

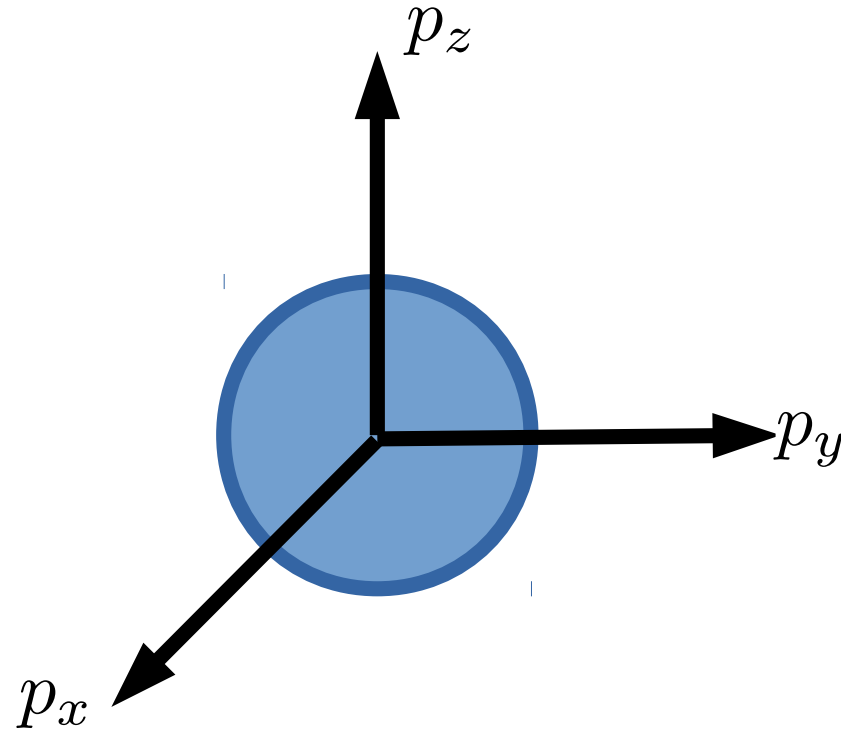
Statistisk Termodynamik FMFF05

- Föreläsare: **Marcus Dahlström** (*MatFys, LTH*)
- Övningsledare: **Alex**
Måndagsfrågorna på hemsidan nu!
- **Statistisk Termodynamik** av Gunnar Ohlén
Kontant eller SWISH 0709587566 (150 kr)
- Kursregistreringsproblem?
studentadministration@fysik.lu.se
- Kurshemsida:
<http://www.matfys.lth.se/education/FMFF05/>

Repetition:

- Termodynamikens första huvudsats (TD#1):
”Endast processer där energin bevaras är fysikaliskt möjliga”.
- *Process:*
 $\Delta U = Q + W$
- *U: Inre energin*
= totala energin i ett system
- *Q: Värme*
= energi som strömmar p.g.a. temperatur skillnader
- *W: Arbete*
= annan energitillförsel (t.ex: tryck-volym arbete)
- *Inre energin för en ideal gas (men även många andra system):*
 $U = \frac{1}{2} f NkT$, *k Boltzmanns konstant, f är frihetsgrader.*

Frihetsgrader för atomär gas



$$E_{atom} = E_{kin} = \frac{m}{2} \mathbf{v}^2 = \frac{m}{2} (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$$

Energien för atomen beror kvadratisk av tre frihetsgrader, $f=3$.

Fråga 1: Medelvärde av kvadrat

- I beräkning av medelvärdet för den kinetiska energin för atomer behövde vi beräkna:

$$\overline{v^2}$$

Vilken av relationerna är rätt?

A) $\overline{v^2} = \overline{v} \cdot \overline{v}$

B) $\overline{v^2} = \overline{\overline{v} \cdot \overline{v}}$

Fråga 1: Medelvärde av kvadrat

- I beräkning av medelvärdet för den kinetiska energin för atomer behövde vi beräkna:

$$\overline{\mathbf{v}^2}$$

Vilken av relationerna är rätt?

A) $\overline{\mathbf{v}^2} = \overline{\mathbf{v}} \cdot \overline{\mathbf{v}}$

B) $\overline{\mathbf{v}^2} = \overline{\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}}$

$$\overline{E}_{\text{kin}} = \frac{m}{2} \overline{\mathbf{v}^2} = \frac{m}{2} (\overline{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2})$$

Fråga 1: Medelvärde av kvadrat

- I beräkning av medelvärdet för den kinetiska energin för atomer behövde vi beräkna:

$$\overline{v^2}$$

Vilken av relationerna är rätt?

