

Repetition

- Värmepumpar $\eta_+ = \frac{q_h}{w} \leq \frac{T_h}{T_h - T_l}$

- Kylmaskiner $\eta_- = \frac{q_l}{w} \leq \frac{T_l}{T_h - T_l}$

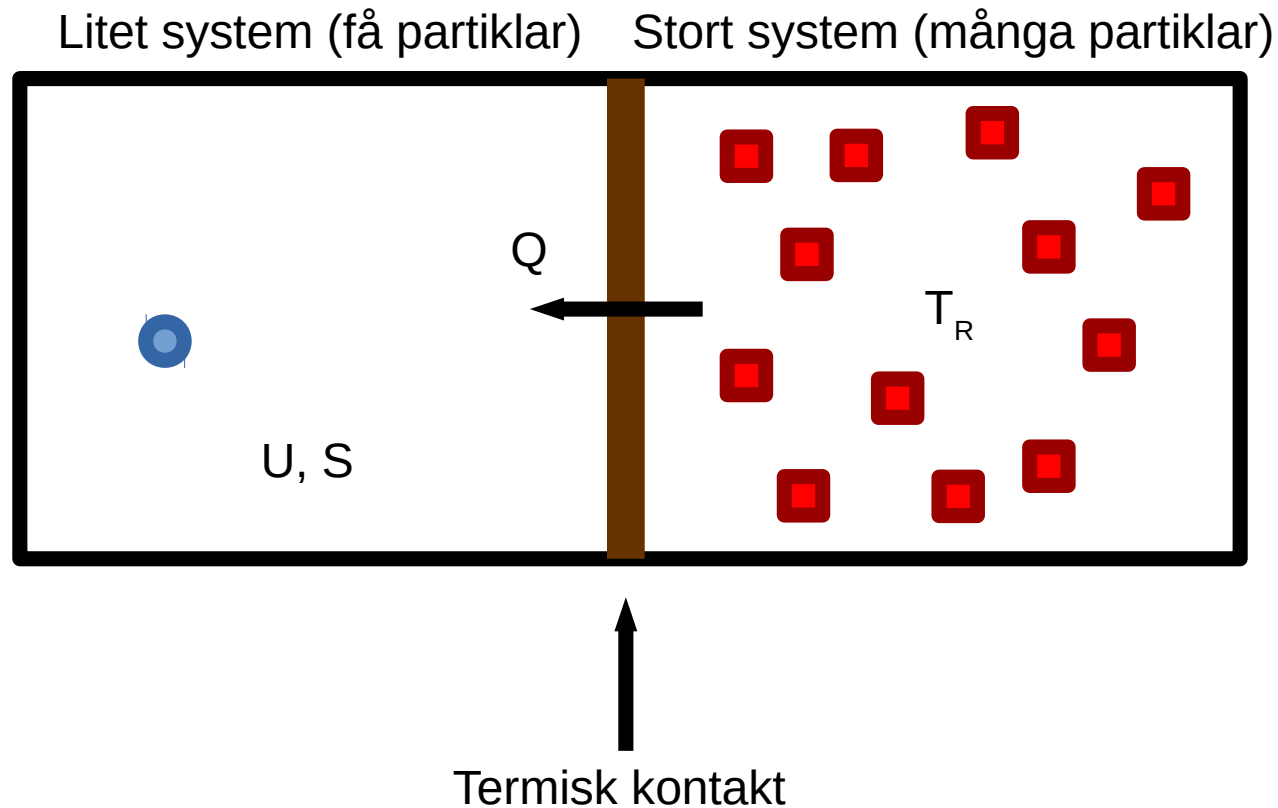
- Jämviktsvilkor vid termisk kontakt till reservoar:
Minimering av Helmholtz fria energi:

$$F = U - T_R S$$

$$dS_{\text{total}} = -\frac{1}{T_R} dF$$

Helmholtz fria energi

$$F = U - T_R S$$



För att bestämma jämvikten behöver vi inte veta entropin av det totala systemet, det räcker att veta den fria energin för lilla systemet.

Inledande fråga:

- Vad är Helmholtz fria energi?

$$F = U - TS$$

Lösning:

- Vad är Helmholtz fria energi?

$$F = U - TS$$

- Det är energin det kostar att **skapa ett system med entropi S** i en omgivning med konstant temperatur T.
- Värme flödar (reversibelt) från omgivningen.
- Vi får **energin TS "gratis"** genom att vårt system ökar sin entropi med värme tagen från omgivningen.

