

IM2601

Fasta tillståndets fysik, VT 2017

Kursmål

Denna kurs är en introduktionskurs till fasta tillståndets fysik och tar upp de mest centrala begreppen inom det enskilt största forskningsområdet inom modern fysik. Kursen utnyttjar metoder och principer från praktiskt taget alla andra kurser som ingår i den grundläggande teknisk fysikutbildningen på KTH. Efter avslutad kurs förväntas studenterna kunna:

- * Klassifiera verkliga fasta material utifrån grundläggande begrepp som atomarrangemang, mikrostruktur och kristallbinding.
- * Använda kristallina materialens gitterstruktur både i det reella rummet och i det reciproka rummet (k -rummet) samt kunna transformera mellan dessa båda rum.
- * Kunna tillämpa teorin för röntgenspridning i det reciproka rummet för att bestämma gitterstrukturen hos kristallina material samt kunna utnyttja dessa principer vid andra materievågor.
- * Formulera grundläggande modeller för elektronernas och gittervibrationernas (fononernas) inverkan på kristallina materials fysik, kunna utföra beräkningar på dessa modeller samt både kvantitativt och kvalitativt kunna relatera de slutsatser som framkommer av modellerna till experimentellt uppmätta egenskaper hos material.
- * Formulera elektronegenskaper i en periodisk potential, förklara vilka faktorer som påverkar bandstrukturen hos ett kristallint material samt utifrån detta utveckla en kvalitativ förståelse av kopplingen mellan ett materials bandstruktur och dess elektriska/optiska egenskaper.
- * Beräkna några fysikaliska parameterar hos ett halvledande material samt förklara de grundläggande fysikaliska principerna bakom en pn-övergång.
- * Förklara de fysikaliska principerna för olika typer av elektriska och magnetiska fenomen i fasta material (såsom exempelvis paraelektricitet, dielektricitet, ferroelektricitet, supraledning, paramagnetism, diamagnetism, ferromagnetism, antiferromagnetism etc) samt i relevanta fall relatera dessa till makroskopiskt uppmätbara fysikaliska egenskaper.

Omfattning

26 h föreläsning, 16 h övning och 8 h laboration

Kurslitteratur

- Charles Kittel, Introduction to solid state physics, 8th edition, John Wiley & Sons Inc., 2005, ISBN 978-0-471-41526-8 (finns på kårbokhandeln).
- Östen Rapp, 100 lösta problem i fasta tillståndets fysik, KTH, 2013, ISBN 91-7178-229-X (finns att köpa på Fysiks kursexpedition i Albanova).
- Extra övningsuppgifter från institutionen (kan laddas ned från kursens hemsida).
- Laborationsinstruktioner från institutionen (kan laddas ned från kursens hemsida).

Kursboken utgör ett standardverk inom ämnesområdet, men kan upplevas som svårläst. För den som önskar, kan någon av följande böcker användas som bredvidläsningslitteratur.

- S.H. Simon, The Oxford solid state basics, Oxford University Press, ISBN 978-0-19-968077-1 (jämförbar, mer lättläst, saknar dock supraledning)
- J.R. Hook & H.E. Hall, Solid state physics, Wiley, ISBN 0-471-92805-4 (jämförbar, introducerar reciproka gittret på ett sent stadium)
- N. Ashcroft & D. Mermin, Solid state physics, Saunders, ISBN 0-03-083993-9 (bred, lättläst, dock ej uppdaterad sedan 1974)
- M.L. Cohen and S.G. Louie, Fundamentals of condensed matter physics, Cambridge

University Press, ISBN 9787-0-521-51331-9 (någorlunda jämförbar med innehållet i Kittel, lite mera teoretisk, saknar halvledare)
P. Hoffman, Solid state physics, Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-40861-0 (enklare text)

Kursfordringar

Godkänd skriftlig tentamina (4,5 hp)

Examinationen består av två deltentamina, en efter period 3 och en efter period 4. Varje deltentamen har två delar (en teoridel och en räknedel). Betyg på kursen ges baserat på summan av de poäng som erhållits på dessa fyra delar. Det maximala antalet poäng vid betygsättningen är 48 poäng.