A) $\overline{v^2} = \overline{v} \cdot \overline{v}$

B) $\overline{v^2} = \overline{v \cdot v}$

$$\overline{E}_{\text{kin}} = \frac{m}{2} \overline{v^2} = \frac{m}{2} (\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}) = \frac{m}{2} 3\overline{v_x^2}$$

Fråga 2: Medelfart på partikel

- Hur beräknas medelvärdet av farten på en atom i gasen?

A)

$$\bar{v}$$

B)

$$\sqrt{\bar{v}^2}$$

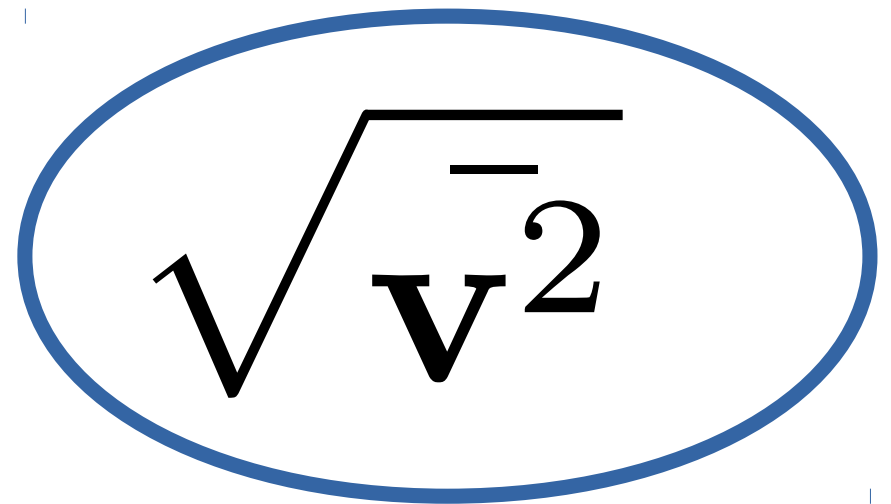
Fråga 2: Medelfart på partikel

- Hur beräknas medelvärdet av farten på en atom i gasen?

A) $\overline{\mathbf{v}}$

= $\mathbf{0} = (0,0,0)$ = noll

B)


$$\sqrt{\overline{v^2}}$$

"Root-Mean-Square (RMS) farten"

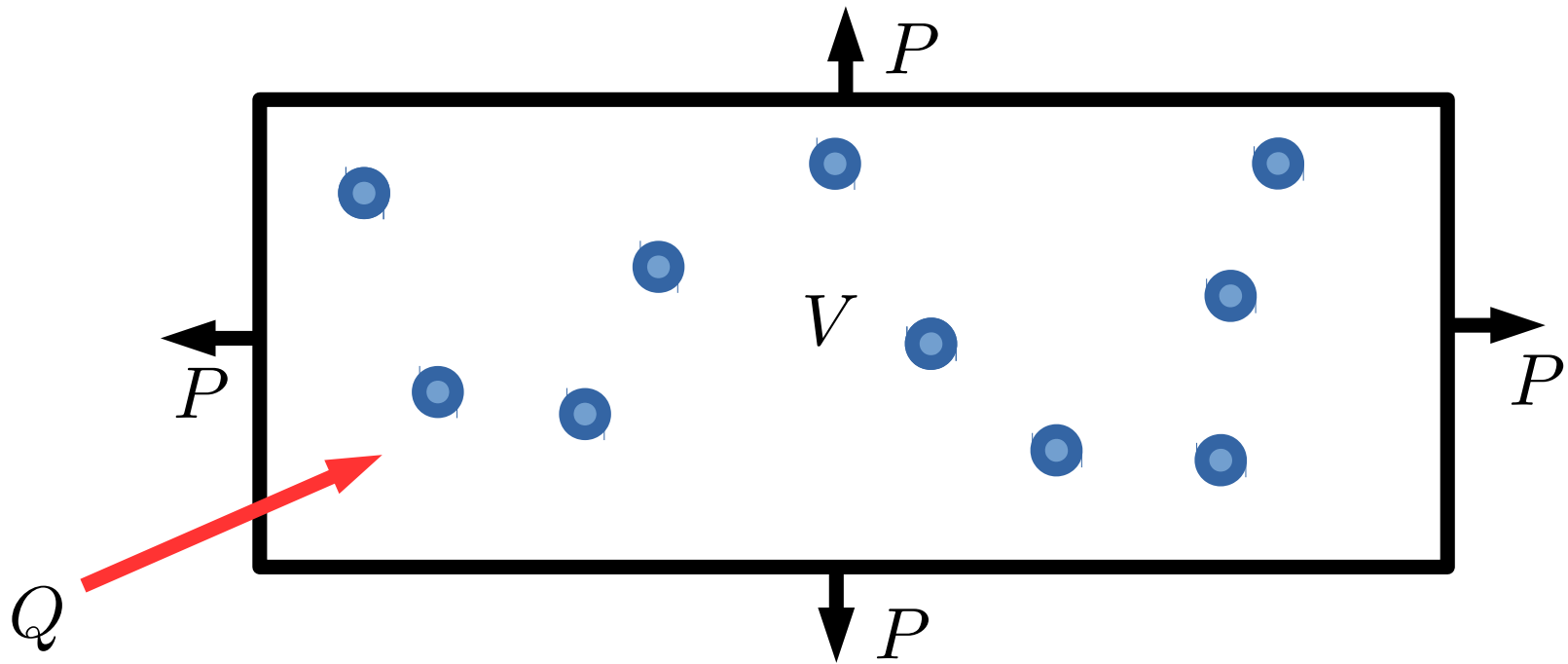
Exempel: En kvävemolekyl (N_2) har en RMS fart på 500 m/s vid rumstemperatur.

