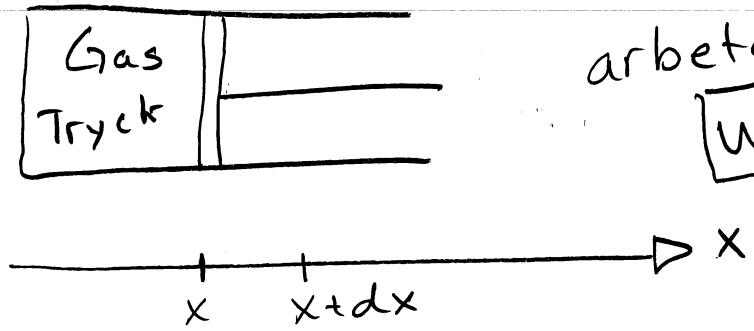
Föreläsning 2

Repetition:

Inre energi,	U
Värme	Q
Arbete	W

Processtorheter: Q, W

Tillståndsstorheter: U



arbete = kraft · väg

$$\boxed{W = F_s \cdot s}$$

$$dW = -P \cdot \underbrace{A \cdot dx}_{dV} = -P\,dV$$

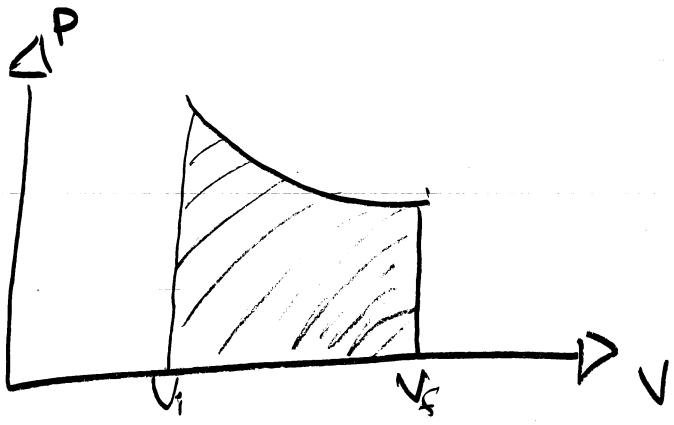
$$\Rightarrow \boxed{W = -\int_{V_1}^{V_f} P\,dV}$$

Energin konserveras

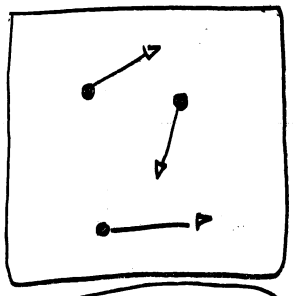
$$\boxed{\Delta U = Q + W}$$

1:a huvudsatsen.

Hur än förhållandet mellan tryck & volym ser ut så ska man integrera!



Ideal Gas



Stort antal partiklar, vi är <u>inte</u> intresserade av att beskriva vad varje partikel gör.

Vi försummar all växelverkan mellan molekylerna.

Detta kan göras om gasen är <u>tunn</u> & har <u>hög hastigh.</u>

Medelhastigh. är noll i alla riktningar.

$$\frac{1}{N}\sum^{N} u_i = 0$$

Inre energin $U = \sum_{i=1}^{N} T_i = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{2} m v_i^2$

Hur relaterar U med tryck, volym, temp?

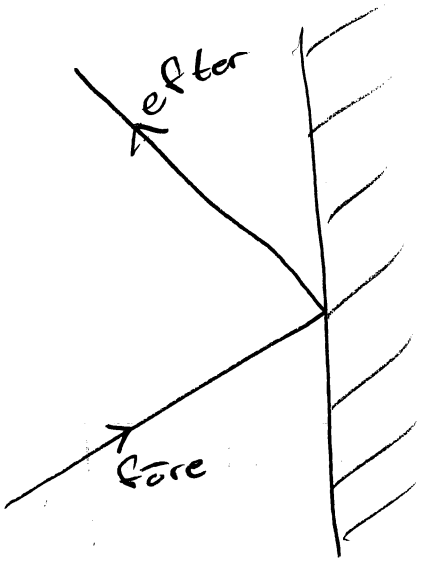
<u>En</u> molekyl med hastigheter $\bar{v} = (v_x, v_y)$

