

# Termodynamik Förel. 3

3-1

Rep.

- Värme  $Q$  - spontan energioverföring
- $dU = W + Q$  Första huvudsatsen
- Kvasistatiska process
- Isoterm, adiabatiska process
- Värmekapacitet  $C_v, C_p = Q/dT$
- Latent värme vid fasövergång  $L = Q/m$
- Entalpi  $H = U + PV$

## Kap 2:

Mål: att härleda entropi  $S$  = "mått på oordning"  
och bevisa andra huvudsatsen: "oordningen är maximal"

För att göra detta, skall vi undersöka hur begreppen mikrotillstånd och makrotillstånd hänger ihop, och illustrera detta i ett par förenklade modeller.

- Mikrotillstånd - specificeras av läge & hastighet hos alla ingående partiklar i systemet (klassiskt)  
- eller den totala vågfunktionen för systemet  $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \dots, \vec{r}_N)$  (kvantmekaniskt)

(

- Makrotillstånd - specificeras av värden på (t.ex.)  $T, V$  och  $N$ . Alternativt  $T, P, N$  eller  $S, V, N$ , eller... (vi kommer till det)

) →  
Mot ett makrotillstånd svarar många mikro - grova indelning.

3-2

## Ex 1. Två-tillståndssystem

• Singla en slant, 2 Utfall: Kona eller Klare

• 2 slantar, 4 utfall: Slant 1    slant 2

kr            kr

kr            kl

kl            kr

kl            kl

Macrotillyst: Vi säger att ett system är i ett visst macrotillyst om det har ett visst värde på variablerna  $T, V, P, N$ , m.fl. (I förekommande fall magnetfältet  $M$  eller annat.)

Not 1: Flera microtillyst svarar mot samma macrotillyst. (i allmänhet.)

Not 2: För en gas räcker <sup>tre variabler,</sup> t.ex.  $T, V, N$ ; från tillståndskv. kan vi då beräkna  $P$  (samt  $S$  och  $\mu$ ; mer om detta senare). Alternativt t.ex.  $T, P, N$  <sup>Mer om det senare!</sup>

Not 3: För teoretiska räkningar kan vi ange energin  $U$  tills. m.  $V$  och  $N$  - men svår mäta experimentellt!

• Singla tre slantar utfall:

KR KR KR

KR KR KL

KR KL KR

KR KL KL

KL KR KR

KL KR KL

KL KL KR

KL KL KL

(3-3)

Desse får behraltas som mikrotilstånd.

Våra makrotilstånd är: 3 krona; 2 krona,  
1 krona; 0 krona.

Def. Multiplicitet  $\Omega$  = antal mikrotilstånd som svarar mot ett visst makrotilstånd.

$$\Omega(0 \text{ krona}) = 1$$

$$\Omega(1 \text{ krona}) = 3 \leftarrow \text{Desse är mer sannolika!}$$

$$2 \quad 3$$

$$3 \quad 1$$

$$\text{Sannolikhet } P(2 \text{ krona}) = \frac{\Omega(2 \text{ kr})}{\Omega(\text{alla})} = \frac{3}{8}$$

• Singla  $N$  slantar.

Multipliciteten  $\Omega(n) =$  antal sätt välja  $n$  av  $N$  element.

$$= \frac{N(N-1)(N-2)\dots(N-n+1)}{2 \cdot 3 \cdot 4 \dots (N-n)}$$

$$= \frac{N!}{n!(N-n)!}$$

$$= \binom{N}{n}$$

3-4

Ex 2. Paramagnet.

I fysiken har vi ofta behov av renodlade modeller, för att förstå principerna eller för att öht kunna göra beräkningar. Ett mycket förenklad & förgrund modell av ett magnetiskt material tar inte hänsyn till växelverkanar, vibrationer, ledningselektroner, kristallstruktur etc.

Behandla  $N$  små "kompassnålar" (atomerna i kristallen) som kan peka antingen upp eller ned.

(Kvantmeke. lär oss att detta inte är realistiskt.)

två-tillstånds-paramagnet.

↑ ↑ ↓ ↓ ↑ ↓ ↑ ↑ ↓ ↓ ...

$N$  st. dipoler.  $N_{\uparrow}$  = antal upp,  $N_{\downarrow}$  = antal ned

$N = N_{\uparrow} + N_{\downarrow}$ . Varje värde  $p_i = N_{\uparrow}$  - ett makrotillstånd.

$$\text{Då blir } \Omega(N_{\uparrow}) = \binom{N}{N_{\uparrow}} = \frac{N!}{N_{\uparrow}!(N-N_{\uparrow})!} = \frac{N!}{N_{\uparrow}!N_{\downarrow}!}$$

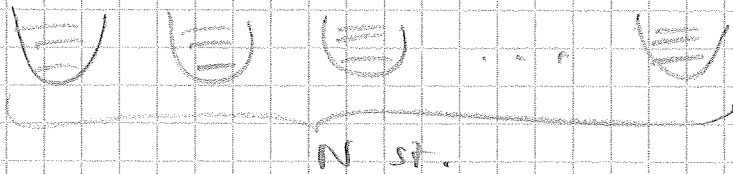
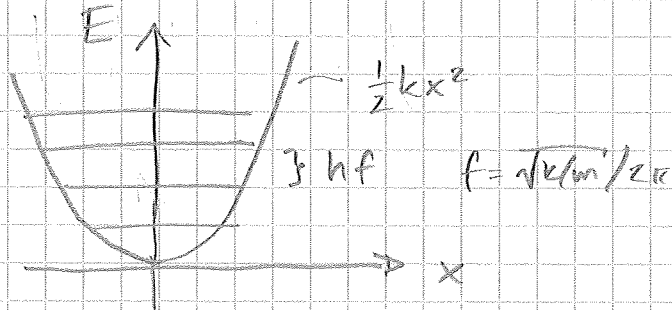
# Einsteinmodellen för ett fast ämne

Einstein 1907 (28 år)

Beskrives ett fast material som en samling harmoniska oscillatorer.

Kvantmek: - diskret spektrum

Var och en har energi  $E = n \cdot h \cdot f$   
↑ heltal  
↑ Planck  
↑ naturlig frekvens



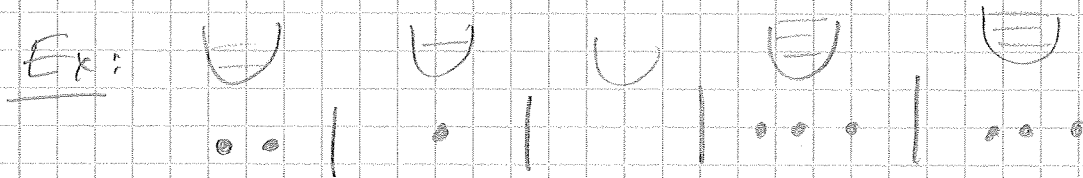
[Man kan tänka sig atomerna i kristallen:

~~m o m o m o m o m~~  
repulsion mellan atomerna  
=> fjäderkraft

Antag att totala energin är  $q \cdot h \cdot f$ ,  $q$  heltal

$q$  st. energienheter på  $N$  st. oscillatorer.

Då hur många sätt kan detta åstadkommas?



3-6

Ekvivalent med att placera  $N-1$  streck mellan  $g$  prickar.

$\Leftrightarrow$  Välja ut  $g$  prickar av  $N-1+g$  symboler

$$\Omega(N, g) = \binom{g+N-1}{g} \quad \text{för Einsteinmodellen}$$

multipliciteten för makrotillståndet med  $U = g h f$  på  $N$  st oscillatorer.

Kommer att bli användbart senare

---