Föreläsning #2:

Inre energi, värme och arbete

- Vad är temperatur?
- Hur kan **värme** tillföras på ideal gas
- Hur kan **arbete** utföras på ideal gas
- **Entalpi**
- Fasövergångar

Gas i låda med konstant volym, V

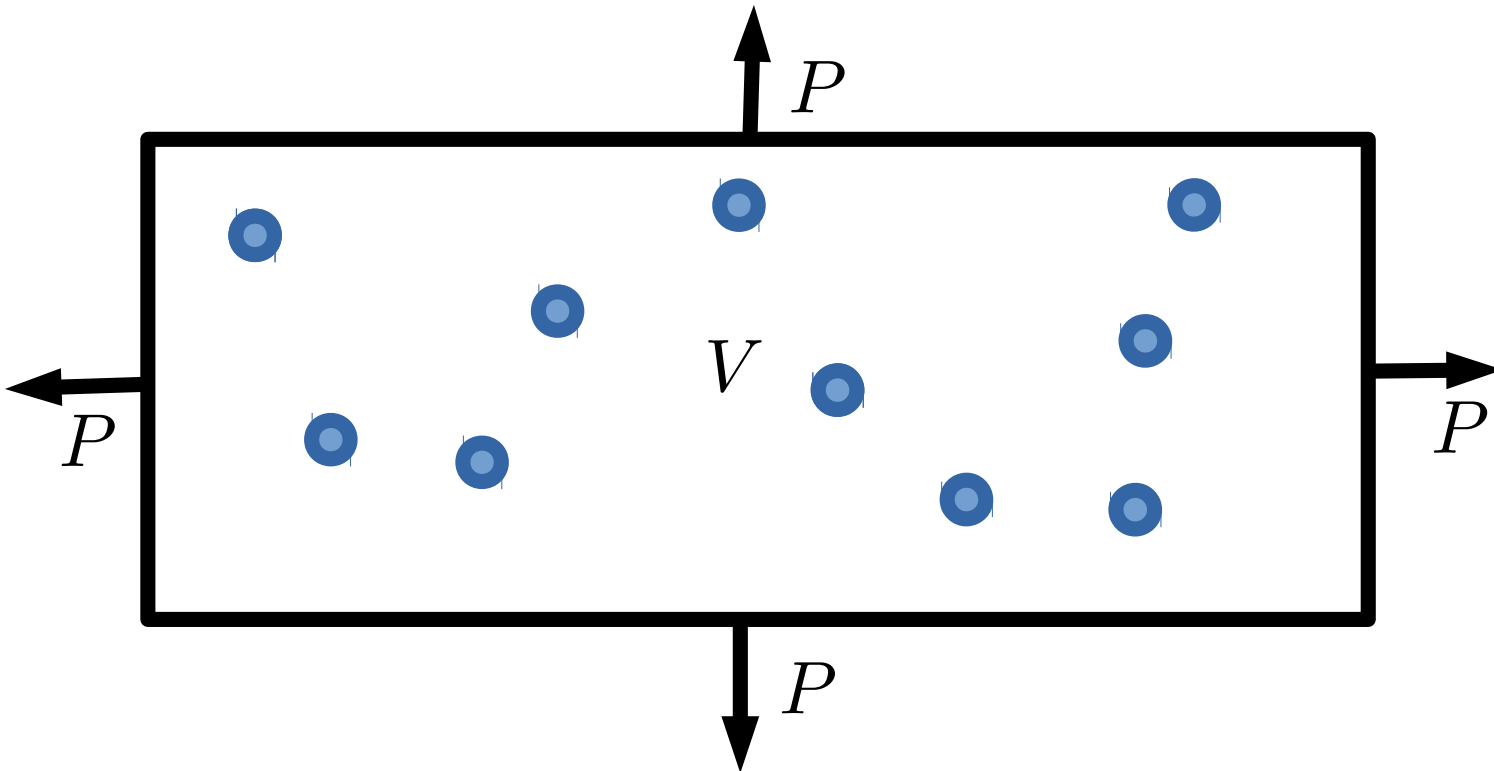


Värme tillförs systemet
→ temperaturen höjs.

