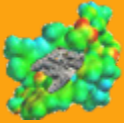




HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI



CMS



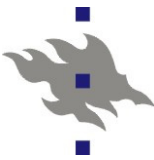
HIP

Nanovetenskap – storleken har betydelse

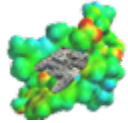
Marie Backman

Institutionen för fysik och Forskningsinstitutet för fysik (HIP)

Helsingfors universitet



Vad är en nanometer?



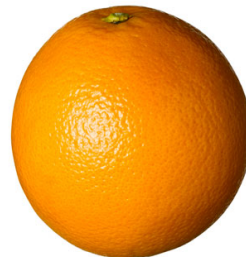
$$1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$



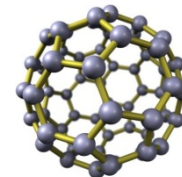
- Ett pappersark är 100 000 nm tjockt
- Din nagel växer en nanometer per sekund
- Bindningar mellan atomer $\sim 0.5 \text{ nm}$



13 000 km



10 cm

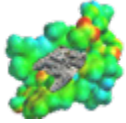


1 nm

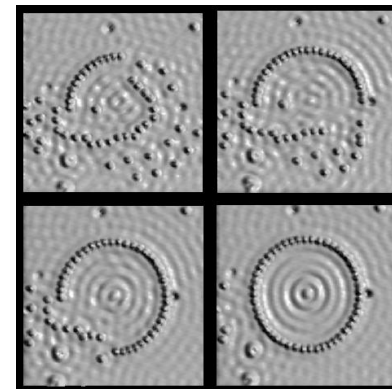
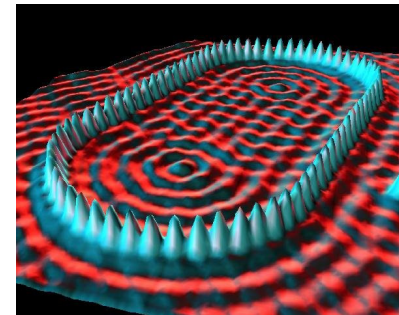
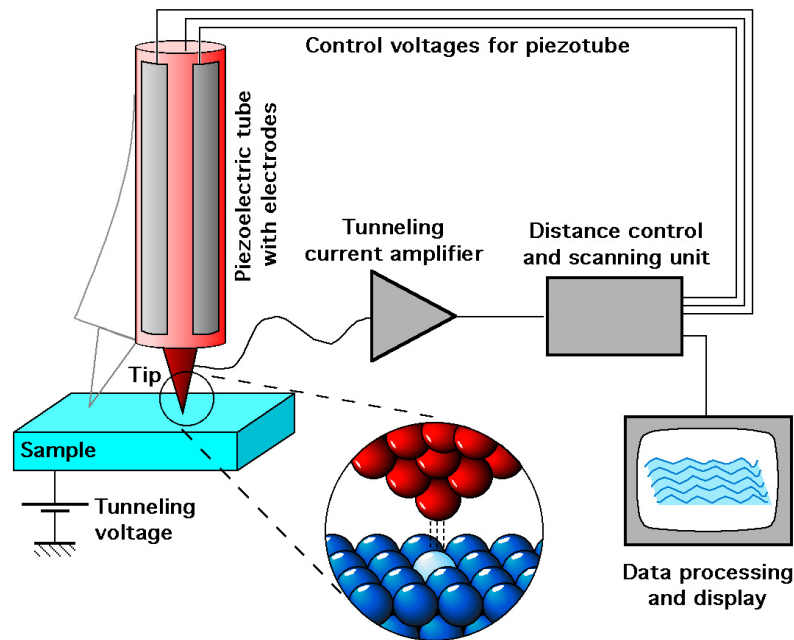
$$\frac{d_{\text{jorden}}}{d_{\text{apelsin}}} \approx \frac{d_{\text{apelsin}}}{d_{\text{fulleren}}}$$