Kvasistationär process:

$$dS = \frac{dQ}{T} \leftrightarrow dQ = TdS \rightarrow Q = T \int dS = TS$$

(det lilla systemet anses hela tiden vara i termisk jämvikt med reservoiren, T, och växer fram)

Einstein om Termodynamiken

- *“A law is more impressive the greater the simplicity of its premises, the more different are the kinds of things it relates, and the more extended its range of applicability. (..) It is the only physical theory of universal content, which I am convinced, that within the framework of applicability of its basic concepts will never be overthrown.”*
- Vi kommer göra tillämpningar från kylskåp, bilmotorer, **magneter** och elektromagnetisk fält...

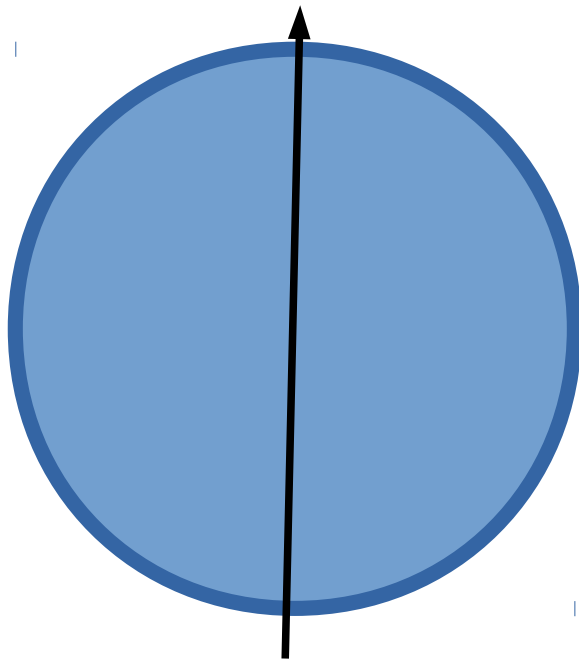
Abstraktion

- När vi talar om magnetism antar vi att atomer kan beskrivas som två-nivå system.
- Två-nivå system är vanligt förekommande i fysik och kemi och är användbart i långa fler områden än magnetism.
- Tex: Många kvantmekniska system vid låg temperatur kan beskrivas som ett grundtillstånd och det första exciterade tillståndet.

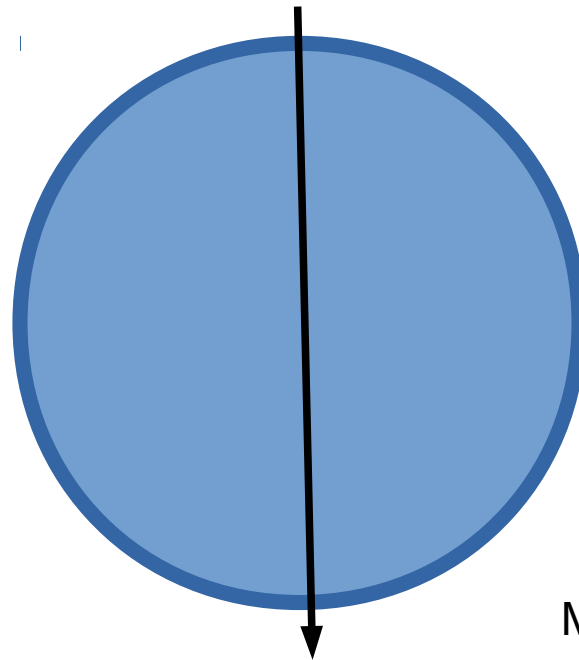
Korrekt modell för en atoms växelverkan med ett magnetfält, **B**

KVANTMEKANIK: DET MAGNETISKA MOMENTET KAN PEKA UPP ELLER NER

(om det skapas av en elektrons spin)



UPP



NER

(relativt det externa **B** fältet)

