6. Fysikk i væsker og gasser

Aggregattilstander: fast form, væske, gass, plasma...

Massetetthet, ρ til et stoff

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

m ← massen

V ← volumet

ρ ← rho

eks: gull $\rho = 19{,}3 \frac{g}{cm^3}$ aluminium $\rho = 2{,}7 \frac{g}{cm^3}$

vann $\rho = 1{,}0 \frac{g}{cm^3}$ luft $\rho = 1{,}29 \frac{g}{cm^3}$ (ved havet)

eks. 6.1 Bad, gulv $9{,}6\ m^3$, takhøyde $2{,}40\ m$

a) Finn m av lufta i rommet hvis $\rho = 1{,}24 \frac{kg}{m^3}$

$$V = A \cdot h = 9{,}6\ m^2 \cdot 2{,}40\ m = 23{,}04\ m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V = 1{,}24 \frac{kg}{m^3} \cdot 23{,}04\ m^3 = \underline{29\ kg}$$

b) Finn massen av et vannfylt baderom.

$$\rho \approx 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$m = \rho V = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 23{,}04\ m^3 \approx \underline{23 \cdot 10^3\ kg}$$

Trykk

Når en kraft F virker vinkelrett på en flate med areal A, er trykket på flaten kraften per areal:

$$p = \frac{F}{A} \qquad \text{(skalar)}$$

$$\left[\frac{N}{m^3} = Pa,\ \text{pascal}\right]$$

<u>eks.</u> Stå på en mynt med $A = 4{,}0\,cm^3$. Din masse, 70 kg.

Trykk under mynt:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{70\,kg \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2}}{4{,}0 \cdot 10^{-4}\,m^2} = \underline{1{,}7 \cdot 10^{6}\,Pa}$$

<u>Lufttrykk</u> rundt oss.

$p_0 = 101\,kPa$ standard ved havnivå

Måles med barometer

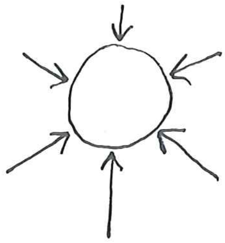
p avtar med høyden. (1,3 kPa per 100 m i starten)

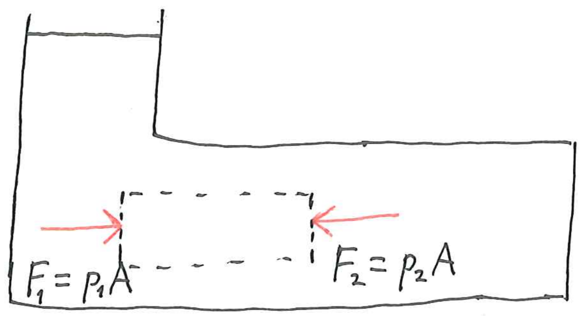
<u>Enheter</u>: bar, atm, torr, psi

(Overtrykk = p over p_0)

<u>Trykk i væsker:</u> 90° på overflaten.

Er lik i lik høyde.





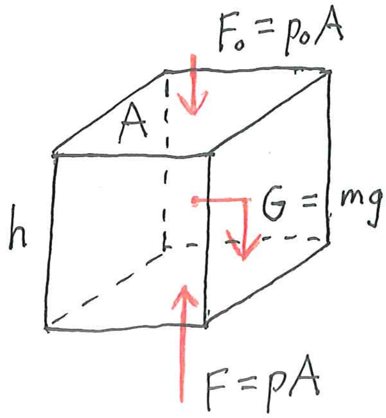
$\Sigma F = 0$

$F_1 = F_2$

$p_1 = p_2$

p i en væske i ro = hydrostatisk trykk

$p = p_0 + \rho g h$ der p_0 = trykk over væska fordi:



$$\Sigma F = 0$$

$$F - F_0 - G = 0$$

$$pA - p_0 A - mg = 0 \quad \text{og } m = \rho V = \rho A h$$

$$pA = p_0 A + mg$$

$$p = p_0 + \frac{mg}{A}$$

$$p = p_0 + \frac{\rho A h g}{A}$$

$$p = p_0 + \rho g h$$

eks. 6.3 a) p 5,1 m ned i ferskvann

$$p = p_0 + \rho g h = 101 \cdot 10^3 \, Pa + 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{N}{kg} \cdot 5{,}1 \, m$$
$$= 1{,}510 \cdot 10^5 \, Pa = \underline{1{,}5 \cdot 10^5 \, Pa}$$