Ideal gas:

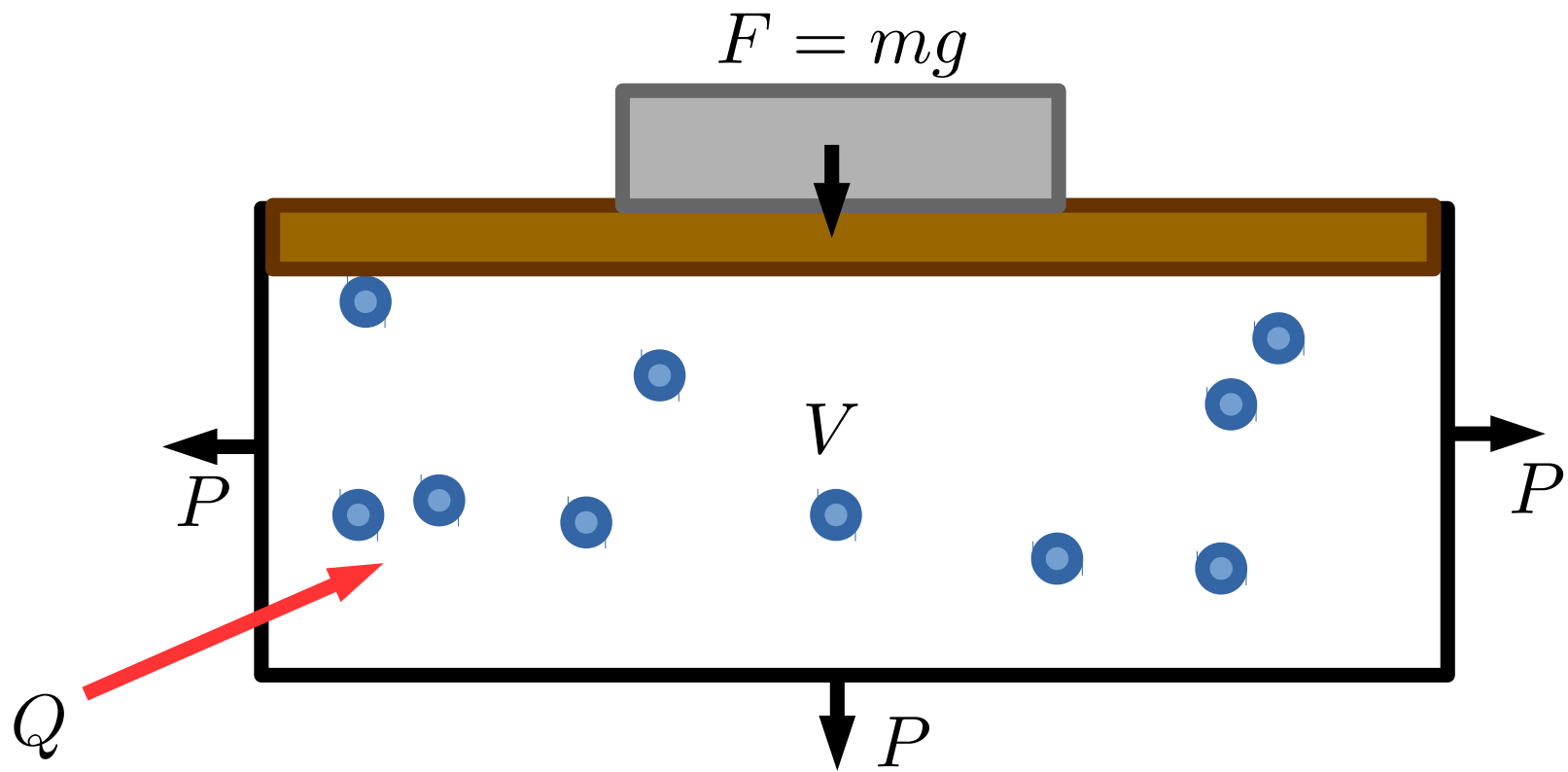
$$PV = NkT$$

Gas i låda med konstant volym, V



Trycket ökar men volymen hålls konstant.
FRÅGA: Vad händer med den inre energin?