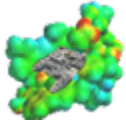


Nanovetenskap



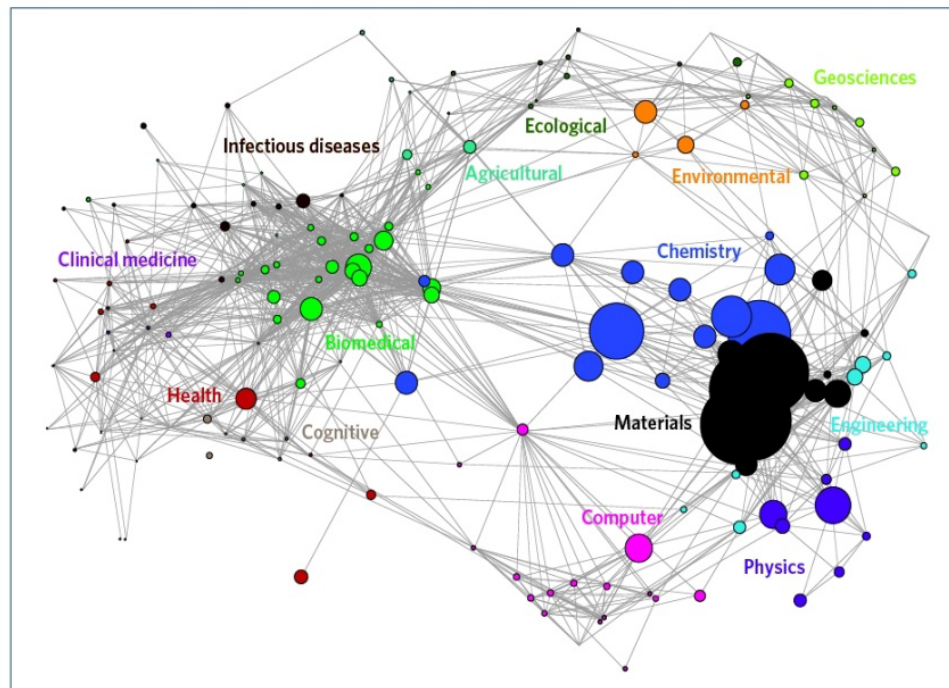
- Synligt ljus: λ cirka 400-750 nm
- 1981 uppfanns sveptunnelmikroskopet (STM)
 - Bilder med (i bästa fall) atomresolution!



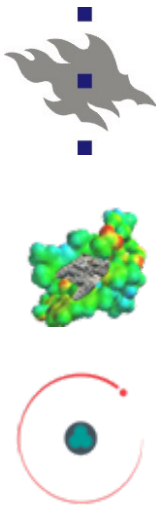


Nanovetenskap

- Where does nanotechnology belong in the map of science? *Nature Nanotechnology* 4, 534 - 536 (2009)



- 572 000 analyserade vetenskapliga artiklar med "nano" i texten



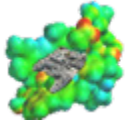
Nanovetenskap

■ <http://lachlan.bluehaze.com.au/nanoshite/index.html>

1. Att få **trivial, ordinär vetenskap** och/eller vilseledande vetenskapliga koncept att framstå som **revolutionerande innovationer** och/eller verka rimliga **genom att använda prefixet 'nano'** någonstans i texten.
2. En **humbugmetod** för att mjölka bidrag ur **lättlurade och enfaldiga vetenskapliga stiftelser** på basen av minimal vetenskaplig substans mot så gott som ingen vetenskaplig motprestation.
3. Vetenskaplig forskning av objekt med **åtminstone en dimension av storleken 1 – 100 nm**. Objekten **kontrolleras** på den här skalan antingen genom tillverkning, modifiering eller analys, och **forskningen är ny i någon aspekt** av studerade material, använda metoder eller studerade frågor. (Kai Nordlund)



Varför nano?

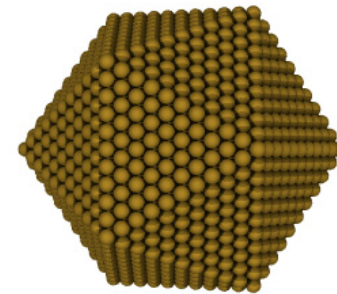


- Ju mindre volym, desto större relativ ytarea!

