

Repetition

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

Helmholtz fria energi, $F = U - TS$

Vi beräknade för en paramagnetisk kristall i externt magnetfält, B :

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

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

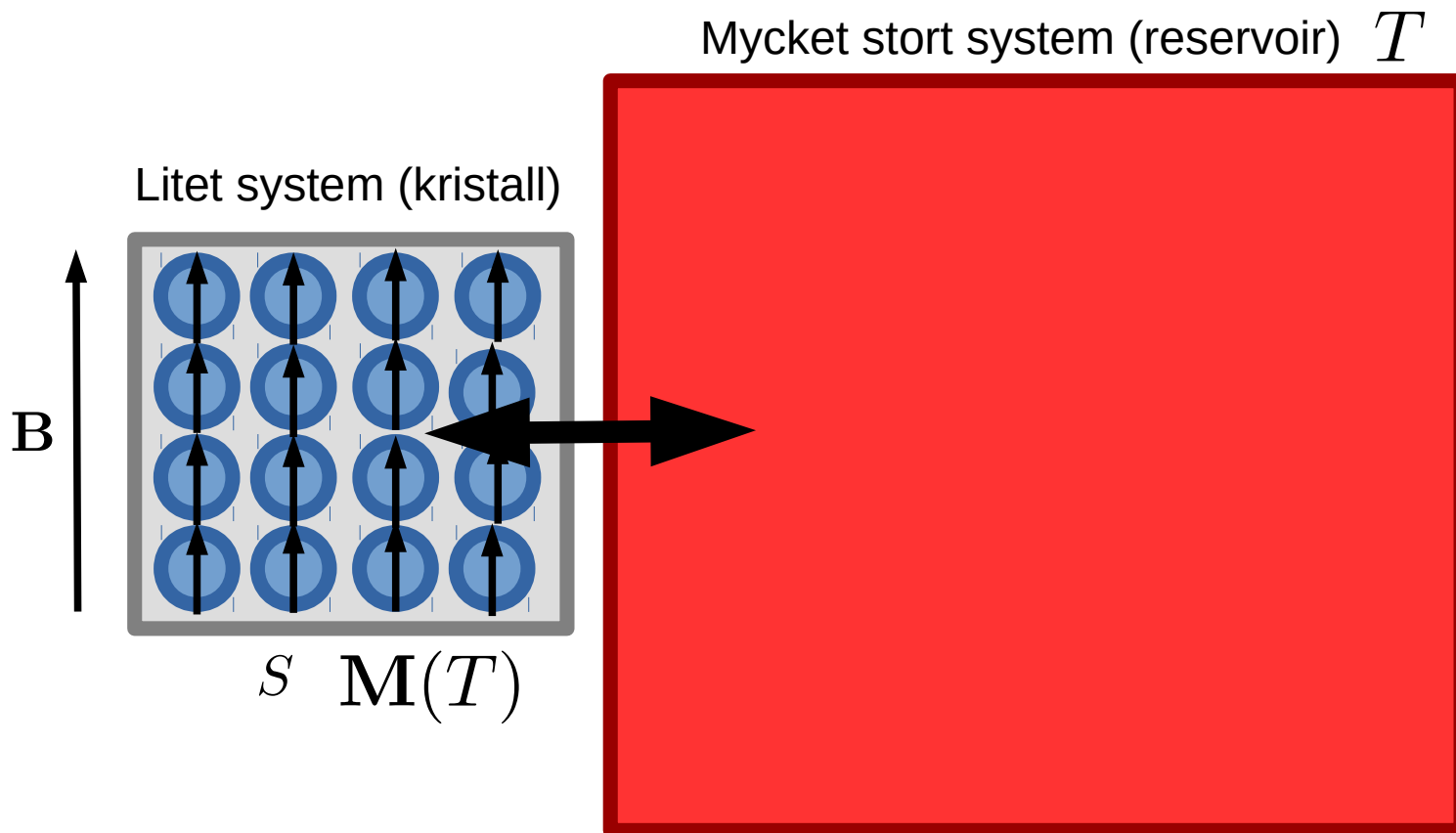
- *Magnetisering,* $M = \mu(2n - N)$
- Paramagnetism (de flesta material: $\mathbf{M} \sim \mathbf{B}$, linjärt yttre \mathbf{B} fält)
- Ferromagnetism (specialfall, tex järn: $\mathbf{M} \neq 0$ då $\mathbf{B} = 0$, "hysteresis")