Kvantmekanska energier:

$$E_{dip} = \pm \mu B$$

Magnetiskt moment

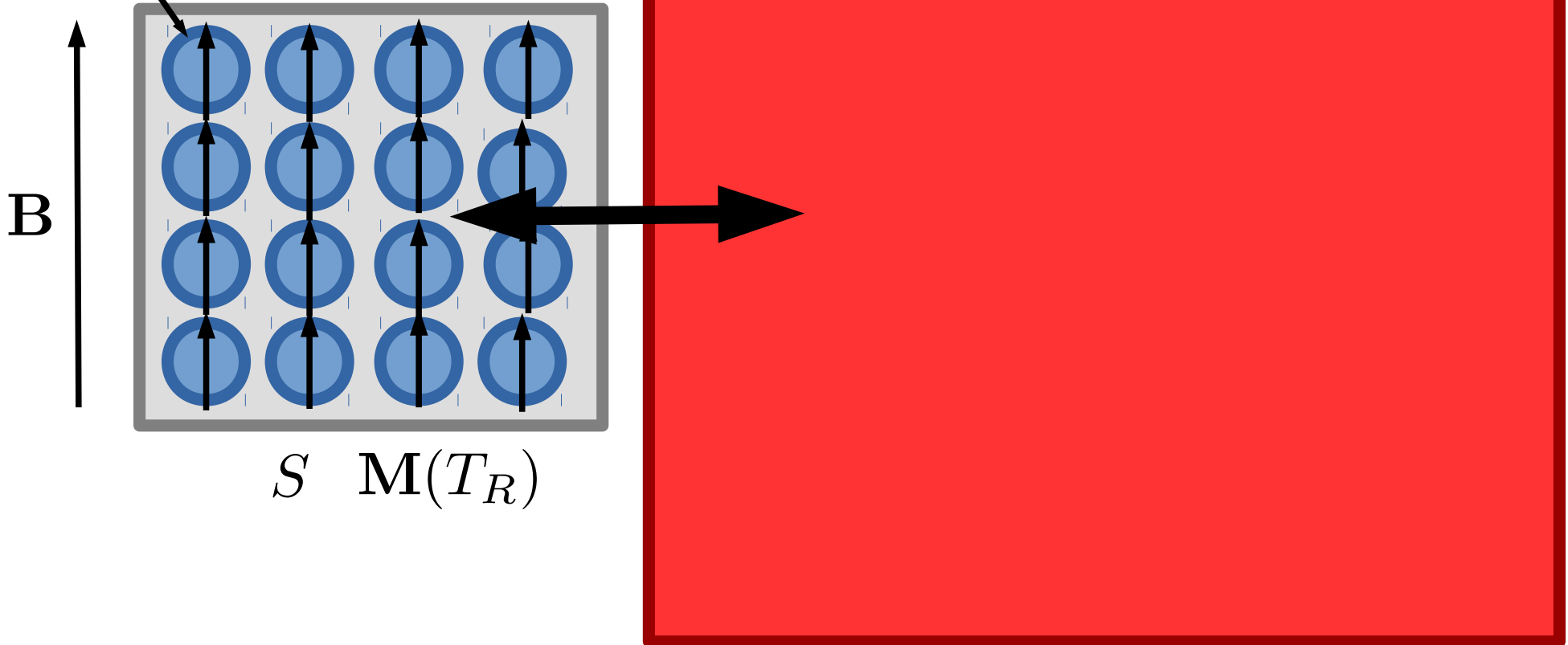
Externt fält

Kristall kopplad till termisk reservoir

Varje atom är som en liten magnet
(har ett magnetisk moment)

Mycket stort system (reservoir)

Litet system (kristall)



FRÅGA:
Hur påverkar temperaturen magnetiseringen, M ?

S_R T_R

Föreläsning 9

- Magnetiskt material

Inre energi, U

Entropi, S

Magnetisering, M

- Paramagnetism (de flesta material)
- Ferromagnetism (specialfall tex järn)

Sammanfattning

- Studie av magnetiskt material i termisk jämvikt med hjälp av:

Helmholtz fria energi, $F = U - TS$

Vi beräknade för lilla systemet:

Inre energi,
$$U = -MB = \mu(N - 2n)B$$

Entropi,
$$S = k(N \ln N - n \ln n - (N - n) \ln(N - n))$$

- *Magnetisering,*
$$M = \mu(2n - N) \approx N \frac{\mu^2}{kT} B \text{ (Curies lag)}$$
- Paramagnetism (de flesta material: $\mathbf{M} \sim \mathbf{B}$, linjärt yttre \mathbf{B} fält)
- Ferromagnetism (specialfall, tex järn: $\mathbf{M} \neq 0$ då $\mathbf{B} = 0$, "hysteresis")



Inget yttre magnetiskt fält nu
(magnetiseringen kan ses om ett
"minne" i kristallen från ett tidigare \mathbf{B} fält)