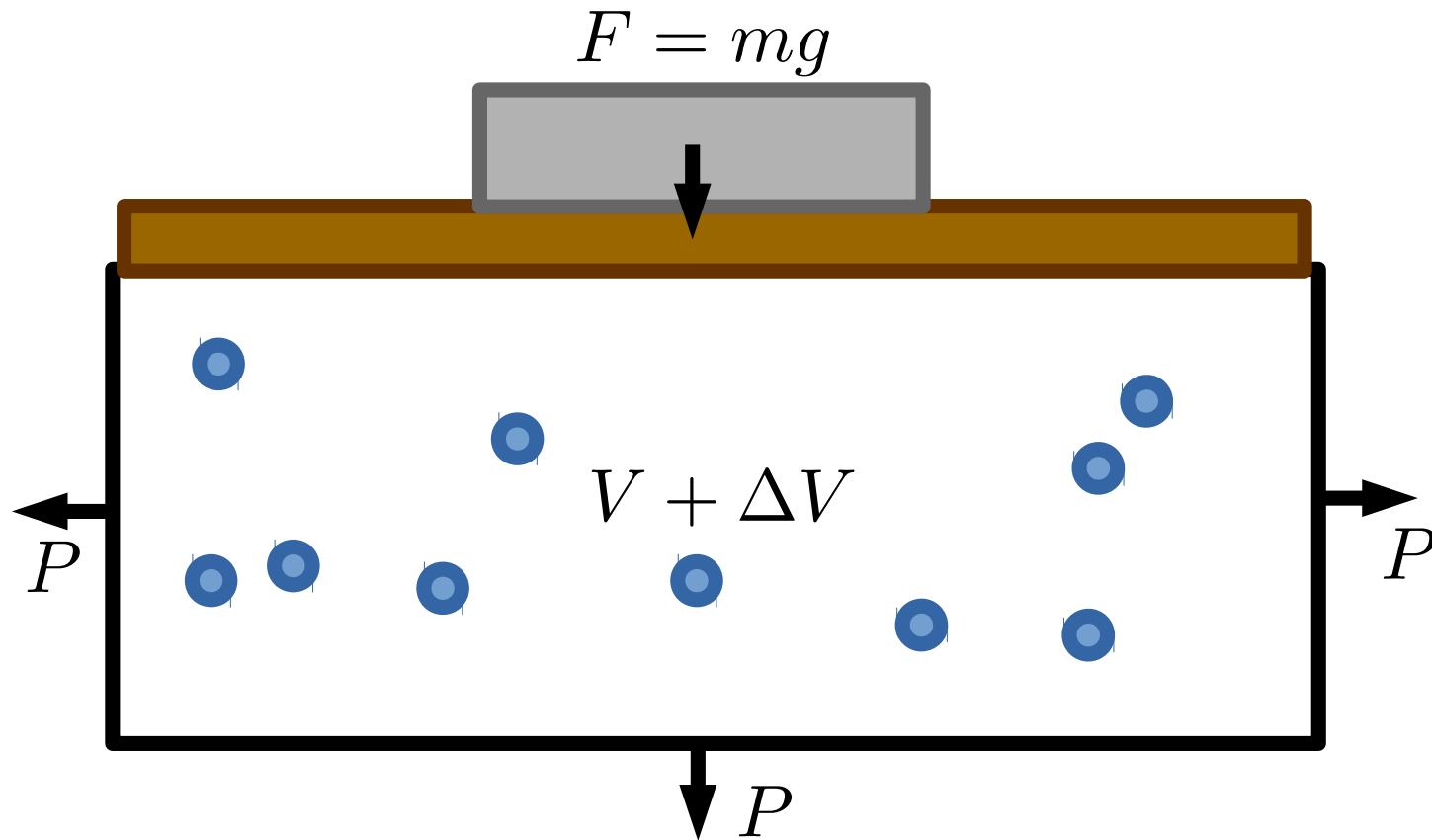
Gas i låda med konstant tryck, P



Värme tillförs systemet
→ temperaturen höjs.