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

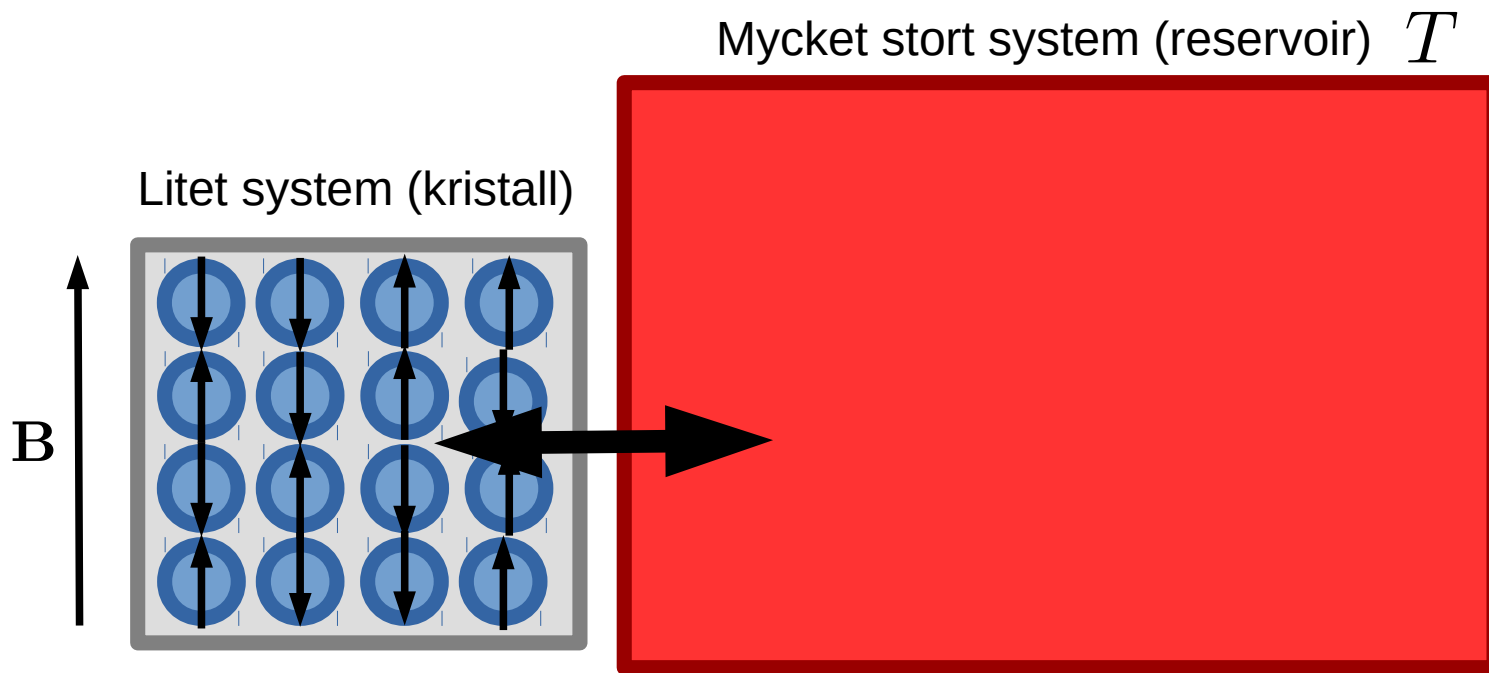
Inledande fråga:

- Vad händer med magnetiseringen, \mathbf{M} , för en paramagnet vid hög temperatur ($kT \gg \mu B$).



Lösning:

- Vid hög temperatur ($kT \gg \mu B$) kommer entropin för systemet att vara maximerad. *Lika många magnetiska momentum upp som ner.*



