

Repetition

- Ottomotorn (PV)

Kall resevoir = T_1

$$\eta^{(\text{Otto})} \leq 1 - \frac{T_1}{T_2} < 1 - \frac{T_l}{T_h} = \eta^{(\text{Carnot})}$$

Diselmotorn (PV)

Varm resevoir = $T_3 > T_2$

Principen för kärnkraftverk

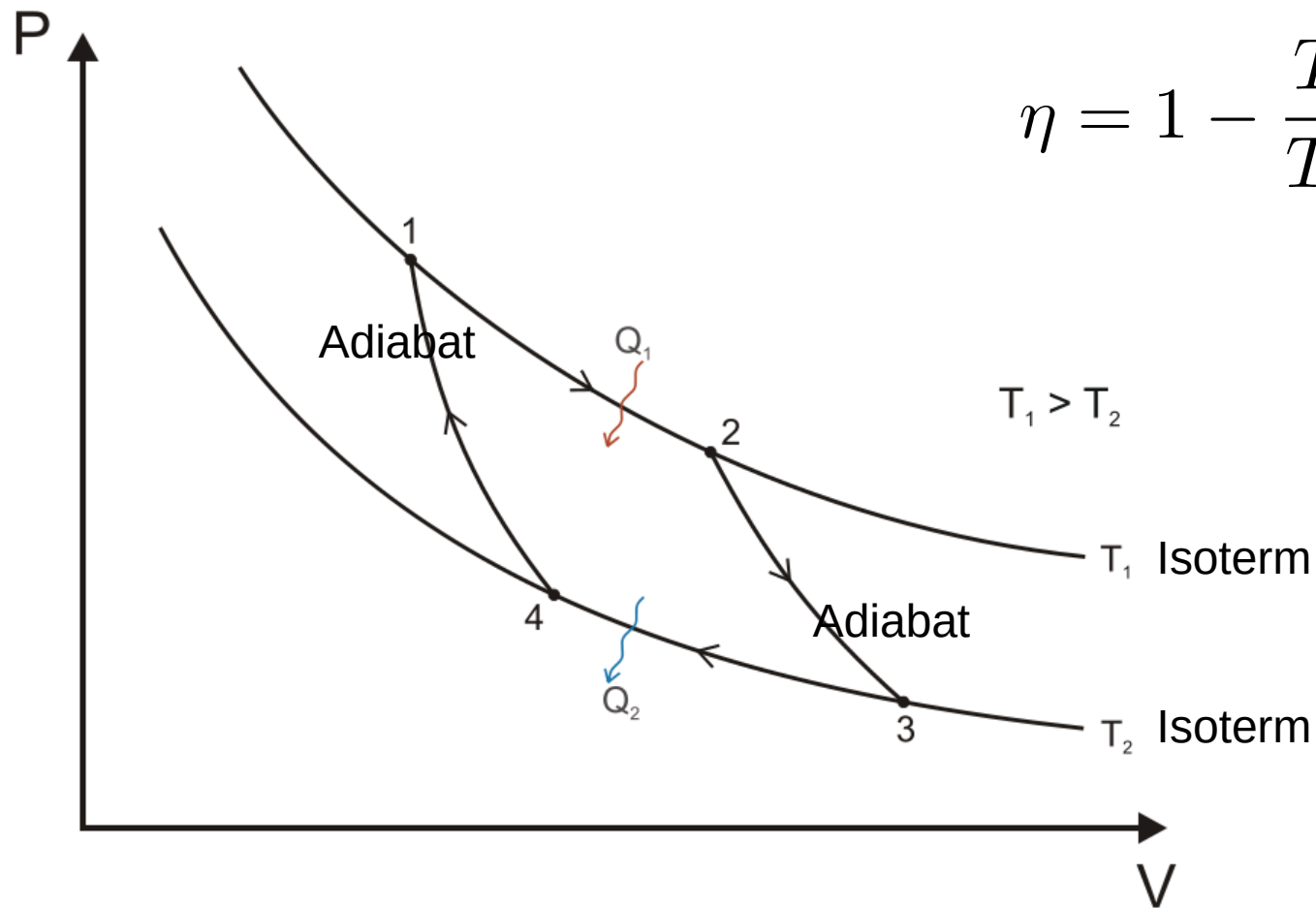
- Värmepumpar $\eta_+ = \frac{q_h}{w} \leq \frac{T_h}{T_h - T_l}$

- Kylmaskiner (samma princip som värmepumpar)

