken.

Kurslitteratur

‘Electronic properties of engineering materials’ av James D Livingston, Wiley, ISBN 0-471-31627-X

Er gamla bok i Fysikkursen (Elektromagnetism och vågrörelselära). Ta fram den!!

Läsanvisningar

Kalendern (via Ical-länken <https://www.kth.se/social/course/MH1026/calendar/ical/?lang=sv>) ger alla viktiga tidpunkter och vad som behandlas.

På canvas finns allt:

- *detta KursPM
- *labbschema
- *inlämningsuppgifterna
- *rekommenderade tal ur boken, med facit till alla problem och lösningsförslag till många
- *formelsamling
- *alla föreläsninganteckningar
- * GUIDE till F-anteckningarna
- *viktiga ‘specialare’; tex om komplexa tal
- *conceptfrågor vi behandlar
- *alla gamla tidigare TEN
- *labbinstruktioner och vad labbrapporten ska innehålla
- *förberedelseuppgifterna innan labb
- *extramaterial

Dessa kapitel ur boken behandlas:

Ch1 Conductors and Resistors

- visa att Ohm’s lag följer av $\mathbf{J}=\sigma\mathbf{E}$
- numeriskt använda $\mathbf{J}=\sigma\mathbf{E}$ (Ohm’s lag) i enkla geometrier
- härleda Hall effekten från uttrycket för Lorentzkraften
- kunna härleda att mobiliteten är den *material*egenskap som avgör hur bra ett material är för tillämpning som Hallelement
- kunna förklara vilka förutsättningar som gäller för Drudes’ teori

Ch2-4 Windows, Doors (elektromagnetiska vågor i material, polarisering i isolatorer, optiska egenskaper)

- kunna berätta i ord vad begreppet 'skin-depth' och plasmafrekvens betyder och kunna räkna på problem
- kunna identifiera de kraftkomponenter som finns på en laddad partikel (elektron eller jon) i en metall och i en isolator i ett elektriskt växelfält
- kunna härleda sambandet mellan relativt brytningsindex och relativ elektrisk dielektricitetskonstant

Ch5-6 Magnetiska material, magnetism och Supraledare

- kunna rita 2D hur \mathbf{B} , \mathbf{H} , och \mathbf{M} ser ut för dia-, para-, ferromagnetiska material och supraledare.
- kunna kalkylera mättnadsmagnetisering i termer av mätbara storheter med utgångspunkt från mikroskopiska materialdata och vice versa
- kunna härleda och använda begreppet demagnetiseringseffekt
- kunna beskriva och i ett M vs H diagram rita hur ett ferromagnetiskt material ser ut
- kunna beskriva och i ett M vs H diagram rita hur en supraledare ser ut, både för TYP1 och TYP2

Kunna ge exempel på och beskriva varför klassisk mekanik måste överges

Ch8 Light Particle, Electron Waves, Schrödingerekvationen

- kunna beräkna relationen mellan våglängd och energi för en elektron en foton och en neutron
- kunna lösa Schrödingerekvationen i 'particle-in-box', tunnling och reflektion (Ni experimentet)

Ch12 Free Electron Waves in Metals

- kunna förklara vilka förutsättningar som gäller när man vill kalkylera 'ground state' i Fria Elektronmodellen
- svara på frågor om Fermivå, 'density of states' och Pauliprincipen
- kunna beräkna vilka skillnader som uppstår relativt klassisk mekanik för värmekapacitet

Ch13-14 Nearly-Free Electrons – Bands, Gaps, Holes and Zones, Metals-Isolators, Colors

- kunna förklara vad som inträffar med en elektronvåg i en periodisk potential och konsekvensen för sambandet mellan k vektorn och energin (Nästan Fria Elektronmodellen)
- kunna förklara vilka förutsättningar som krävs för att erhålla en isolator med avseende på energibandstruktur
- kunna förklara innebörden av hål i metaller, och vilka förutsättningar som krävs för detta

Ch15 Semiconductors

- kunna förklara vad intrinsiska och extrinsiska halvledare är
- kunna förklara mekanismen bakom, och räkna på, färg i material med bandgap
- kunna rita diagram som illustrerar energinivåer för valens-, ledningsband och dopnivåer
- kunna räkna på samband mellan konduktivitet, dopning och mobilitet vid olika temperatur

Ch16 LEDs, Photodetectors, Solar Cells (pn junctions)

- kunna analysera samband mellan laddningkoncentration, storlek och elektriskt fält i rymdladdningsområdet
- kunna rita energinivådiagram för likriktande diod, fotodiod och lysdiod
- kunna ange hur ett IV (dvs ström-spänning) diagram ser ut för likriktande diod, fotodiod och lysdiod i olika tillstånd

Funktionsnedsättning

Om du har en funktionsnedsättning kan du få stöd via Funka:

<https://www.kth.se/student/studentliv/funktionsnedsattning>

Informera dessutom kursledaren om du har särskilda behov. Visa då upp intyg från Funka.