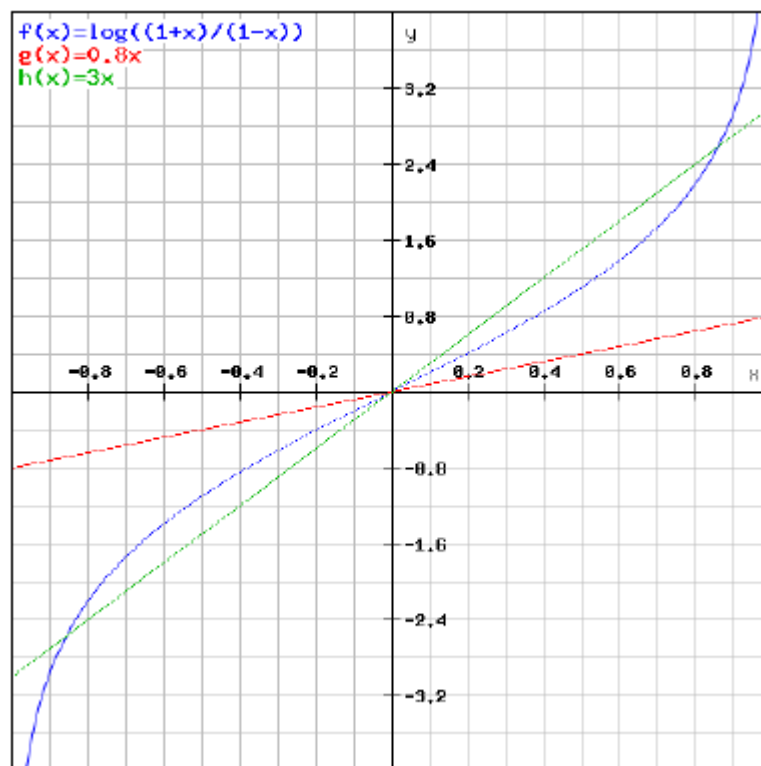
Curies lag:
$$\mathbf{M}(T) \approx N \frac{\mu^2}{kT} B \rightarrow 0$$

Föreläsning 10

- **Ferromagnetism** (specialfall tex järn)
De atomerna är små magneter som skapar magnetiska fält som påverkar de andra atomernas energier (utan yttre magnetiskt fält).
- Gibbs fria energi:
(Ex: Bränslecellen)
- Boltzmann-faktorn
→ Tillståndssumman, Z