Carnot-cykeln

$$\Delta S_{tot} = 0$$

$$\eta = 1 - \frac{T_l}{T_h}$$



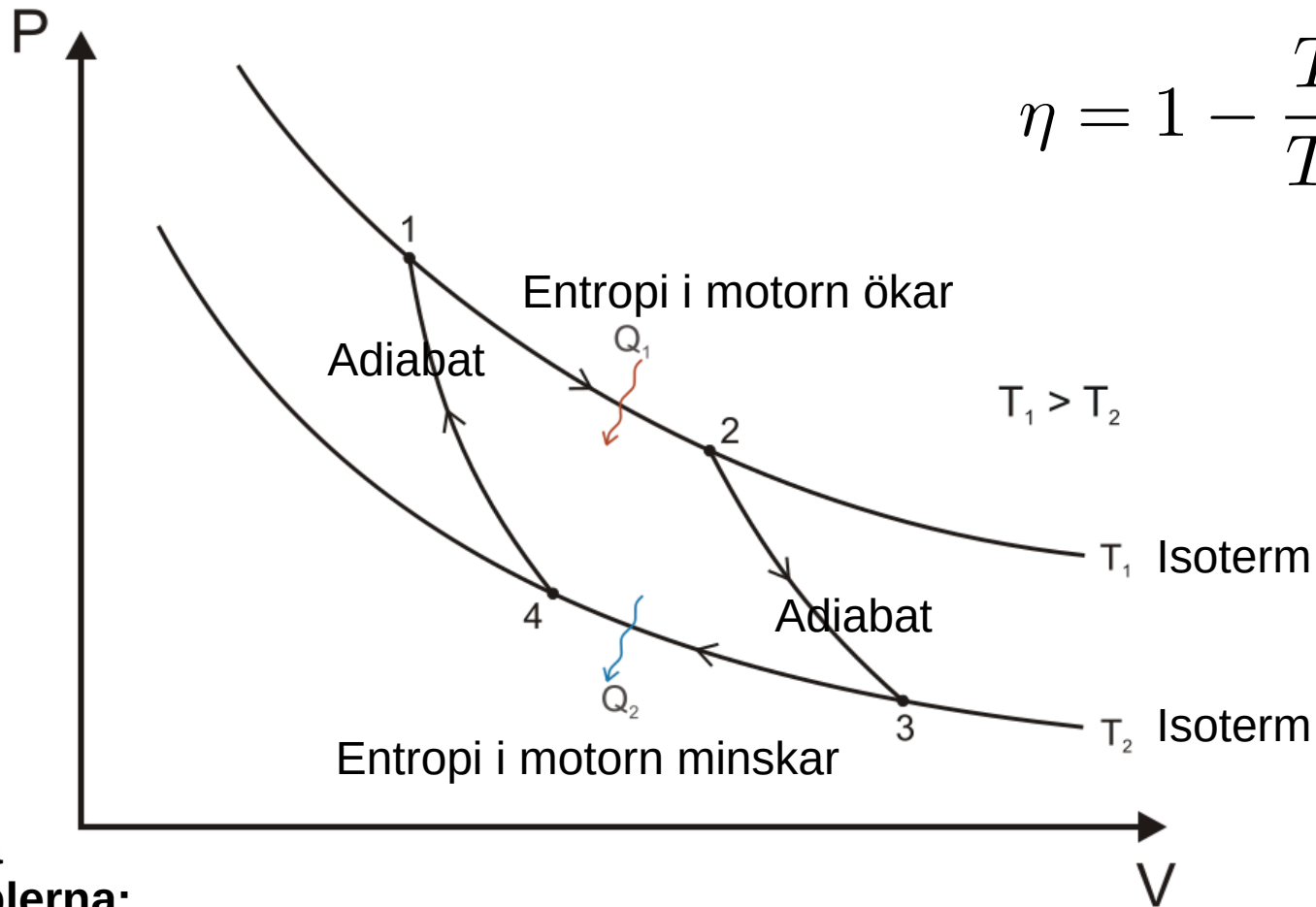
Hemläxa: Hur ändras entropin i själva motorn?