Ideal gas:
 $PV = NkT$

Gas i låda med konstant tryck, P



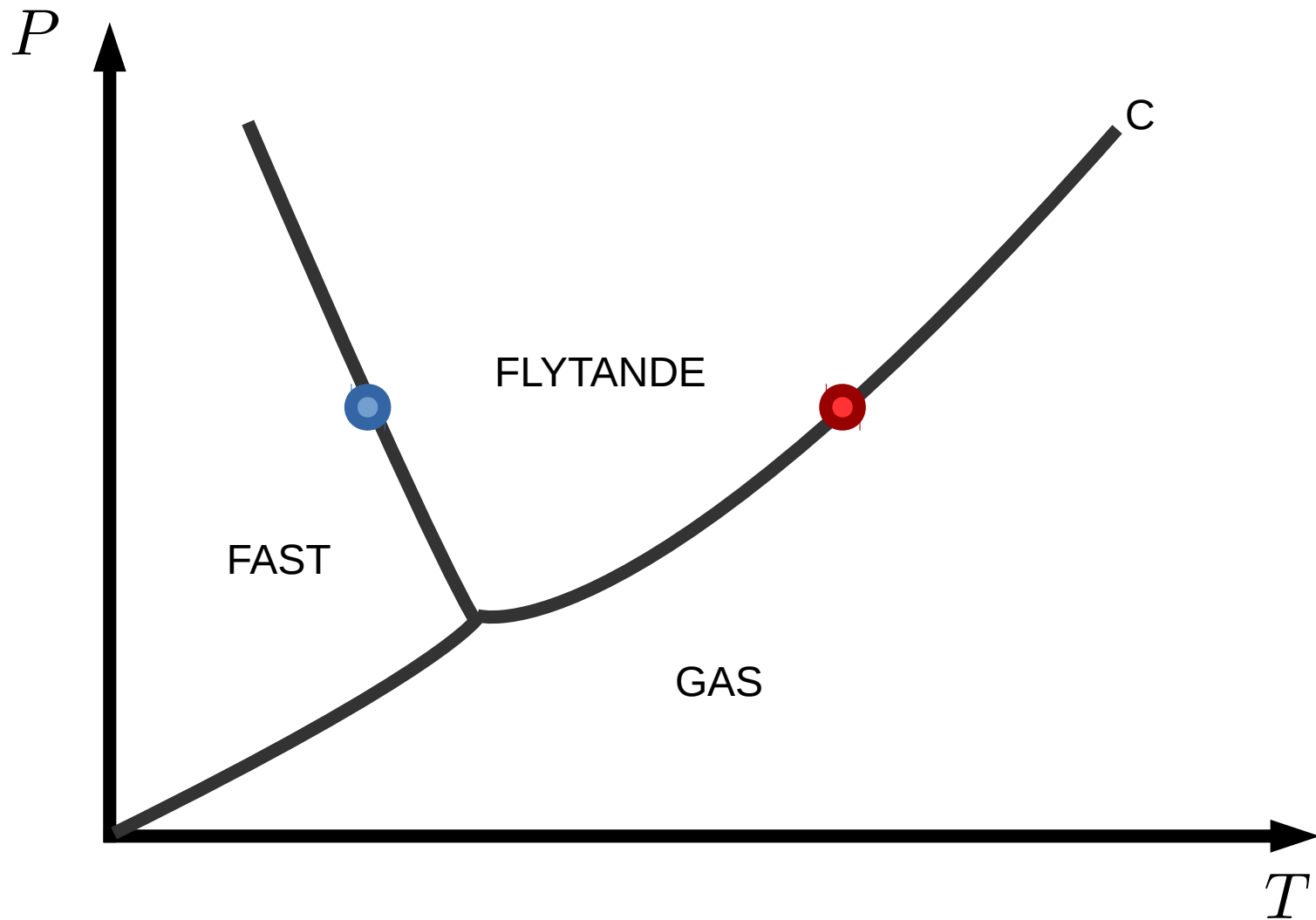
Volymen ökar...

FRÅGA: vad händer med inre energin?