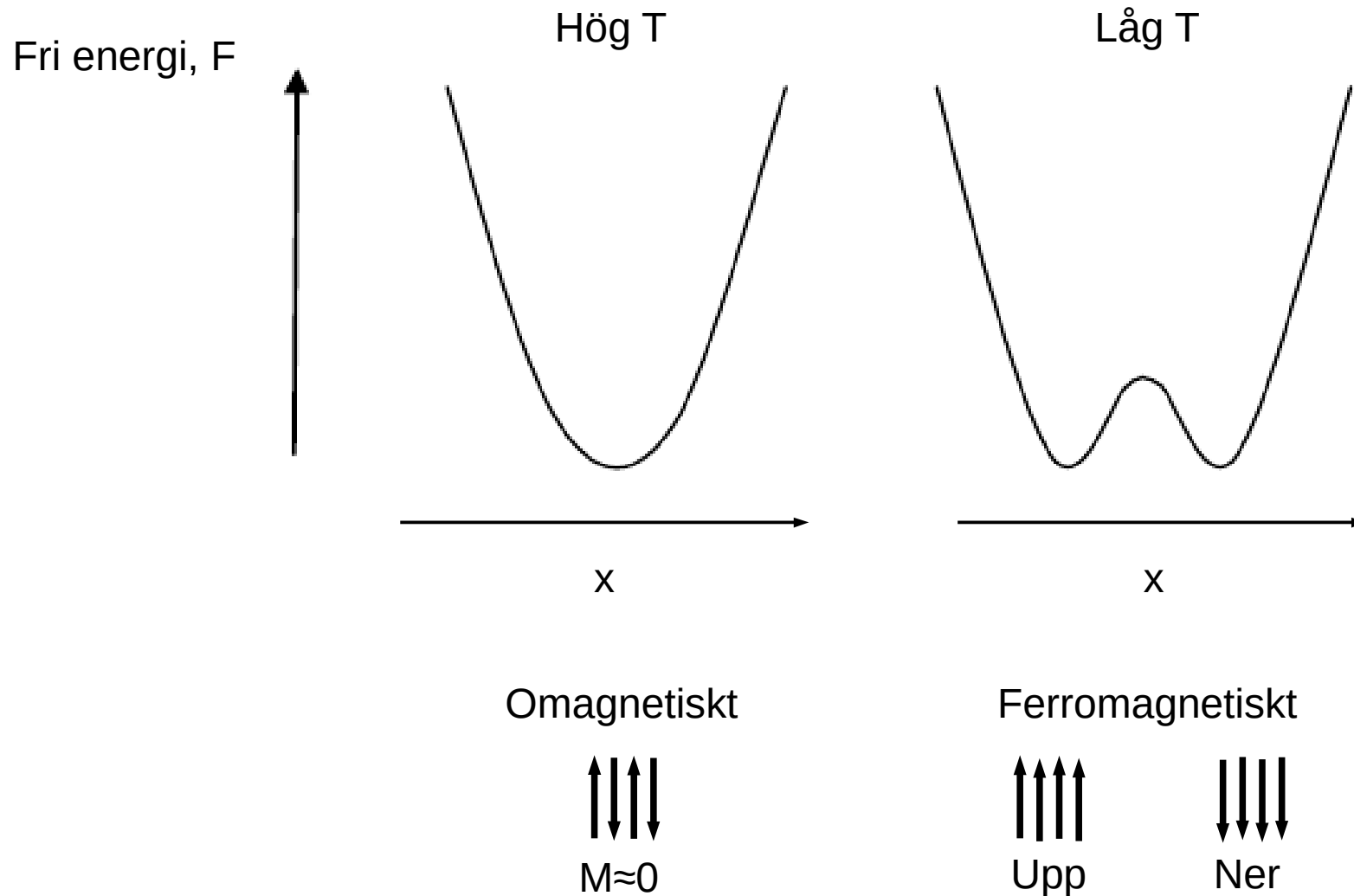
Grafisk lösning till ferromagnetism

$$f(x) = \ln \left(\frac{1+x}{1-x} \right)$$

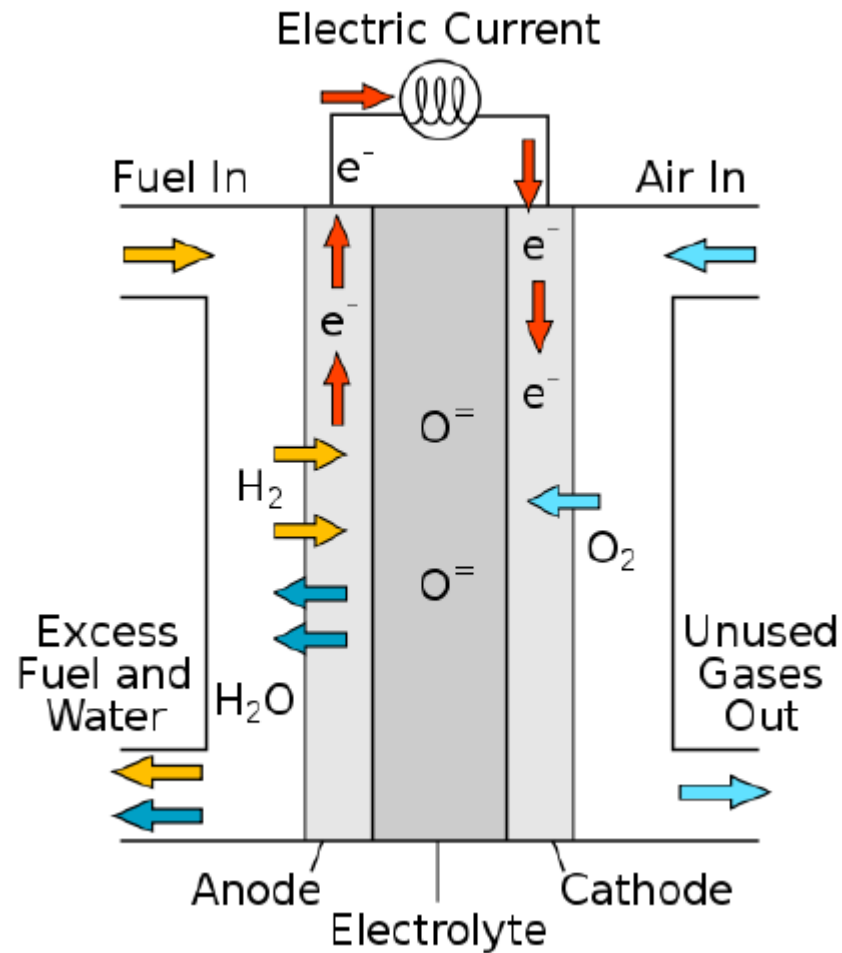
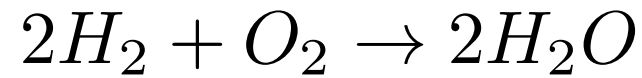