- A) Ökar
- B) Oförändrad
- C) Minskar

Carnot-cykeln

$$\Delta S_{tot} = 0$$

$$\eta = 1 - \frac{T_l}{T_h}$$

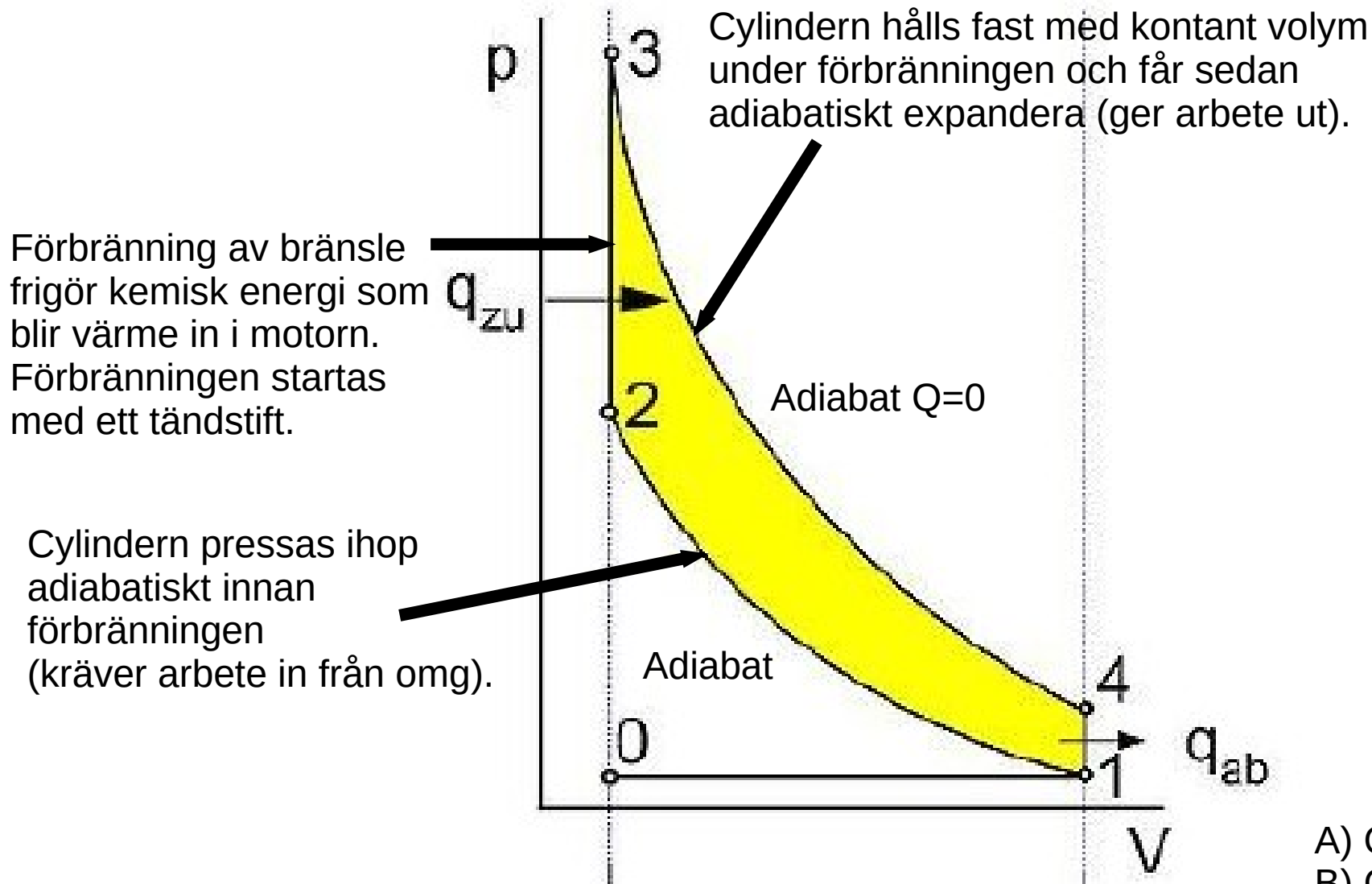


Entropin är en funktion av makroskopiska tillståndsvariablerna:
 $S(T, V, N)$:

Hemläxa: Hur ändras entropin i själva motorn?