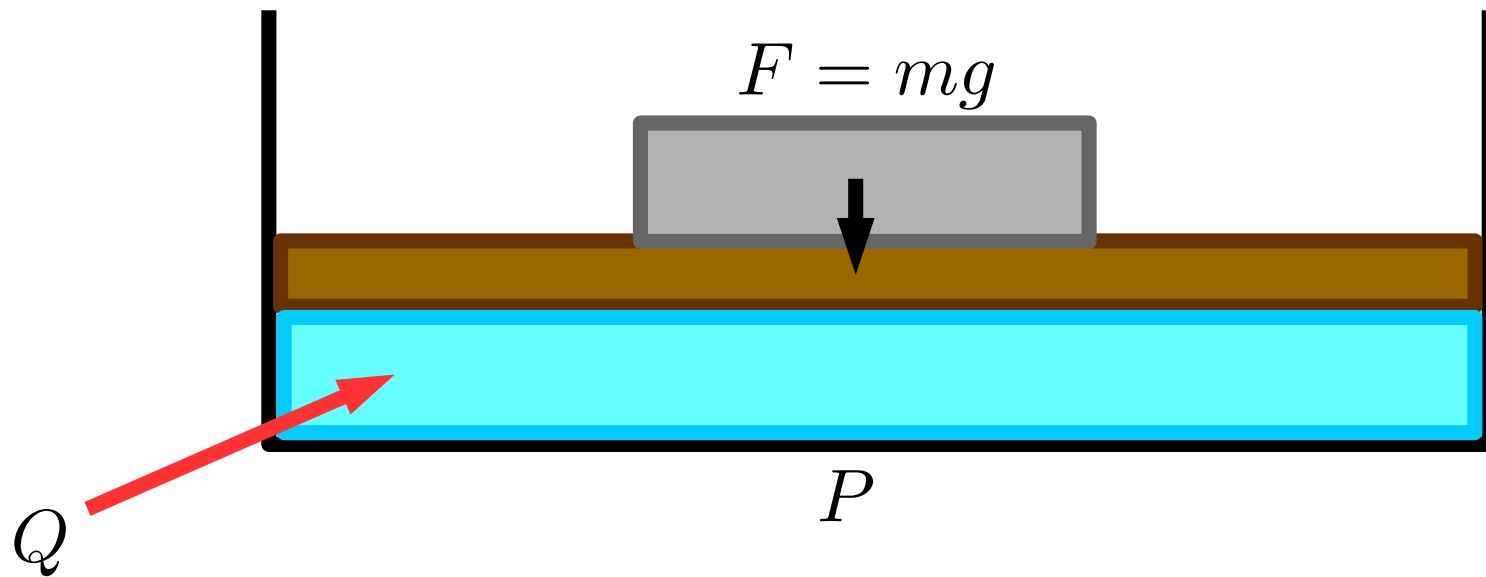


Fasdiagram



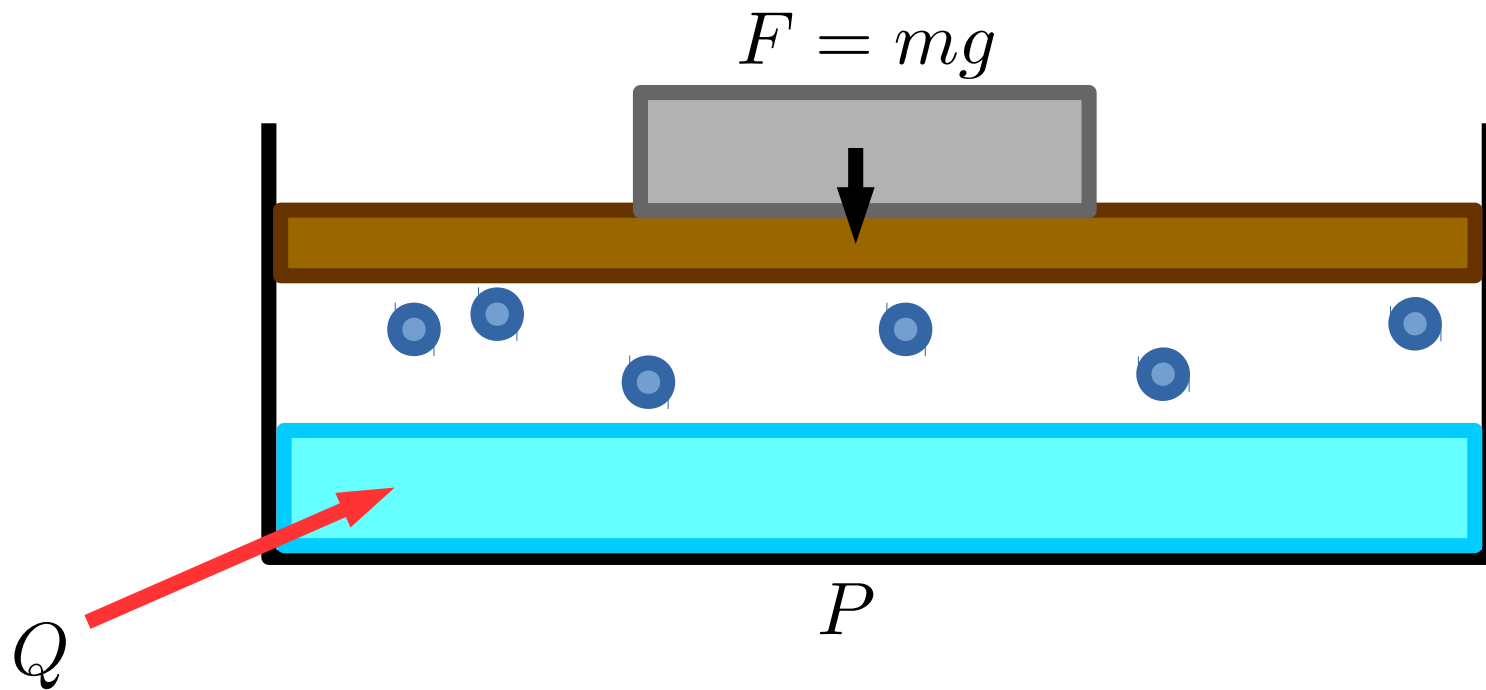
"Frys punkt" och "kokpunkt" beror på trycket, P .