Variabelbyte : $x = \frac{N - 2n}{N}$

Fasövergång från ferromagnetiskt till omagnetiskt

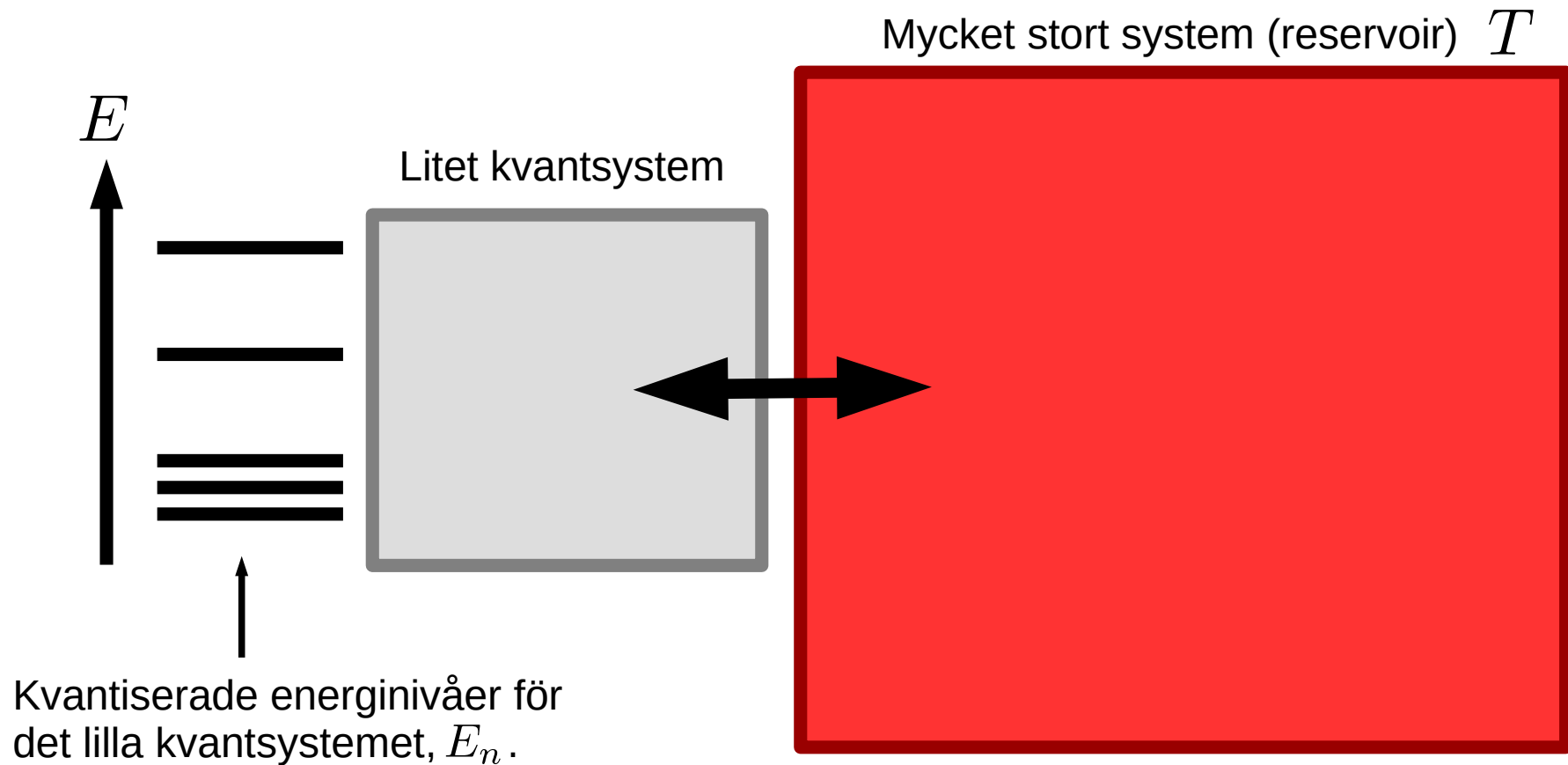


Bränslecellen



$$W_{el}^{(ut)} = -W_{el} \leq -\Delta G$$

Boltzmannfaktorn



FRÅGA: Hur stor är sannolikheten att populera mikrotillståndet n ?

Sammanfattning

- **Ferromagnetism** (specialfall tex järn)
De atomerna är små magneter som skapar magnetiska fält som påverkar de andra atomernas energier (utan yttre magnetiskt fält).

- **Gibbs fria energi:** $G = U + PV - TS$

Ex: Bränslecellen

- **Boltzmann-faktorn:**

→ Tillståndssumman $Z = \sum_n e^{-E_n/kT}$

Boltzmannfaktor