- A) Ökar
- B) Oförändrad
- C) Minskar

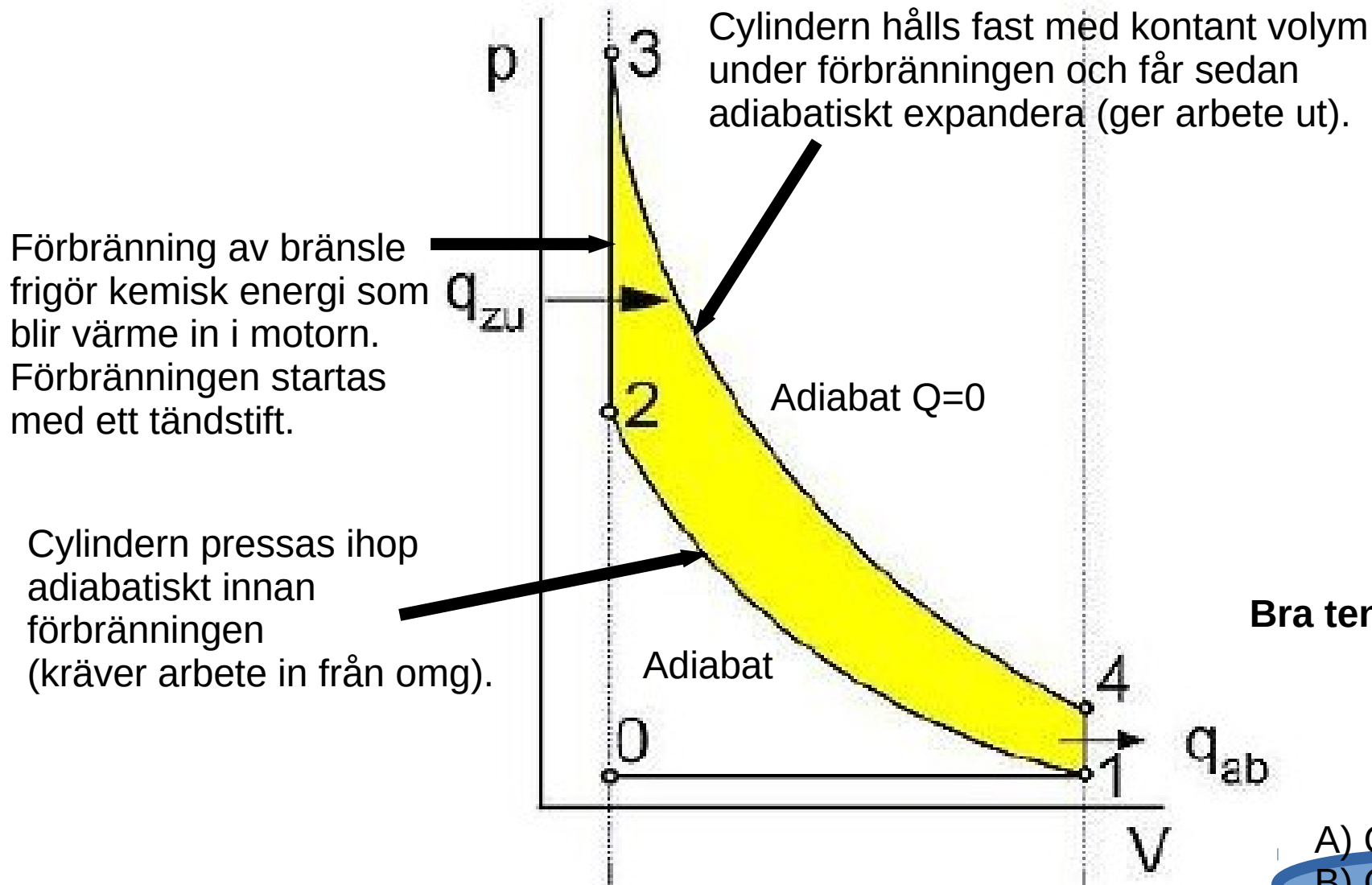
Ottomotorn (bensinmotorn)



FRÅGA: Hur ändras entropin i själva motorn?

- A) Ökar
- B) Oförändrad
- C) Minskar

Ottomotorn (bensinmotorn)



Förbränning av bränsle frigör kemisk energi som blir värme in i