Fasövergångar



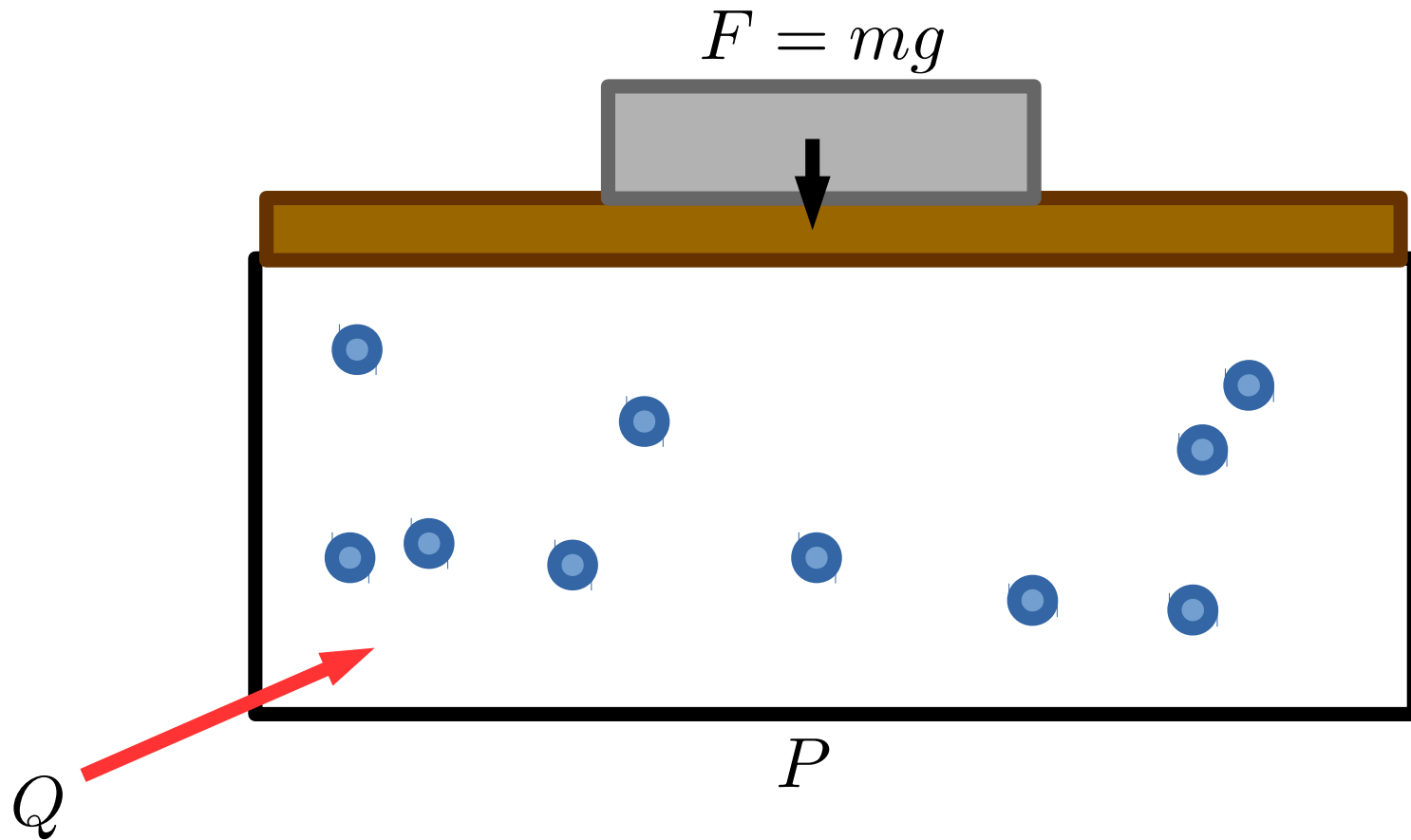
Temperaturen i vattnet ökar med tillförd värme till 100 grader.

Fasövergångar



Temperaturen på vattnet är konstant 100 grader och värmen skapar ånga. Volymen på systemet ökar kraftigt (ångan tar upp mycket plats)!

Fasövergångar



Temperaturen på ångan ökar med tillförd värme till mer än 100 grader.

Sammanfattning

- Temperatur är det man mäter med en termometer (operativ definition).
- Temperaturen anger viljan att avge värme
- **Om T ökar så ökar U.**
- Värmekapacitet och värmekapacitivitet
- Entalpi och fasomvandlingsentalpi
- Isoterm process = långsam: konstant temp. **$W=-Q$**
- Adiabatisk process = snabb: ingen värme **$Q=0$**