$\Rightarrow \bar{p} = (mv_x, mv_y)$

$p_{y\text{-efter}} = p_{y\text{-före}}$

$p_{x\text{-efter}} = -p_{x\text{-före}}$

$\Rightarrow \Delta p_x = -2p_x$



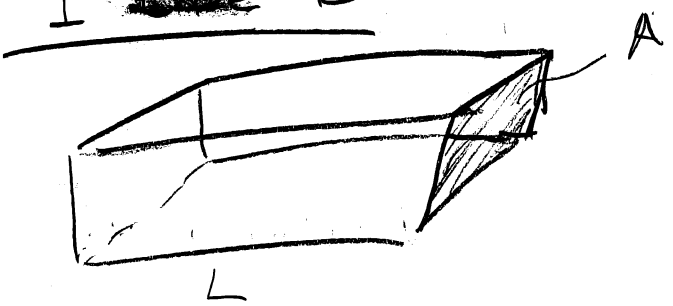
Newton säger: $\boxed{F = \frac{dp}{dt}}$

Kraften på partikeln från väggen.

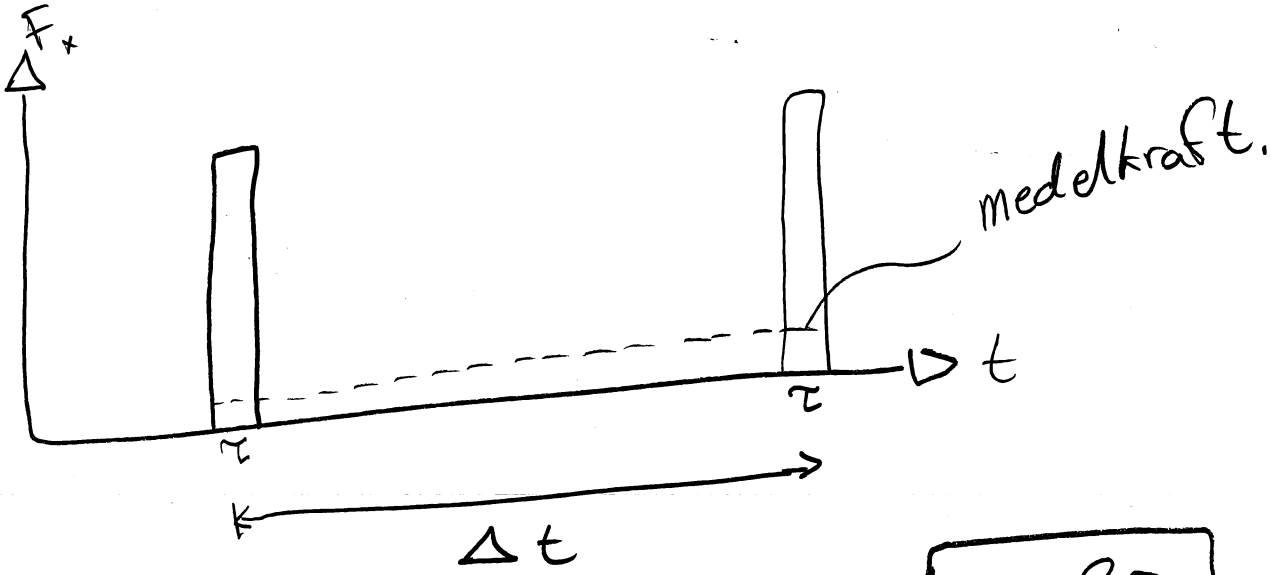
(Antag stöttiden $= \tau$)

$$F_x = \frac{\Delta p_x}{\tau} = -\frac{2p_x}{\tau}$$

I [redacted] - D



Hinner under tiden $\Delta t = \frac{2L}{v_x}$ fram och tillbaka.