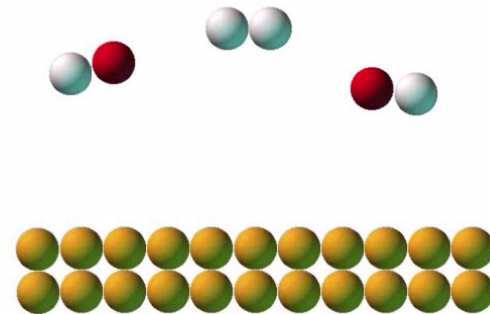
$$A = 4 \pi r^2$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\frac{A}{V} \propto \frac{1}{r}$$

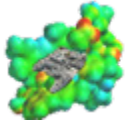


- Ökad katalys en direkt effekt

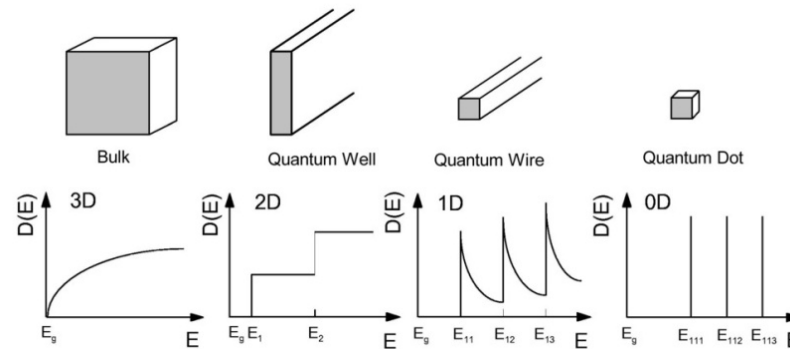




Varför nano?



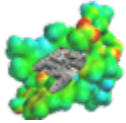
- Liten storlek → kvanteffekter
- Kvantinfångning (quantum confinement) när en halvledarpartikel blir mindre än avståndet mellan exciterad elektron och hål



→ steget mellan enskilda atomer och makroskopiska material!



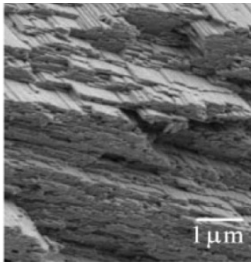
Varför nano?



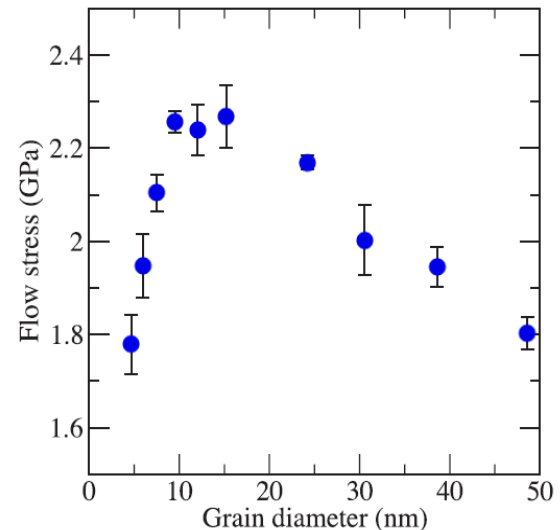
- De hårdaste biologiska materialen (t.ex. tänder och snäckor) är nanokompositer
- Den empiriska Hall-Petch-relationen för sträckgränsen hos ett material med korn av diameter d :

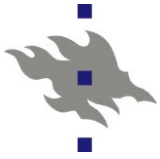
$$\sigma = \frac{P}{A} \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$$

- Vid ungefär 10 nm händer dock det här:

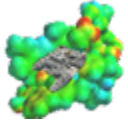


TEM-bild av snäcka



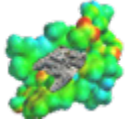


Varför nano?



- Aluminiumnanopartiklar mycket reaktiva med oxiderande ämnen → nanosprängämne!
- Kan spränga cancerceller
- Konspirationsteorier om World Trade Center





Storleken har betydelse

■ Intrinsiska egenskaper:

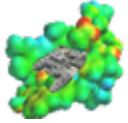
- färg
- temperatur
- densitet
- smältemperatur

■ Extrinsiska egenskaper:

- massa
- volym
- energi



Potenslagar



- Relationer mellan variabler, t.ex. $F=ma \rightarrow F \sim a^1$
- Nanoforskarens dröm är att hitta en relation mellan en egenskap A och storleken på nanopartikeln

Heureka!

