



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

# 530117 MATERIALFYSIK VT 2007

## 1. Introduktion

### 1.1. Introduktion-introduktion





## Praktiska saker

- Webbsida:
  - <http://beam.acclab.helsinki.fi/~knordlun/matfys/>
  - Föreläsningarna kommer dit (minst 5 minuter i förväg)...
- Utförande: 'det normala svenska systemet':
  - 2 mellanförhör, 50% av poängerna
  - Räkneövningarna: 0 - 15% bonuspoäng, minst 1/3 bör vara gjord
  - Sköts med 'kryss-i-rutan'-systemet
  - Slutvitsord (om ej renormalisering): 45%-55% ger 1, ... >85% 5
- 10 sp / 6 sv
  - Gamla systemet laudatur/fortsättnings-studiekurs
  - Nya systemet ämnesstudie-kurs
- Det finska materialet: id 'materiaali' och password '...'



## Tider

- Föreläsning ti 10-12, to 12-14 i Acceleratorlaboratoriet
  - OK?
  
- Räkneövning
  - ?



## Lärobok & material

- Primär lärobok: ***William D. Callister, Jr.: Materials Science and Engineering, An Introduction, (sixth edition)***
- Dessutom kan föreläsninganteckningarna läsas
  - speciellt om man gjort anteckningar i dem(!)
  - **Vissa saker förklaras bara på föreläsningen, antyds i grönt**
- ***Sekundär lärobok: Brian S. Mitchell: Materials Engineering and Science for Chemical and Materials Engineers***
- ***Tertiär lärobok: Kittel: Introduction to Solid State Physics, 7th edition***



# Vetenskapliga tidsskrifter i materialvetenskap

- Kategori 1, citationsindex ~15:
  - Nature Materials
- Kategori 2, citationsindex ~ 7:
  - Advanced Materials (främst för materialkemi), Physical Review Letters = PRL (främst för materialfysik), Nano Letters (nanomaterial)
- Kategori 3, citationsindex 2-4:
  - Applied Physics Letters = APL (materialfysik), Physical Review B = PRB (materialfysik), Journal of Applied Physics = JAP, kemitidsskrifter jag inte känner till
- Halv-populärvetenskapligt:
  - MRS Bulletin



## Översikt av kursplan

■ Se webben för detaljer, men huvudrubrikerna är:

1. Introduktion
2. Materials bindning
3. Materials struktur
4. Kondenserade fasers termodynamik
5. Kinetik
6. Transportprocesser
7. Fasta ämnens mekanik
8. Materials elektriska egenskaper
9. Magnetiska egenskaper
10. Optiska egenskaper