Kraft i medeltal: $\bar{F}_x \cdot \Delta t = F_x \cdot \tau \Rightarrow \boxed{\bar{F}_x = -\frac{2p_x}{\Delta t}}$

Trycket på väggen i medeltal

$$P_1 = -\frac{\overline{F_x}}{A} = -\frac{1}{A}\left(-\frac{2p_x}{\Delta t}\right) = \frac{1}{A}\cdot\frac{2p_x}{2L/v_x} = \frac{mv_x^2}{\underbrace{AL}_{V}}$$

N partiklar (alla partiklar)

$$① \quad \boxed{P = \frac{N}{V}\cdot m\overline{v_x^2}} \Rightarrow \overline{v_x^2} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} v_{xi}^2$$

Inre energin $U = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{2} m v_{xi}^2 = Nm\frac{1}{2}\overline{v_x^2}$

Nu tittar vi på vektorn $\bar{v} = (v_x, v_y, v_z)$

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} \Rightarrow \overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$$

så totala energin blir:

$$② \quad \boxed{U = \frac{3}{2} Nm\overline{v_x^2}}$$

① och ② ger: ③ $\boxed{U = \frac{3}{2} pV}$

Uttryckt i temperatur

Allmänna gaslagen: $\boxed{pV = nRT}$

n = ~~antal~~ mol i gasen

R = gaskonstant

KEMI → $\boxed{n \cdot R = k \cdot N}$ ← FYSIK

k = boltzmanns konst.

N = antal partiklar

$\Rightarrow \boxed{pV = NkT}$ — Bättre gaslagen

$\boxed{U = \frac{3}{2} NkT} \rightarrow$ Kinetiska energin för en molekyl

$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$

Varje atom har energin $\frac{1}{2}kT$ i varje frihetsgrad. (x, y, z-led)

En tvåatomig molekyl kan rotera och vibrera => suga åt sig mer energi.

Kan bara rotera kring två axlar, ej symmetriaxeln.
(sfärer kan ej rotera)

=> Därför har tvåatomiga molekyler ytterligare två frihetsgrader: $\boxed{U = \frac{5}{2}kT}$

$$\boxed{\text{Allmänt } U = \frac{f}{2}NkT}$$

 : $f = 3$

 : $f = 5$

Kinetiska energin är alltid $f = 3$ säkert.

Värmekapacitet

Hur mycket ökar inre energin då temperaturen ökar?

a) $C_V = \left(\frac{Q}{\Delta T}\right)$ vid konst. volym

b) $C_p = \left(\frac{Q}{\Delta T}\right)_p$ vid konst. tryck

Härleda nästa timme

a) V konst $\Rightarrow$ inget arbete utförs

$\left(-\int p\,dV = 0 = W\right)$

$$\Delta U = Q + W = Q$$

$$\Rightarrow C_V = \left(\frac{\Delta U}{\Delta T}\right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$$

Om i ideal gas: $U = \frac{f}{2} NkT$

$$\Rightarrow C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = \boxed{\frac{f}{2} Nk}$$

b) $\Delta U = Q - \int p\,dV \overset{p \text{ konst.}}{=} Q - p\Delta V$

$$Q = \Delta U + p \cdot \Delta V$$

$$C_p = \left(\frac{Q}{\Delta T}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p + p\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

Om i ideal gas:

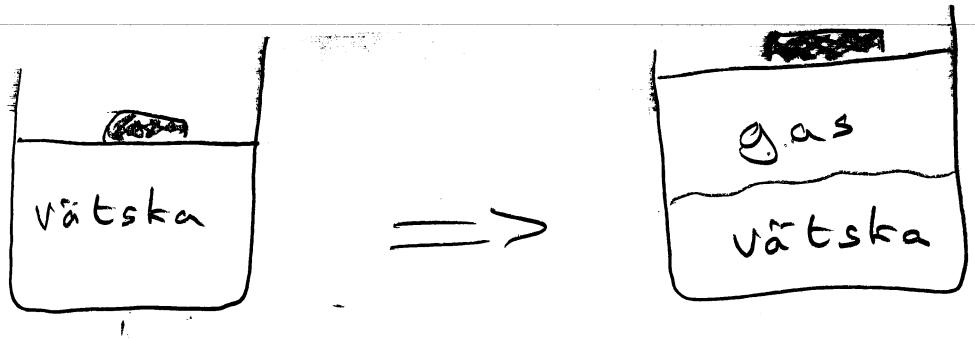
$$\begin{cases} U = \frac{f}{2} NkT \\ V = \frac{NkT}{p} \end{cases} \Rightarrow C_p = \frac{f}{2} Nk + Nk = Nk\left(1 + \frac{f}{2}\right)$$

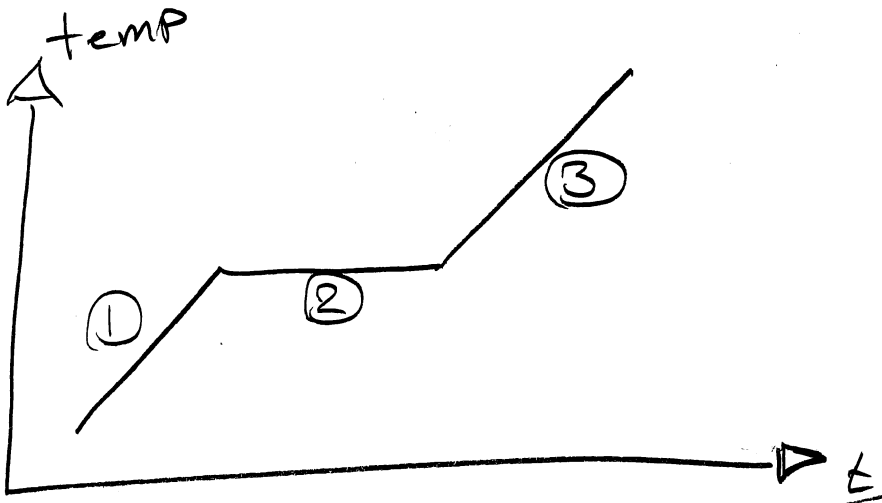
$$= C_V + Nk$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\left(1+\frac{f}{2}\right)Nk}{\frac{f}{2}\cdot Nk} = 1 + \frac{2}{f} = \begin{cases} 5/3 & \text{för enatomig} \\ 7/5 & \text{för tvåatomig} \end{cases}$$