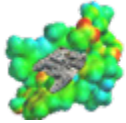


$$A \propto d^p$$

- Oftast inte så enkelt...

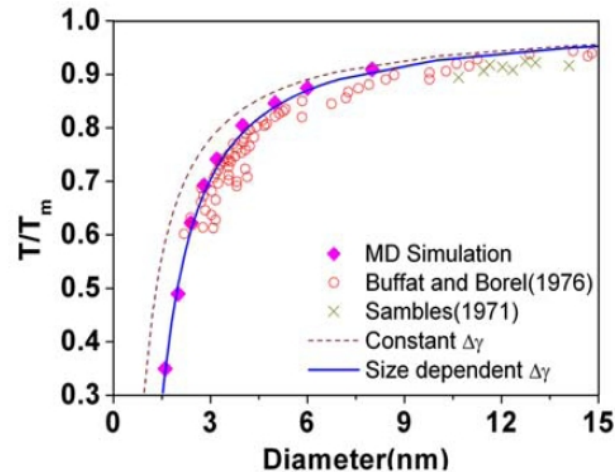


Potenslagar



- Smälttemperaturen hos partiklar (Gibbs-Thomsonrelationen) lägre än hos bulk

$$T_{smält} \propto -\frac{1}{d}$$

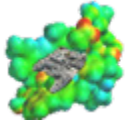


$$\frac{A}{V} \propto \frac{1}{r}$$

- Den största effekten syns på nanometerskala



Potenslagar



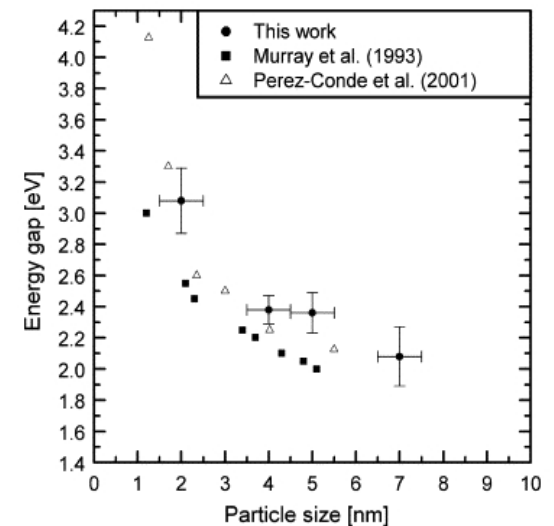
- Hos nanoklustrar av halvledarmaterial (kvantpunkter) är bandgapet beroende av klustrets storlek
- Det finns inte en enkel förklaring till fenomenet, många faktorer spelar in
- Kan användas för biologisk märkning av levande celler