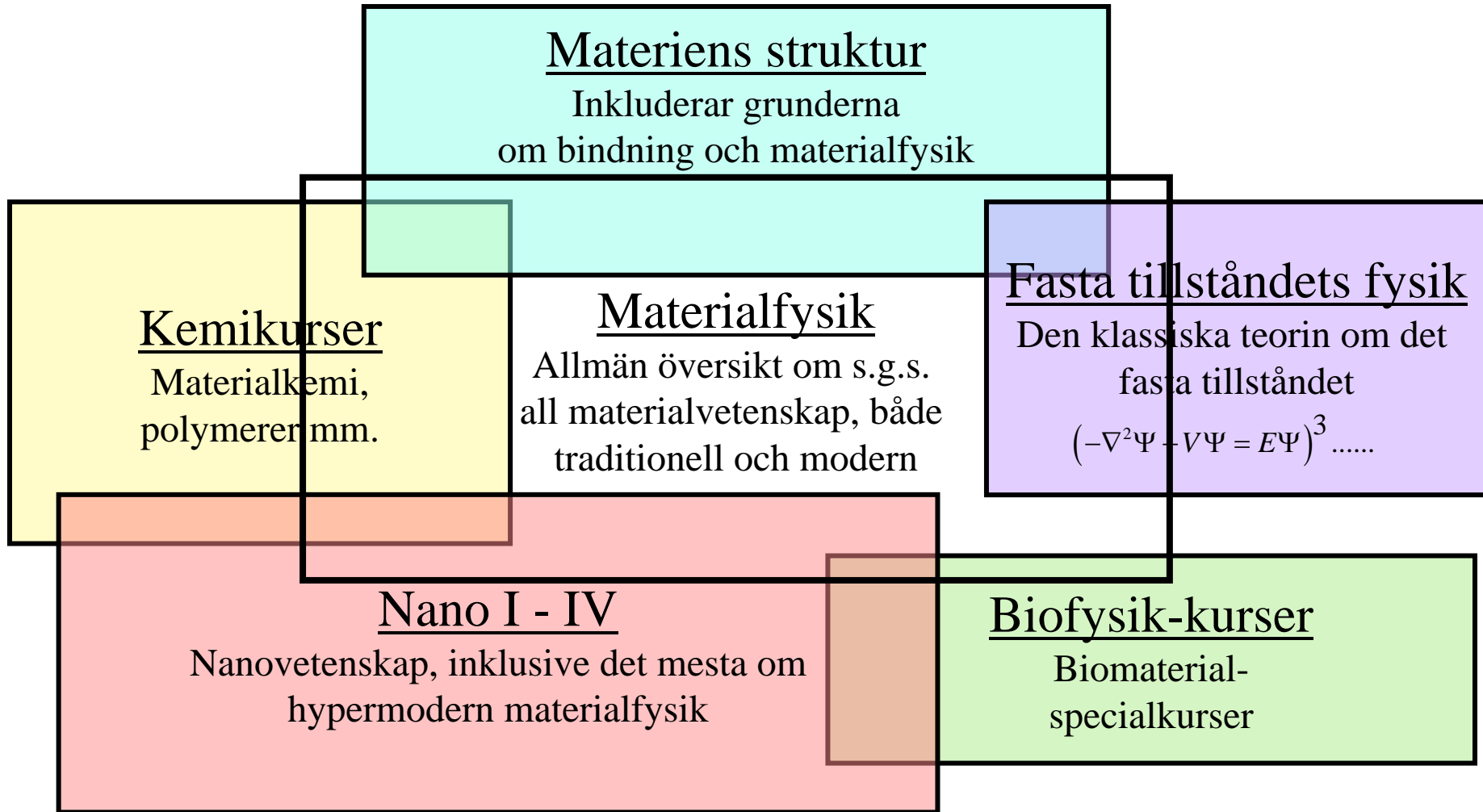


## Substruktur: materialklasser

- Under varje huvudrubrik går materialen igenom i huvudsak i följande ordning:
  1. Metaller
  2. Keramer (inkl. Halvledare)
  3. Nanomaterial
  4. Polymerer
  5. Kompositer
  6. Biomaterial
  
- ... men variationer förekommer beroende på sammanhanget



## Kurssamband (inom Guntäcks kampus)







## Kursens mål

- Ge en översikt över materialvetenskap i dag:
  - Nödvändig grundkunskap och terminologi
    - Härrör sig från den klassiska metallurgin och halvledarfysiken: viktig att kunna tom. för biomaterial!
  - Materialtyper
  - Processeringsmetoder
  - Kinetik
  - Elektriska egenskaper
  - Magnetiska egenskaper
- Icke-matematisk, kvalitativ
  - tom. trivial om man kan saken från förr
- Mycket begrepp
  - Viktig för att kunna läsa vetenskaplig litteratur



# Definitioner

- Materialvetenskap
  - "Materials science"
  - Ses ofta speciellt i USA som en vetenskap i sig
    - 'Department of Materials Science', MRS, EMRS, ....
  - Uppenbara undertyper: materialfysik, materialkemi
    - Men materialfysik+materialkemi < materialvetenskap!
- Denna kurs är materialvetenskap med vinkling mot fysik, därmed namnet
- Fasta tillståndets fysik, kondenserade materians fysik
  - "Solid state physics", "condensed matter physics"
    - Bara fasta ämnen vs. fasta + vätskor