Betyg A: Minst 40 poäng

Betyg B: 34-39,5 poäng

Betyg C: 28-33,5 poäng

Betyg D: 25-27,5 poäng

Betyg E: 23-24,5 poäng

Betyg Fx: 21-22,5 poäng

Betyg F: Mindre än 21 poäng

Teoridelen på tentamen är inriktad mot de kunskapsmässiga och teoretiska färdigheterna i kursen (Beta tillåtet hjälpmedel), medan räknedelen är inriktad på de ingenjörsmässiga färdigheterna i kursen (beräkningar) och till räknedelen är även läroboken (Kittel eller motsvarande) ett tillåtet hjälpmedel. Den totala tentamenstiden är 3h30min och byte av delmoment på tentamen får endast göras i tidsintervallet mellan 1h15min och 2h00min efter att tentamen har startat. Komplettering av tentamen för att uppnå betyget E får frivilligt göras av de studenter som fått betyget Fx. Uppgiften består av att självständigt konstruera ett problem av räknekaraktär samt lösa detta problem. Mer detaljerad information delas ut till de studenter som är berörda och finns även på kursens hemsida.

Godkända laborationer (1,5 hp)

För godkännande på laborationerna (3 st) krävs närvaro, godkända laborationer samt egenhändigt skrivna och godkända laborationsrapporter.

Kursinnehåll

Klassificering av fasta material genom atomstruktur, mikrostruktur, atombinding, olika sorters kristallin ordning. Direkta och reciproka gitter. Röntgenanalys och dess användning för att bestämma gitterstrukturen hos ett material. Modeller för elektroner och gittervibrationer (fononer) i kristallina material (speciellt fria elektronmodellen, Debye-modellen, Einstein-modellen). Elektroner i verkliga material, Brillouin-zoner, bandstruktur, Fermiytor. Den grundläggande fysikaliska förståelsen av diverse material och materialegenskaper: metaller, halvledare, isolatorer, dielektrika, ferroelektrika, supraledning, dia-, para-, ferro- och antiferro-magnetism, optiska egenskaper. pn-övergången i halvledarmaterial.

Medverkande

Kursansvarig: Magnus Andersson, magnusan@kth.se

Övningsassistenter: Grupp 1: Viktor Jonsson, vjons@kth.se, annorlunda upplägg

Grupp 2: Mats Göthelid, gothelid@kth.se

Grupp 3: Ilya Sytjugov, [sytygov@kth.se](mailto:sytjugov@kth.se)

Laborationsassistenter: Röntgen: Seyed Amir Hossein Banuazizi, ahba@kth.se

Margareta Linnarsson, marga@kth.se

Supraledning/diod: Alexander Forsman, alfor@kth.se

Administrativ information:

Kursens hemsida är: <https://www.kth.se/social/course/IM2601/>

Anmälan till tentamen är obligatorisk och sker via Mina Sidor.

Anmälan till laborationer och en del andra aktiviteter i kursen sker via Canvas. Du loggar in i Canvas (<https://kth.instructure.com>) via ditt normala KTH-konto. Under kursens gång kommer information att successivt överföras från KTH Social till Canvas.

OBS: För att få tillgång till kursmaterial måste du vara registrerad på årets kursomgång. Årets studenter gör detta på vanligt sätt, medan ni som vill omregistrera er, måste mejla till kursexp@physics.kth.se. Samma mejladress gäller ifall ni har några administrativa frågor kring tentamenstillfällena i kursen.

Föreläsningsschema

Sidhänvisningarna är till 8:e upplagan av Kittel, Introduction to solid state physics och anger det huvudsakliga sidomfånget vid varje föreläsning. Mera detaljerad information med sidhänvisningar för varje kapitel ges under rubriken **Läshänvisningar**.