partikelstorlek

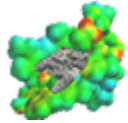
$$E_G \sim \frac{1}{d^2}$$

CdSe kvantpunkter

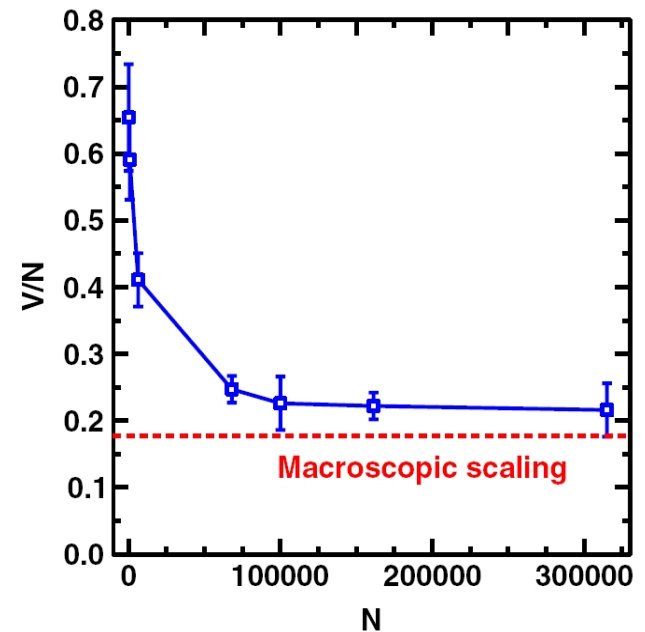
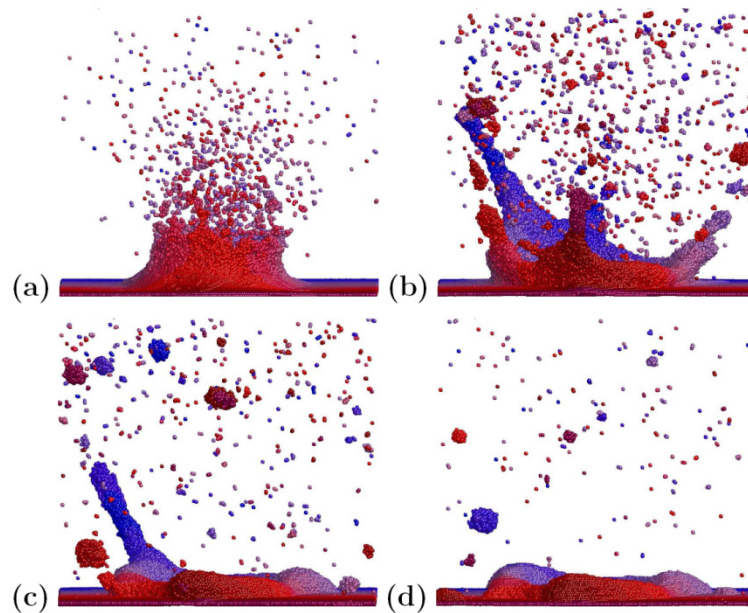




Exempel: Kraterbildning

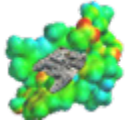


- Simuleringar av klusternedslag visar att gränsen till makroskopiskt beteende går vid ca. 100 000 atomer

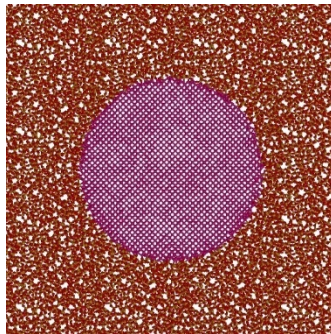




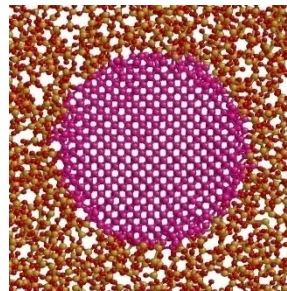
Exempel: Egen forskning Nanokristaller i material



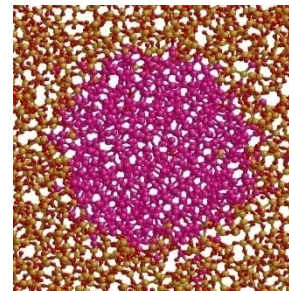
- Nanoklustrar kan ge nya funktioner till ett material
- De kan modifieras med hjälp av jonbestrålning
- Vi har simulerat jonbestrålning av olika storlekar av germanium- och kiselnanokristaller i SiO_2 (glas)