# Historia

- Vetenskaplig forskning kring material började redan på 1800-talet, men främst kring metaller
  - Motiverad av gruvdrift
  - "Department of metallurgy and mining", "vuorilafka"
- Började utvidgas allmänt kring 1950-talet till halvledare, keramer
  - I samma tider började sambandet till fysik, kemi och biologi så småningom (åter)uppträffa
- Så småningom övergick de flesta metallurgi-avdelningar till allmänna materialvetenskapsavdelningar
  - "Department of materials science and engineering"
  - I Finland, TKK nu "Materiaalitekniikan osasto"
- Forskningen rört sig från makromaterial mer och mer till atomnivå
  - Men vid mycket olika takt



## Exempel: indentering vs. nanoindentering

- En klassisk del av materialvetenskap är hårdhetslära

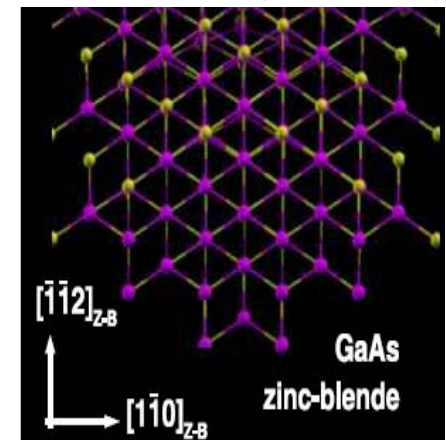
- Grundexperiment: indentering, mät hur djupt en diamant kan tryckas in i ett material som funktion av trycket
- Ger ett hårdhetsmått
- Var länge av s.g.s. inget intresse för fysiker



[www.materials.co.uk/images/vickers.jpg](http://www.materials.co.uk/images/vickers.jpg)

- Men under de senaste ~ 15 åren har en nanoskala-version av samma princip utvecklats

- Kan analyseras och simuleras på atomnivå  
=> fysiker blev tända på det => 10-tals papper i Nature, Science, Phys. Rev. Lett. mm.



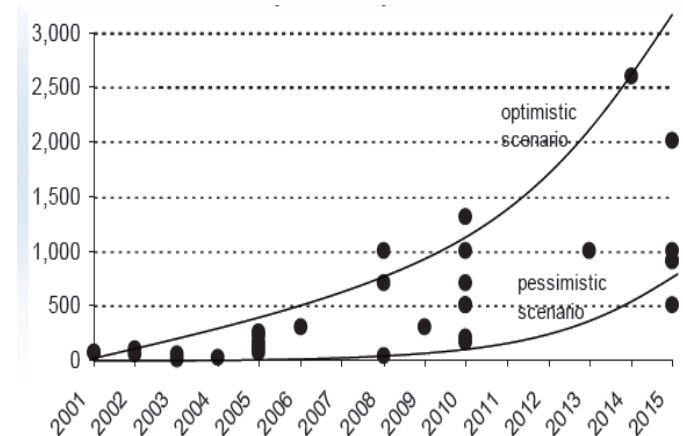


# Industri

## ■ Materialvetenskapen har givetvis en enorm industriell relevans:

- Metallindustri: traditionellt baserad men överraskande avancerad
  - T.ex. Outokumpu Poricopper: nm-metalltrådar med att dra
- Halvledarindustri
  - Baserar sig på forskning gjort s.g.s. helt sedan 1950-talet
- Plast mm. polymerer
  - Enorma framsteg
- Keramiska material
  - Högtemperaturlämpningar som jetmotorer
- Nanomaterial
  - Liten tillsvidare men växer dramatiskt

Nanomarknader enligt Markku Lämsä/TEKES



Sources: 1) Diverse, European Commission, 2006; 2) Lux Research, 2006  
26/08-2008 MITL Copyright © Tekes



## 1.2. Materialklassificering

- Material kan klassificeras på ett otal olika sätt, men några grundtyper är ganska väl definierade
- Klassificering ~ enligt kemisk bindningstyp:
  - Metaller, keramer, polymerer
- Klassificering ~ enligt användningsområde:
  - kompositer, halvledare, biomaterial, smarta material
- Klassificering enligt delstorlek:
  - Bulkmaterial vs. nanomaterial