motorn. Förbränningen startas med ett tändstift.

Cylindern pressas ihop adiabatiskt innan förbränningen (kräver arbete in från omg).

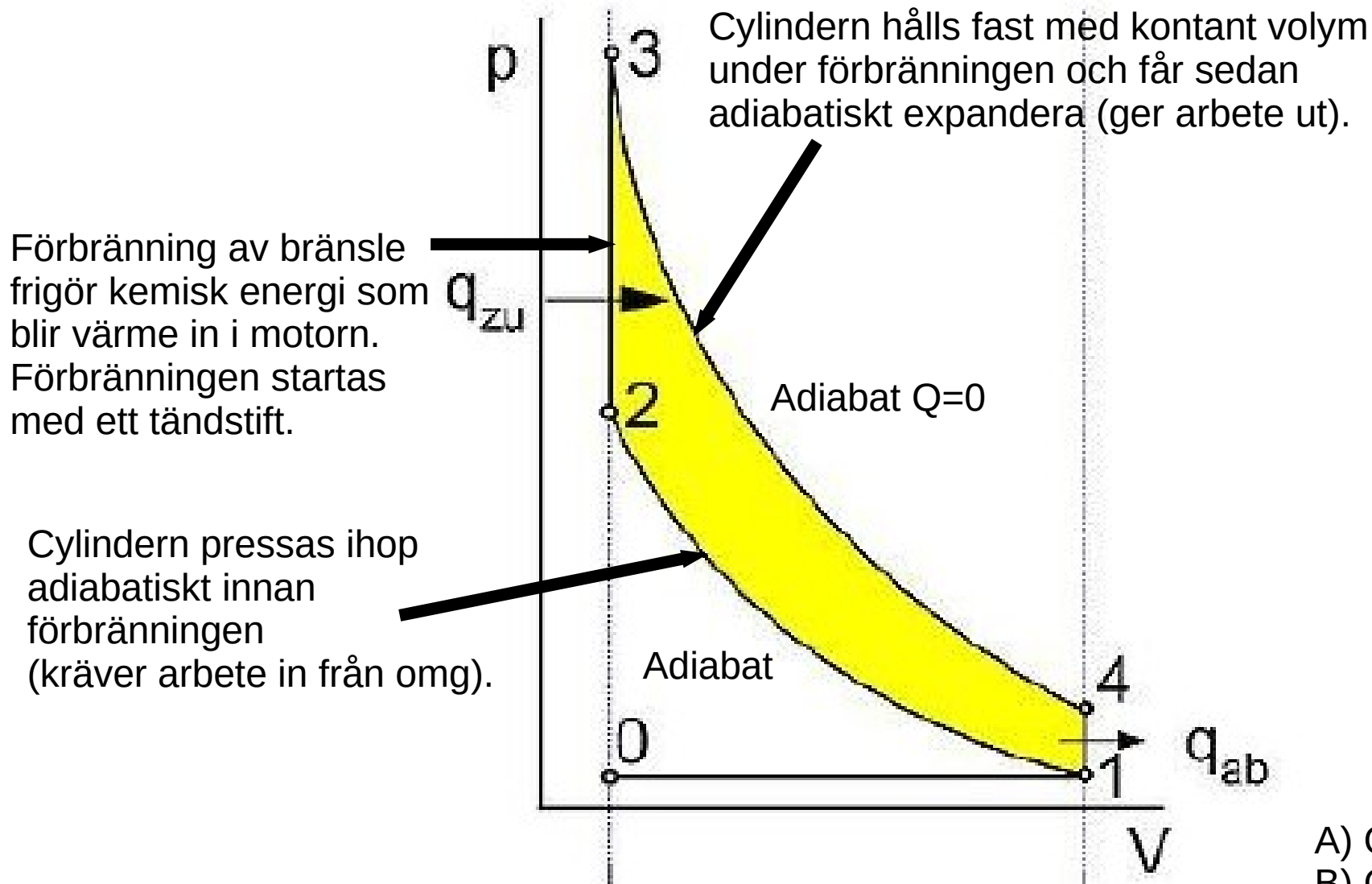
Cylindern hålls fast med konstant volym under förbränningen och får sedan adiabatiskt expandera (ger arbete ut).