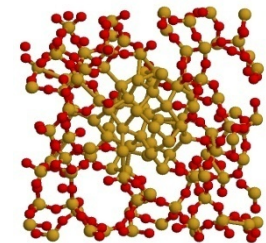
9 nm Ge-nanokristall
~1 million atomer



kristallin



amorf

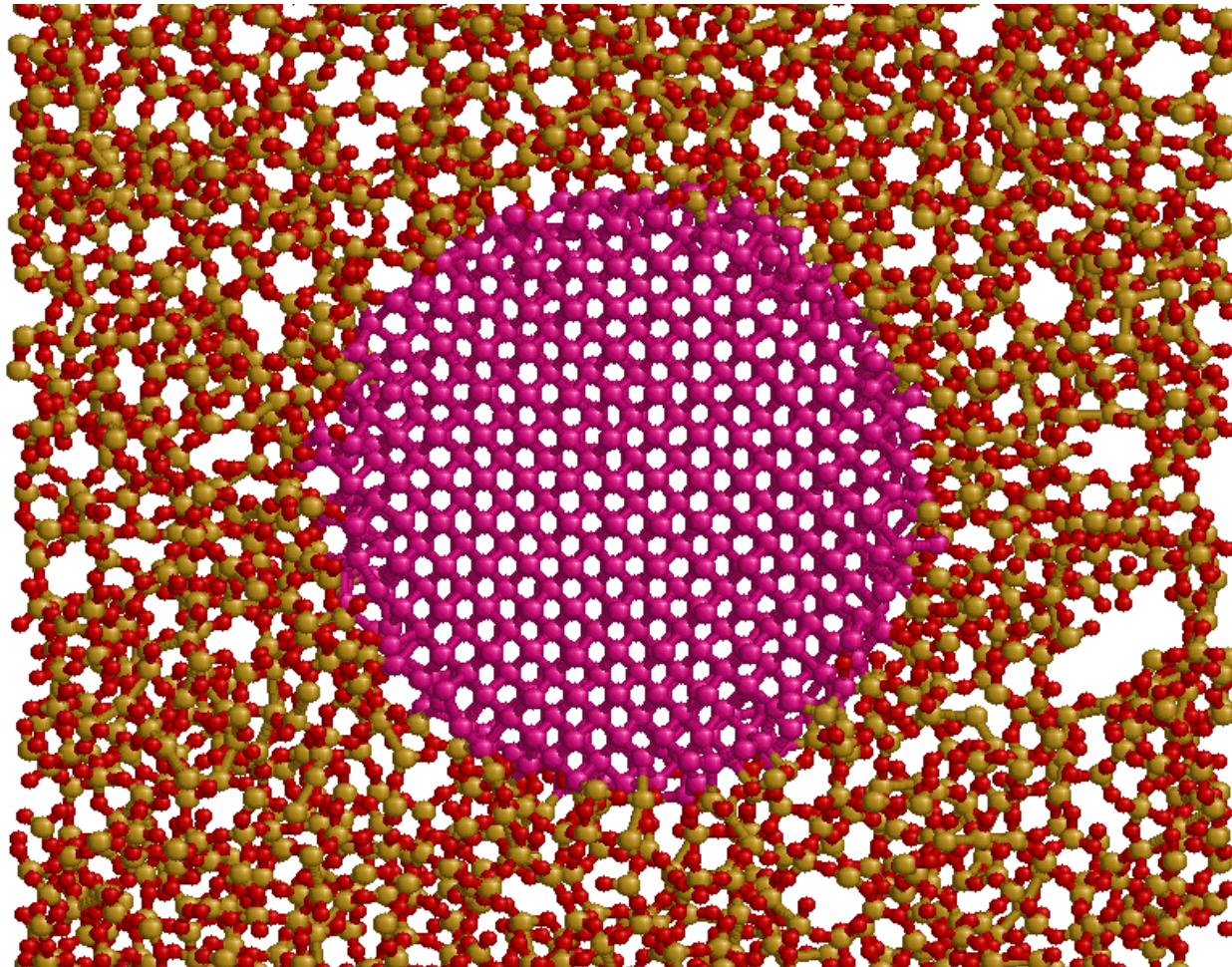
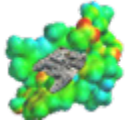


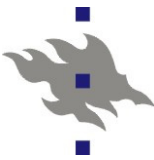
1 nm Si-nanokluster

4 nm Ge nanokristall



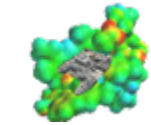
Amorfisering av nanokristaller i material