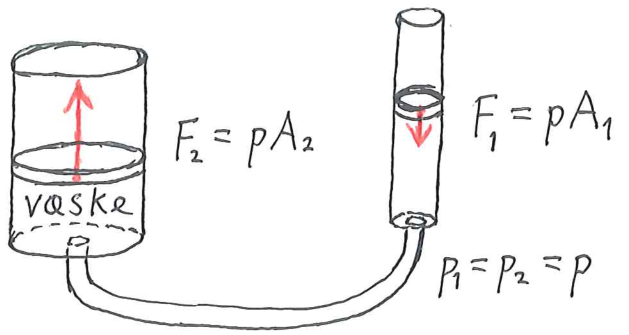
b) Trykkraften mot en flate på $0{,}25 m^2$ er:

$$p = \frac{F}{A}$$
$$F = pA = 1{,}510 \cdot 10^5 \, Pa \cdot 0{,}25 \, m^2 = \underline{38 \, kN}$$

90° på flaten.

Pascals lov: Når vi øver et ytre trykk på en væske i ro, vil trykket i hele væsken øke like mye som det ytre trykket.

eks. Hydrauliske maskiner



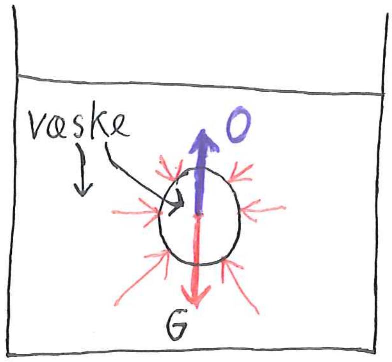
$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$
$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$$

(Hvis $A_2 = 10 \cdot A_1$ blir $F_2 = 10 \cdot F_1$)

Gasstrykk skyldes molekylbevegelser.
Brownske bevegelser
Molekylene støter mot veggene
Økt temp. vil si at fart og E_k øker

Oppdrift

Arkimedes lov: Et legeme som flyter eller er helt omgitt av en væske har en oppdrift lik G til den fortrengte væsken. Oppdriften virker rett opp.



$\sum F = 0$

$O = G$ for væskelegemet

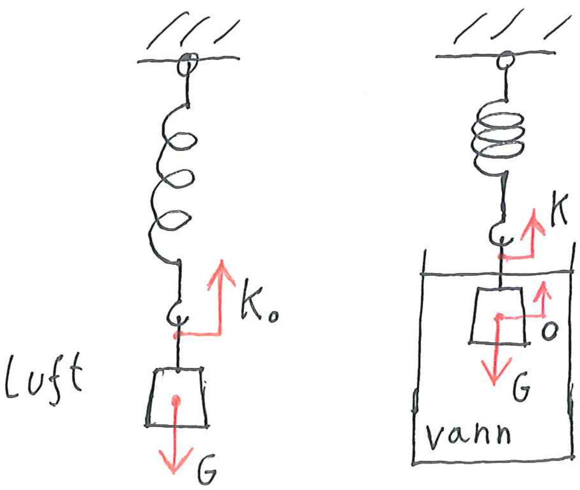
eks. 6.5 Lodd med $V = 100\,cm^3$ viser 2,65 N i luft. Henger så loddet i vann.

a) Finn oppdriften.

$$O = m_v \cdot g = \rho_v \cdot V \cdot g = 1{,}00 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 100 \cdot (10^{-2}\,m)^3 \cdot 9{,}81 \frac{N}{kg}$$

$$= \underline{0{,}981\,N}$$

b) Hva viser fjærvekta nå?



$\sum F = 0$

$K + O - G = 0$

$K = G - O$

$= 2{,}65\,N - 0{,}981\,N$

$= \underline{1{,}67\,N}$

Temperatur

$-273{,}15\,°C$ er det absolutte nullpunkt

$T = 273\,K + t$

↑ abs. temp. i Kelvin ↑ temp. i °C

Kinetisk gassteori har forenklinger:

* molekylene er i snitt langt fra hverandre
* de har ubetydelig volum
* de kolliderer elastisk

Den gj.snittlige translatoriske kinetiske energien E_k til molekylene i en gass med absolutt temp. T er:

$$E_k = \frac{3}{2}kT$$

Boltmannkonstanten $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{J}{K}$

Gjelder alle gasser.