Examination och slutförande

Betygsskala *

A-F

Examination *

TEN1

Övriga krav för slutförande *

LAB1 P

Examinator

Anders Eliasson, Levente Vitos

Betygskriterier

TEN1 (4.5p)

TEN1 examinerar Mål 1 och Mål 2, och består av 4 st uppgifter vardera för de två målen.

Med utgångspunkt från givna förutsättningar skall studenten bestämma ett resultat (numeriskt värde, principskiss eller teoretiskt resonemang).

Uppgifter för Mål 1 berör ett specifikt avsnitt från kursen. Uppgifter för Mål 2 kan beröra flera avsnitt och är mer avancerade. Då labmomentet delvis omfattar Mål 2, räknas godkänt labbmoment som 1P på Mål 2.

Varje uppgift blir godkänd (P) eller ej godkänd (F). Kriteriet för P är fullständigt löst uppgift, ehuru enstaka avvikelser kan accepteras som tex uppenbara slarvfel.

Betyg Fx ges om bara ett av målen uppnås och att man är högst en P från betyg E för det andra målet. För E krävs för Mål 1 (3P) och för Mål 2 (1P). Komplettering sker på det mål som ej uppnåddes. Detta betyder att man efter komplettering kan få högre betyg än E. Observera dock att med bara ingen eller 1P för Mål 1, blir betyget F (ingen möjlighet att komplettera).

Betyg på TEN1 ges av följande sammanvägning:

Betyg	Mål 1 (4 st P/F)	Mål 2 (4 st P/F)
F	< 2 P	
	< 3 P	
Fx	2 P	>0 P
	> 2 P	0 P
E	3 P	1 P
D	3 P	2 P
C	3 P	3 P
B	4 P	3 P
	3 P	4 P
A	4 P	4 P

LAB1 (1.5p)

LAB1 examinerar Mål 3. Kriterierna för Mål 3 består av:

1. Deltagande vid anvisade laborationer vilket kontrolleras av kursansvarig eller assistent.
2. Godkännande av laborationsrapporter vilket görs av kursansvarig eller assistent.

Bedömningsgrunderna för godkännandena är:

- formalia (stavfel, vem och när utförde laborationen)
- struktur (inledning, utrustning, resultat, analys)
- logik/systematik (förklaringar av förkortningar och metoder i rätt ordning, liknande resultat presenteras tillsammans och på liknande sätt)
- estetik (informativa och lätt läsbara plottar, figurtexter)
- repeterbarhet (det skall vara möjligt att återskapa resultaten, riktiga värden)
- referenser (åtminstone någon referens)

Laborationsrapporterna skall likna en vetenskaplig artikel, men utan krav på nya rön.

Betyg på LAB1 är P/F. F innebär att rapporten måste kompletteras enligt uppmaning av kursansvarig/assistent.

Slutbetyg

Godkänt på kursen kräver minst E på TEN1 och P för LAB1. Slutbetyget är detsamma som för det sammanvägda betyget på TEN1.

Avklarad del av examinationen får tillgodoräknas i kommande kursomgångar.

Man kan plussa.

Om provmomenten ändras kommer övergångsbestämmelser i kursplanen att definiera hur den som har kvar gamla provmoment ska examineras.

När kursen inte längre ges har studenten möjlighet att examineras under ytterligare två läsår.

Lärplattform

Canvas

Kursen ges av

Materialvetenskap ITM

Studentexpedition: <https://www.kth.se/itm/kontakt/studentexpeditioner/itm-skolans-studentexpeditioner-1.916028>

Lärare

Docent Valter Ström, kontaktas lättast via canvas,

tfn 073 732 3839, valter@kth.se

Kursutveckling

Utvärderingen sker med frivillig enkät och ibland med obligatorisk do vid TEN tillfället.

Svarsfrekvensen är låg för frivilliga enkäter. Mycket bättre svarsfrekvens efterlyses.

Utvärderingen ger att laborationsrapporterna upplevs som svåra (många gånger erfordras ett flertal kompletteringar).

Inför kursomgång VT19 har examinationsförfarandet ändrats till målrelaterat. En del i laborationsinstruktionen har också förändrats för att förenkla rapportskrivandet.

Inför VT23 har betygskriterierna ändrats, så att godkänt labmoment räknas som 1P för Mål 2. Detta ger incitament att fullborda labbmomentet innan TEN, och att möjlighet till högre betyg ökar.