Fö	Kapitel	Innehåll
1	1	Introduktion, kristallstruktur
2	6	Fria elektroner, elektriska transportegenskaper
3	2	Reciproka gittret, röntgendiffraktion
4	2, 3	Röntgendiffraktion forts, kristallbindning
5	4	Fononer
6	5, 6	Fononer forts, värmekapacitet
7	7, 9	Energiband, zonschema
8	8, 9	Fermiytor, halvledare
9	8, 17	Halvledare forts,
10	10	Supraledning
11	11	Diamagnetism och paramagnetism
12	12, 16	Ferromagnetism och antiferromagnetism, dielektrika
13	20, 21	Mikrostruktur, defekter

Övningar

Observera att på en av övningarna (grupp 1, som leds av Viktor Jonsson) kommer vi att ha ett annorlunda pedagogiskt upplägg. Där förutsätts att ni före övningen har gått igenom uppgifterna i förväg och tittat på lösningsvideon. Under själva övningen kommer han att ha en kort teorigenomgång (som vanligt), följt av en frågestund om övningsuppgifterna och övningsinnehållet. Övrig tid ägnas åt konceptfrågor samt lösning av några extra övningstal.

Övn	Tema	Uppgifter (från utdelade uppgifter samt Rapps bok)
1	Atomstruktur	Räkneövning 1, Rapp 1.1, 1.2, 1.3e, 1.16
2	Fria elektroner, reciproka gittret	Räkneövning 2, Rapp 1.5, 1.9, 1.11, 3.5, 3.11
3	Röntgen	Räkneövning 3, Rapp 1.17, 1.22., 1.23
4	Fononer, värmekapacitet	Räkneövning 4, Rapp 2.5, 2.6, 2.15, 2.18
5	Energiband, halvledare	Räkneövning 5, Rapp 3.17, 3.21, 3.24
6	Halvledare, supraledning	Räkneövning 6, Rapp 4.7, 4.9, 4.10
7	Dia- och paramagnetism	Räkneövning 7, Rapp 4.16, 4.18
8	Ferromagnetism, defekter	Räkneövning 8, Rapp 4.3, 4.19, 4.21

Laborationer

Laborationer sker i vårt kurslaboratorium i Electrumbyggnaden i Kista (Isafjordsgatan 22, hiss B, plan 3). Anmälan till laborationerna är obligatorisk och sker via Canvas, vilket du når via webben (se ovan).

Du ska anmäla dig till två laborationstillfällen. Vid det första tillfället (slutet av februari – början av mars) kommer du att göra en laboration på röntgendiffraktion. Vid det andra tillfället (slutet av april) kommer du att göra två kortare laborationer under ett och samma laborationstillfälle. Dessa båda laborationer behandlar supraledare respektive solceller.

Läshänvisningar:

Nedan följer en mer detaljerad översikt av de delar av Kittel (8:e upplagan) som ingår i kursen. Om inget annat anges, ska materialet genomläsas noga. Material som betecknas som kursivt skall läsas igenom för kännedom om grundläggande begrepp, men behöver inte läras in därutöver.

Kapitel	Läshänvisningar (sidor)
1	2-22
2	24-43
3	48-73 (fram till "Analysis of elastic strain"), 85 (enbart "Summary")
4	90-102
5	106-117 (fram till "General results for $D(\omega)$ ")
6	132-151 (fram till "Umklapp scattering"), 152-156 (fram till "Thermal conductivity of metals").
7	162-182 ("Kronig-Penney model" sid 168-169 och sid 174-176 ingår ej)
8	186-214 (fram till "Thermoelectric effects")
9	222-231
10	258-287 (fram till "Single electron tunneling")
11	298-308 (fram till "Quenching of the orbital angular momentum"), 315-318 ("Paramagnetic susceptibility of conduction electrons" samt "Summary")
12	322-330 (fram till "Magnons"), 336-344 (från och med "Ferrimagnetic order" fram till "Antiferromagnetic magnons"), 346-348 (fram till "Anisotropy energy")
13	Ingår ej
14	394-399 (kursivt)
15	Ingår ej
16	454-457. 467-471 (fram till "Displacive transitions"), 481-483
17	503-513 (kursivt)
18	Ingår ej
19	Ingår ej
20	584-588 (fram till "Diffusion")
21	598-604 (fram till "Burgers vectors"), 607-609
22	Ingår ej