Bra tentauppgift :)

FRÅGA: Hur ändras entropin i själva motorn?

- A) Ökar
- B) Oförändrad**
- C) Minskar

Ottomotorn (bensinmotorn)



Förbränning av bränsle frigör kemisk energi som blir värme in i motorn. Förbränningen startas med ett tändstift.

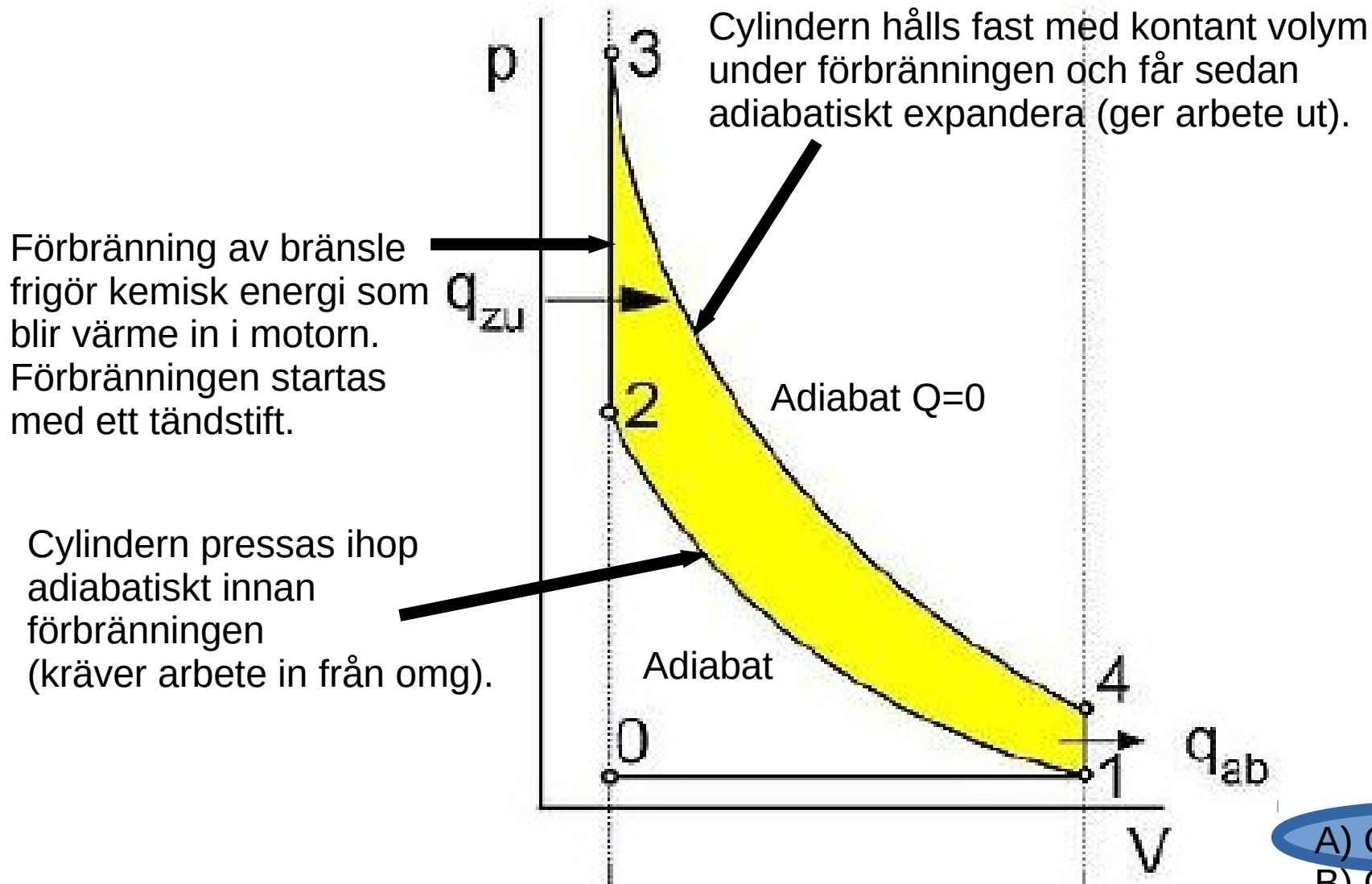
Cylindern pressas ihop adiabatiskt innan förbränningen (kräver arbete in från omg).