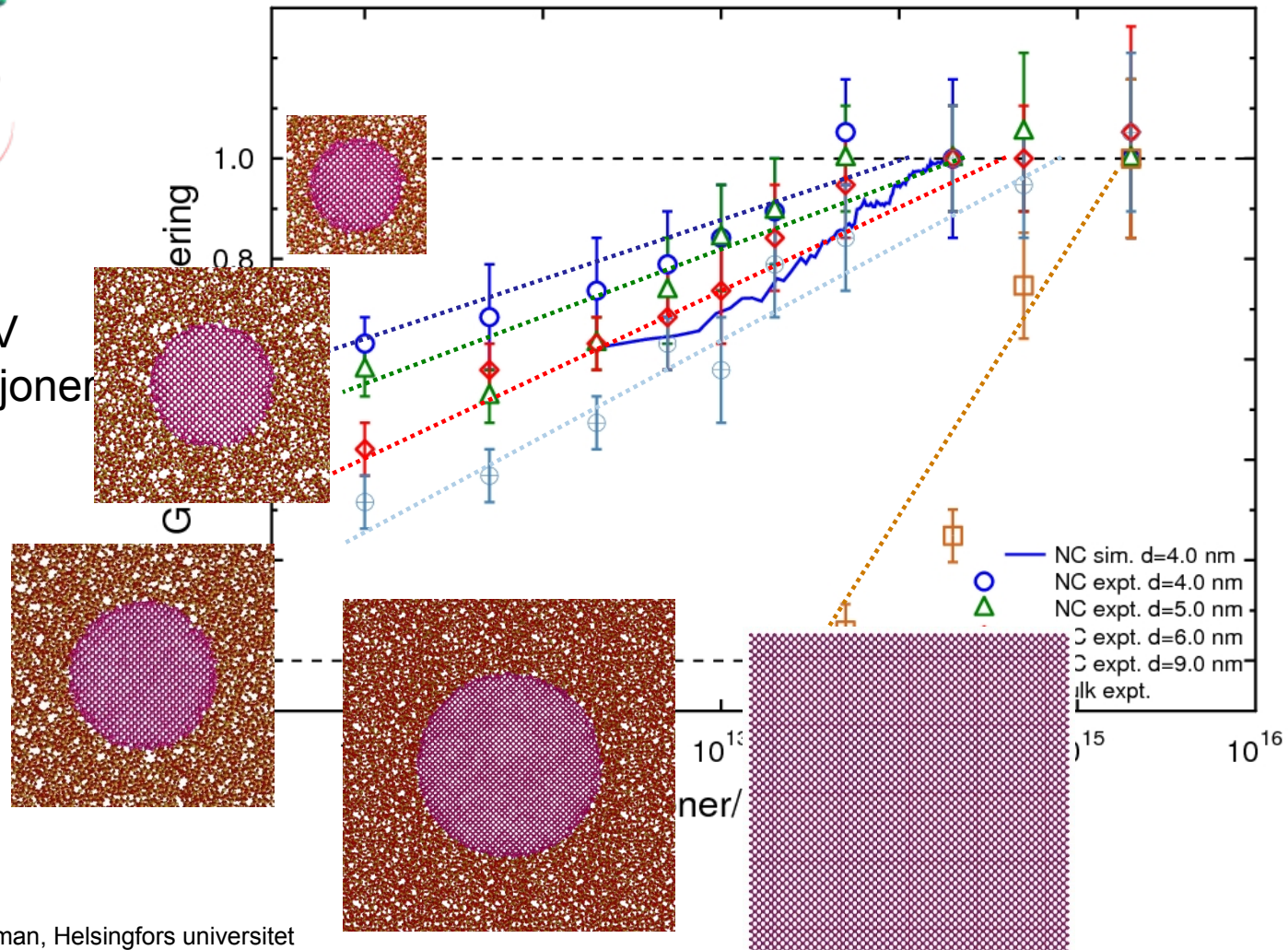


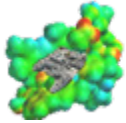
Amorfisering av nanokristaller i material

Ge-nanokristaller:



5 MeV
Si³⁺ - joner





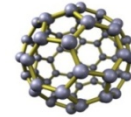
Slutsatser



13 000 km



10 cm



1 nm

- På nanoskala sker många oväntade saker
- Egenskaperna inte bara förändras, de blir beroende på mängden material
- Vi kan inte tillämpa det vi vet från makrovärlden på det som sker i nanovärlden

$$\frac{A}{V} \propto \frac{1}{r}$$

