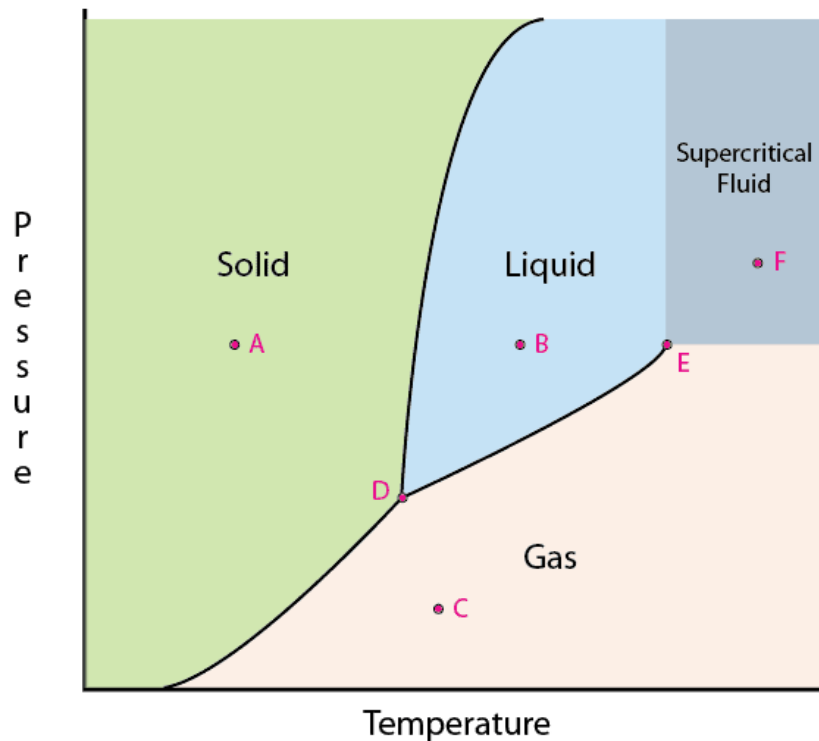

Termodynamik og gasser

Fysik b

Hillerød Tekniske Gymnasium

U/Nord

november 2021 - Januar 2022



Underviser: Christine Buur Rasmussen

CRSM@unord.dk

Indhold

Lektion 0	1
Specifik varmekapacitet	1
Isolerede systemer	1
Fællestemperatur	1
Densitet	2
Lektion 1	3
Temperatur	3
Smeltepunkter og kogepunkter	3
Faseovergange	4
Smeltevarme og fordampningsvarme	4
Lektion 2	6
Tyngdekraft	6
Tryk	6
Lektion 3	8
Tryk i væskesøjle	8
Lektion 4	10
Opdrift	10
Lektion 5	12
Idealgas	12
Idealgasloven	12
Boyle-Mariottes lov	12
Lektion 6	13
Gay-Lussacs lov	13
Charles' lov	13
Lektion 7	15
Gassers densitet	15

Lektion 0: Opsummering af Grundforløbet

Læsestof: NV-noten

Specifik varmekapacitet

Hvis man hæve temperaturen af et materiale, skal der tilføres noget energi. Mængden af nødvendig energi er afhængig af mængden af materialet, størrelsen af temperaturændringen og selve materialet.

Den tilførte varme kan beregnes med kalorimeterligningen:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

Hvor Q er den tilførte varme målt i J, m er massen, ΔT er temperaturændringen, og c er den specifikke varmekapacitet, som har SI-enheden $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

Isolerede systemer

Et isoleret system er et afgrænset område, som ikke udveksler energi med omgivelserne.

I et isoleret system gælder:

$$\Delta E = 0 \quad (2)$$

Hvilket medfører:

$$Q_{afgivet} = -Q_{optaget} \quad (3)$$

Fællestemperatur

Hvis en varm og kold genstand sættes sammen i et isoleret system, vil den varme genstand afgive varme til den kolde genstand, og de vil opnå en fællestemperatur.

Følgende gælder kun, hvis der ikke er nogle faseovergange!