Vad är värmekapacivitet? GOOGLE

Process där vätska värms & förångas





1. Vätskan värms upp
2. Fasomvandling (vätskan förångas)
3. Gasen värms upp

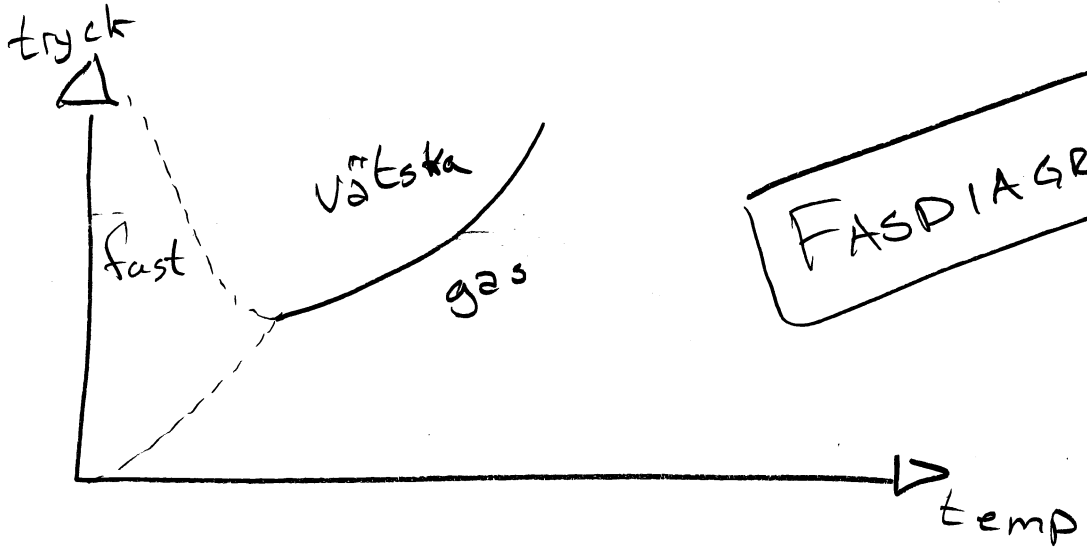
Fasomvandlingsentalpin L

Mängden värme som krävs för att överföra 1 kg av ämnet från en fas till en annan.

ångbildning

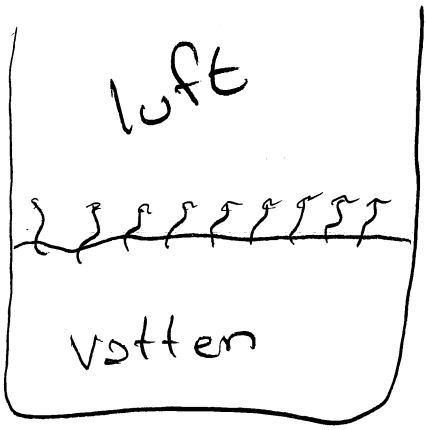
$$L = \frac{Q}{m} \quad , (L = 2260 \text{ kJ/kg för } H_2O)$$

Ångbildningen sker vid temp T_0. Hur varierar T_0 med trycket?



FASDIAGRAM

Relativ fuktighet



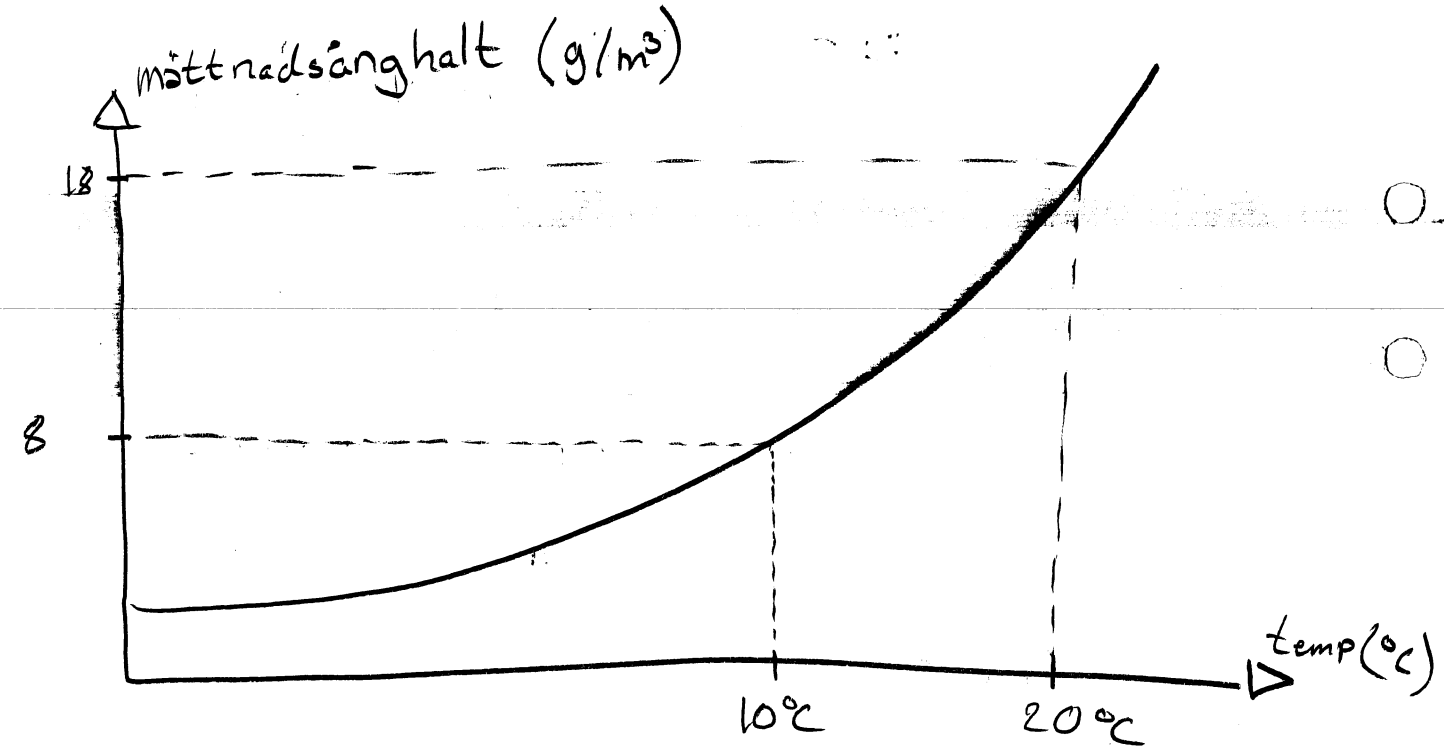
Vatten övergår i gasfas.