Cylindern hålls fast med konstant volym under förbränningen och får sedan adiabatiskt expandera (ger arbete ut).

FRÅGA: Hur ändras totala entropin?

- A) Ökar
- B) Oförändrad
- C) Minskar

Ottomotorn (bensinmotorn)



Förbränning av bränsle frigör kemisk energi som blir värme in i motorn. Förbränningen startas med ett tändstift.

Cylindern pressas ihop adiabatiskt innan förbränningen (kräver arbete in från omg).

Cylindern hålls fast med konstant volym under förbränningen och får sedan adiabatiskt expandera (ger arbete ut).

Adiabat $Q=0$

Adiabat

FRÅGA: Hur ändras totala entropin?

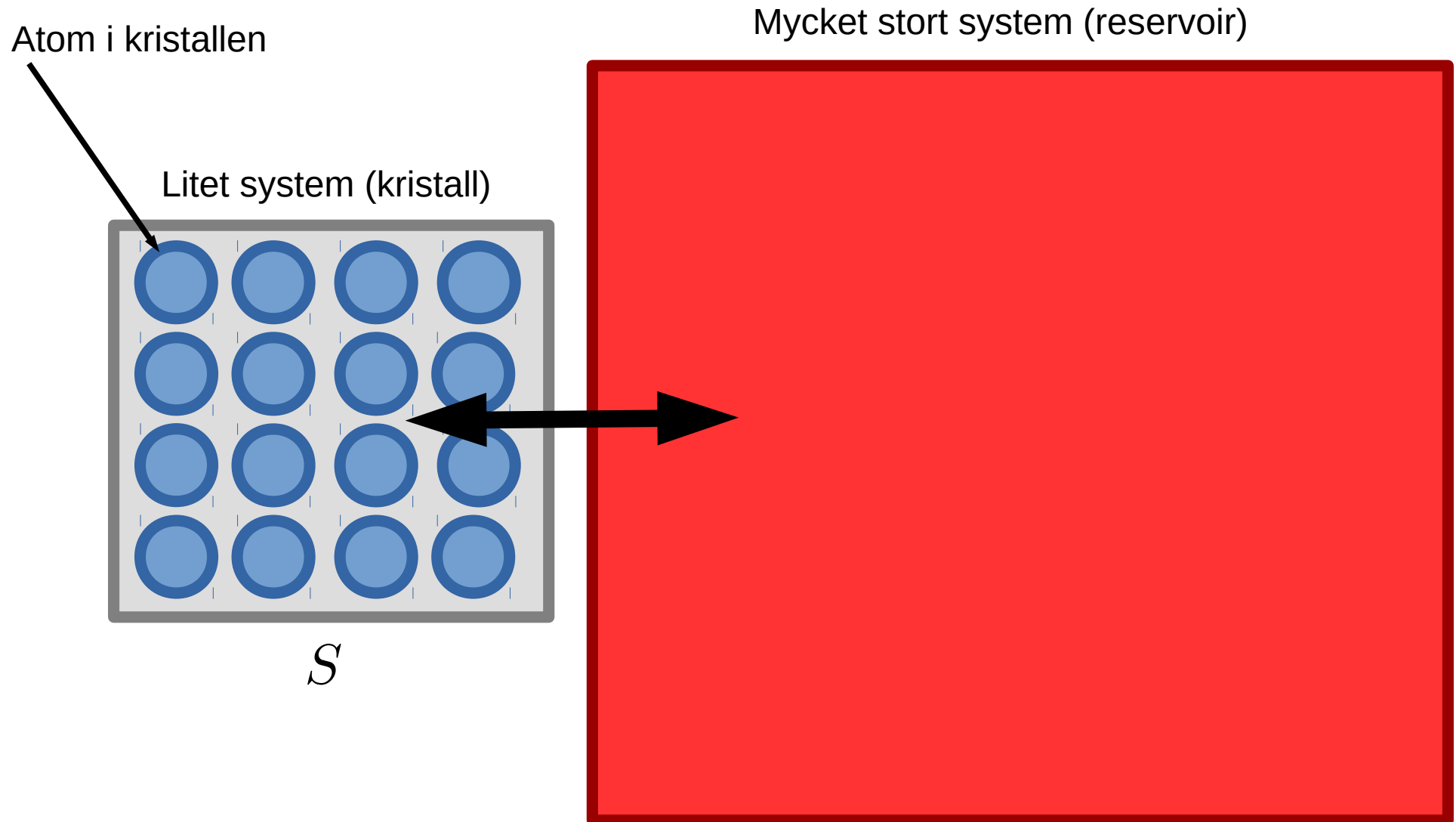
- A) Ökar
- B) Oförändrad
- C) Minskar

Föreläsning #8:

Värmepumpar och jämviktsvilkor

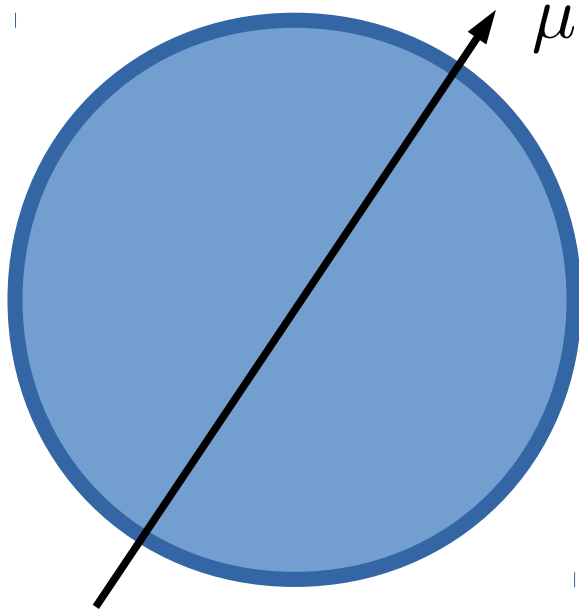
- Ex: Värmepumpar:
Flytta värme från kallt till varmt
- Kylmaskiner:
Samma princip som värmepump
- Jämviktsvilkor:
Koppling av litet system till stort (reservoir).
→ Ex: Para-magnetism ("vanlig" magnetism).

Kristall kopplad till termisk reservoar



FRÅGA:
Vilket villkor gäller för termisk jämvikt?

Enkel modell för en atoms växelverkan med ett magnetfält, \mathbf{B}



Klassisk elektromagnetism:

$$E_{dip} = -\mu \cdot \mathbf{B}$$

Magnetiskt moment
(pga "ström" i atomen)

Externt fält

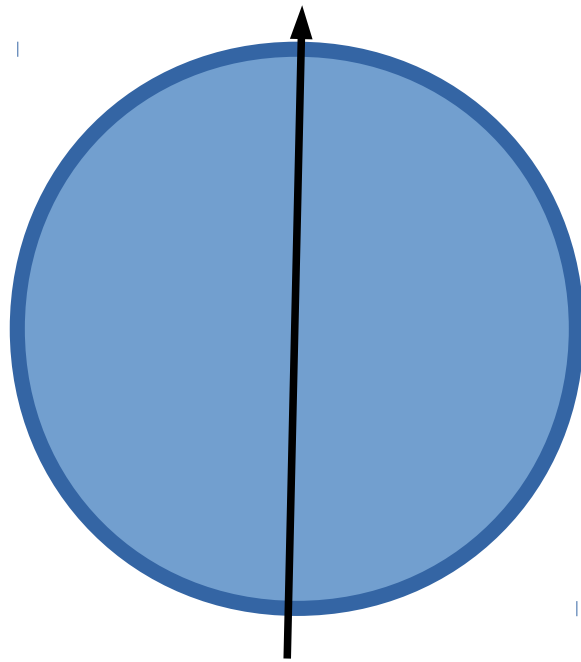
Fråga: Hur vill atomen orientera sitt magnetiska moment μ om \mathbf{B} pekar upp?
(Den "vill" minimera sin energi E_{dip})