$u = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\,kg$ er atommasseenheten

eks 6.6 a) $\bar{E}_k$ translatorisk til molekylene i He-gass når $t = 27\,°C$.

$$E_k = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{J}{K} \cdot (273+27)\,K = 6{,}210 \cdot 10^{-21}\,J = \underline{6{,}2 \cdot 10^{-21}\,J}$$

b) E_k translatorisk til alle molekylene i 4,0 gram He-gass.

$$m_{He} = 4{,}00\,u = 4{,}00 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}\,kg = 6{,}640 \cdot 10^{-27}\,kg$$

$$N = \frac{m}{m_{He}} = \frac{0{,}0040\,kg}{6{,}640 \cdot 10^{-27}\,kg} = 6{,}024 \cdot 10^{23}$$

$$E = N \cdot E_k = 6{,}024 \cdot 10^{23} \cdot 6{,}210 \cdot 10^{-21}\,J = \underline{3{,}7\,kJ}$$

c) $\frac{1}{2}mv^2 = E_k$

$$v = \sqrt{\frac{E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6{,}210 \cdot 10^{-21}\,J}{6{,}640 \cdot 10^{-27}\,kg}} = \underline{1{,}4\,\frac{km}{s}}$$

Tilstandslikningen

For en innestengt gass gjelder likningen

$\frac{pV}{T} = \text{konst.}$

$\left.\begin{array}{l} p = \text{trykk} \\ V = \text{volum} \\ T = \text{absolutt temp.} \end{array}\right\}$ til gassen

Dvs. $\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$ for en innestengt gass.

eks. 6.7 $p = 151\,kPa$ ved $0°C$ i ei stålflaske. Vi varmer opp flaska til $p = 180\,kPa$ mens V er uendret. Finn ny temp.

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \quad \text{og} \quad V_2 = V_1 = V$$

$$\frac{p_2 V}{T_2} = \frac{p_1 V}{T_1} \quad \Big| :V$$

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1} \quad \Big| \cdot T_2 \cdot T_1$$

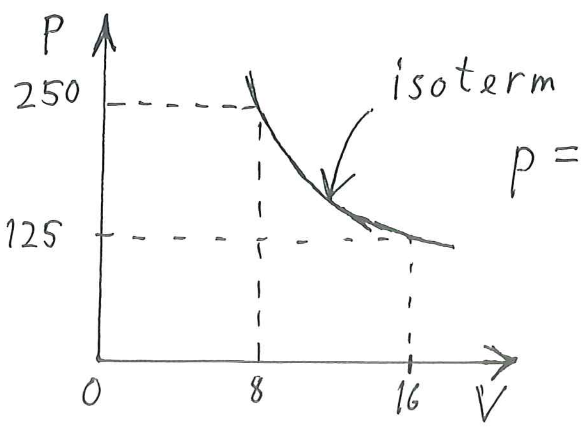
$$\frac{p_2 \cdot T_2 \cdot T_1}{T_2} = \frac{p_2 \cdot T_2 \cdot T_1}{T_1}$$

$$p_2 \cdot T_1 = p_1 \cdot T_2$$

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot T_1 = \frac{180\,kPa}{151\,kPa} \cdot 273\,K = \underline{325\,K}$$

dvs. $t = (325 - 273)°C = 52°C$

p-V-diagram:



$p = \frac{\text{konst.}}{V}$

En idealgass følger T.likningen 100%.
Virkelige gasser avviker lite når p er max noen få atmosfærer og T godt over kondenserings-temp.

T.likningen for en idealgass med volumet V, trykket p og temperaturen T er:

$$pV = NkT$$

der N er antall molekyler og k er boltzmanns-konstanten.

eks. 6.13 $p = 4{,}0\,MPa$, $T = 295\,K$ og $V = 15\,dm^3$ for en gass som så komprimeres isotermt til $10\,dm^3$.

a) Finn antall molekyler.

$$pV = NkT$$

$$N = \frac{pV}{kT} = \frac{4{,}0 \cdot 10^6\,Pa \cdot 15 \cdot (10^{-1}\,m)^3}{1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{J}{K} \cdot 295\,K} = 1{,}473 \cdot 10^{25} = \underline{1{,}5 \cdot 10^{25}}$$

b) Finn nytt trykk. T er uendret.

$$p_2 V_2 = NkT_2$$

$$p_2 = \frac{NkT_2}{V_2} = \frac{1{,}473 \cdot 10^{25} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{J}{K} \cdot 295\,K}{10 \cdot (10^{-1}\,m)^3}$$

$$= \underline{6{,}0\,MPa}$$