Gasens tryck = luftens tryck + ångans tryck.

partialtryck!

Def Relativfuktighet = $\frac{\text{ångans tryck}}{\text{mättnadstrycket}} \leq 100\%$

Dagg kan bildas då den går över 100% på natten (låg temp).



Om 100% luftfuktighet vid 20°C,

På natten: 10°C

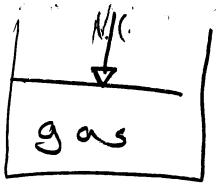
=> 8 g/m³ blir dagg!

How Dagg Works

Expansion & kompression av ideal gas

Beräkning av arbetet och värme i processen då:

a) temp. är konst. – isoterm process (mycket långsamt)



b) Inget värmeutbyte med omgivning – adiabatisk process (snabbt)

$$\boxed{\text{Arbete } W = -\int_{V_i}^{V_f} p\,dV}$$

a) Fria energin $U = \frac{1}{2} NkT$

T konst. $\Rightarrow$ U konst.

$\Delta U = Q + W = 0 \Rightarrow \boxed{-Q = W = -\int_{V_i}^{V_f} p\,dV}$

$$= -\int_{V_i}^{V_f} \underbrace{\frac{NkT}{V}}_{\text{allmänna gaslagen.}} dV = -NkT\left[\ln(V)\right]_{V_i}^{V_f} = \boxed{NkT \cdot \ln\frac{V_1}{V_2}}$$

b) Inget värmeutbyte => $Q = 0$

$$\Rightarrow \Delta U = W$$

$$U = \frac{f}{2} NkT$$

$$dU = \frac{f}{2} Nk\,dT = \delta W = -p\,dV$$

$$\Rightarrow \frac{f}{2} Nk\,dT = -\frac{NkT}{V} dV$$

$$\Leftrightarrow \frac{f}{2} \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T} = -\int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V}$$

$$\Leftrightarrow \frac{f}{2} \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) = -\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$\Leftrightarrow \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)^{f/2} = \ln\left(\frac{V_i}{V_f}\right)$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{T_f}{T_i}\right)^{f/2} = \frac{V_i}{V_f} \Leftrightarrow \boxed{V_i \cdot T_i^{-f/2} = V_f \cdot T_f^{f/2}}$$

Använd gaslagen:

$$\boxed{pV^{\gamma} = \text{konstant}}$$