# Metaller

- Binds samman av så kallad "metallbindning":
  - Har mycket fria elektroner, "fri elektrongas"
  - Atomerna är positivt laddade joner
  - Växelverkan mellan den negativa elektrongasen och de positiva jonerna håller materialet ihop
- Direkt följd av fria elektroner: alltid bra elektrisk ledning och värmeledning
  - Därmed också ogenomskinliga
- I allmänhet mycket starka
- Kan vara grundämnen eller legeringar
- Möjlig källa till konfusion: emellanåt används bra elledningsförmåga som definition på metaller
  - Enligt det är t.ex. vissa kolnanorör metalliska, trots helt annan bindningstyp



# Keramer

- Keramer är oftast kombinationer av metalliska och ickemetalliska grundämnen som bildar starka joniska eller kovalent bindning sinsemellan
  - Oxider, nitrider, karbider
- Nästan alltid en förening (*komponent*) mellan olika grundämnen
  - Dock räknas diamant, kisel och germanium emellanåt som keramer
    - Joo, komponent är svenska [SAOL 12]
- Oftast hårda och sköra material
- Oftast inte elledande
- Exempel: tand, porslin, tegel, cement, glas, YBCO, ...





## Polymer-material

- Består av små kovalent bundna molekyler som är bundna till varandra med kovalenta (och ofta också delvis joniska och väte-) bindningar
  - Helheten är en enda molekyl
- Plaster och gummi
- Relativt låg densitet, ofta flexibla, oftast mjukare än metaller och keramer
- Oftast baserade på organiska material: kol, väte, syre, kväve



# Kompositer

- Blandning mellan olika grundmaterialtyper
  - Har även blandning av egenskaperna
  - Poängen är givetvis att kombinera de goda egenskaperna, t.ex. en kerams hårdhet med en polymers flexibilitet
  - Kan även vara blandning av en enda grundmaterialtyp, t.ex. en typ av metall i en lagerstruktur med en annan
- Storleksskalan för kompositdelarna kan vara vad som helst mellan nanometer- och centimeter-skala
- Exempel: glasfiber, förstärkt betong, ...



# Halvledare

- Material vars elektriska egenskaper är mellan de hos metaller och ickeledare
  - Ledningsförmågan beror starkt på temperaturen, men är 0 vid 0 K
  - Oftast är ledningsförmågan också mycket känslig till orenheter
    - Kan justerad med dem!
  - S.k. bandgapet  $>0$  men  $< 3$  eV
- Kisel, germanium, III-V-kompounds, II-IV-kompounds och mera exotiska compounds
- Gränsen har lite flytit historiskt:
  - T.ex. GaN och ZnO med bandgap på  $\sim 3$  eV brukade inte räknas som halvledare, men räknas nu p.g.a. användning som sådana
- Konfusion: är ofta mekaniskt sett hårda och sköra, kan då också kallas keramer ur den synvinkeln sett



# Biomaterial

- Material som baserar sig på biologiska molekyler och strukturer eller är biokompatibla
  - Material kan vara vid liv!
- Biokompatibel: lösgör inte giftiga ämnen eller orsakar inte biologiska reaktioner
  - Alla materialklasser kan vara biokompatibla, men variationerna kan vara stora inom samma materialklass
    - T.ex. vissa metaller mycket giftiga, andra just inte alls



## Smarta material

- Med smarta ("intelligenta") material avses sådana som på något sätt byter egenskap med avseende på förändringar i sin omgivning
- T.ex. glas som blir mörka i solljus
- Används också ofta för materialsystem, kombinationer av material som har funktionalitet
  - Sensorer: detekterar något
    - Exempel: piezoelektriska kristaller ger en elsignal p.g.a. tryck
  - Aktuatorer: åstadkommer en funktion p.g.a. en signal
    - Exempel: minnesmetaller som återvänder till sin ursprungsform vid upphettning



## Bulkmaterial vs. nanomaterial

- Bulkmaterial, åtminstone metaller, har karakteristiska minsta beståndsdelar av nästan makroskopiska mått och är homogena
  - T.ex. metallkornstorlek 10 – 100  $\mu\text{m}$
- Nanomaterial har per definition minsta beståndsdelar i storleksordningen 1 – 100 nm
  - Dessutom bör det finnas något nyhetsvärde sedan 1980-talet i materialtypen
- Nanomaterial avviker ofta starkt i egenskaper från bulkmaterial p.g.a. närheten till atomnivå och är därför spännande