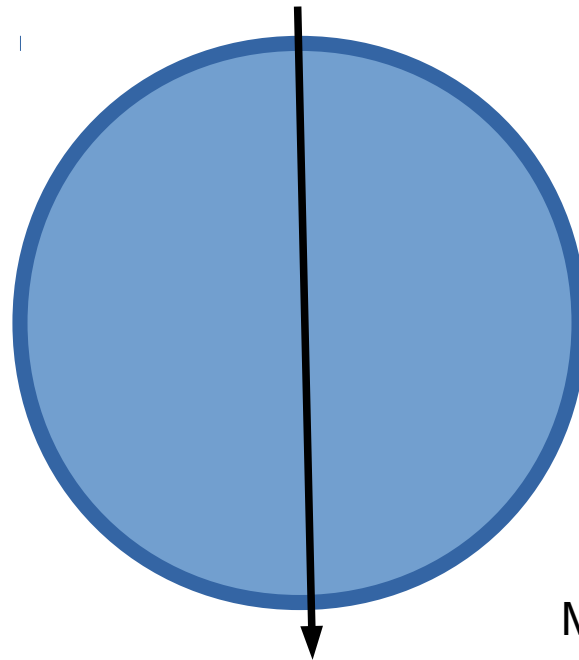
Korrekt modell för en atoms växelverkan med ett magnetfält, **B**

KVANTMEKANIK: DET MAGNETISKA MOMENTET KAN PEKA UPP ELLER NER

(om det skapas av en elektrons spin)



UPP



NER

Kvantmekanska energier:

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

Magnetiskt moment

Externt fält

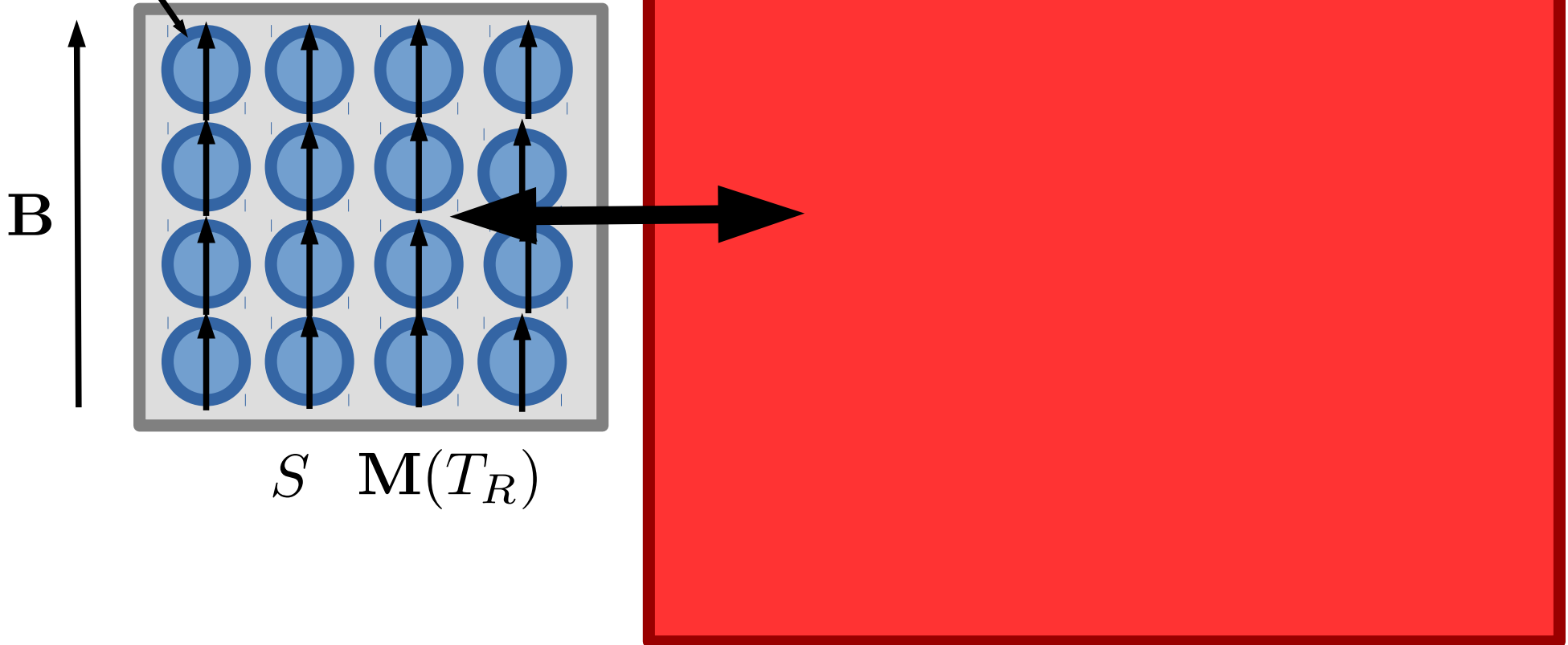
(relativt det externa **B** fältet)

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

Sammanfattning

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

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

(samma princip som värmepump)

- Jämviktsvilkor vid termisk kontakt till reservoar:

Minimering av Helmholtz fria energi: $F = U - T_R S$

→ Ex: Para-magnetism $\mathbf{M} \propto \mathbf{B}$