For den varme genstand gælder:

$$Q_{afgivet} = m_v \cdot c_v \cdot (T_{slut} - T_v) \quad (4)$$

For den kolde genstand gælder:

$$Q_{optaget} = m_k \cdot c_k \cdot (T_{slut} - T_k) \quad (5)$$

Sættes det ind i udtrykket for isolerede systemer (3) fås:

$$m_v \cdot c_v \cdot (T_{slut} - T_v) = -m_k \cdot c_k \cdot (T_{slut} - T_k) \quad (6)$$

I ligning (6) kan man så isolere den ønskede fysiske størrelse.

En detaljeret udledning af fællestemperaturen er givet i jeres NV-note, ligningen (uden faseovergange) er givet herunder:

$$T_{slut} = \frac{m_v \cdot c_v \cdot T_v + m_k \cdot c_k \cdot T_k}{m_v \cdot c_v + m_k \cdot c_k} \quad (7)$$

Densitet

Densiteten (massefylden) er masse pr. volumenenhed:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (8)$$

Hvor ρ (rho) er densiteten med SI-enheden $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, m er massen og V er volumen (rumfanget).

Opgaver

Nogle specifikke varmekapaciteter kan slås op i Orbit B htx/eux kap. 2.6, og nogle densiteter kan slås op i Orbit B htx/eux kap. 1.5

- A)** En gryde af aluminium med massen 500 g sættes på en tændt kogeplade. Grydens temperatur stiger fra 22 °C til 90 °C. Hvor meget energi er gryden blevet tilført?
- B)** Der er 200 ml vand i en termokop ved temperaturen 22 °C. Et kobberlod tages direkte fra fryseren ned i koppen. Kobberet har massen 50 g og temperaturen i fryseren er −18 °C. Hvad bliver vandet og kobberets fællestemperatur?
- C)** I fysiklokalet findes et metallod, men ingen kan huske, hvilket metal loddet består af. Massen af loddet bestemmes til 47 g. For at finde volumen af loddet hældes der 100 ml vand i et målebæger. Loddet puttes i målebægeret, og på målebægeret aflæses 106 ml. Hvad er densiteten af metallodet? Hvilket metal består lodet sandsynligvis af?

Lektion 1: Faseovergange

Læsestof: Orbit B htx/eux kap. 2.7 og 2.8

Temperatur

Temperatur er atomernes gennemsnitlige kinetiske energi. SI-enheden for temperatur er Kelvin, K . Kelvinskalaen starter i det absolutte nulpunkt, altså der, hvor atomerne igen kinetisk energi har.

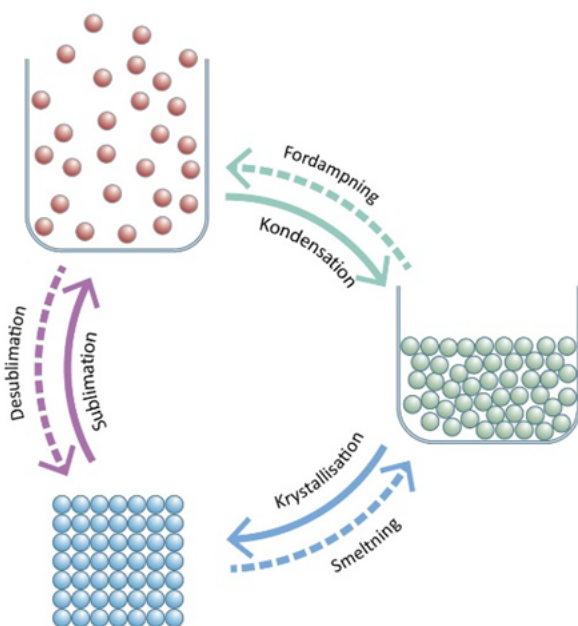
$$0\text{ K} = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (9)$$

Dvs. man omregner fra Celsius til Kelvin ved:

$$T\text{ [}^{\circ}\text{C]} + 273,15\text{ K} = T\text{ [K]} \quad (10)$$

Smeltepunkter og kogepunkter

Når et fast stof varmes tilstrækkeligt op, vil det begynde at smelte. Temperaturen, hvor dette sker, kaldes *smeltepunktet*. Varmes materialet yderligere nok op, vil det på et tidspunkt begynde at fordampe. Denne temperatur kaldes *kogepunktet*.



Figur 1 Betegnelser for faseovergange.
Fra *En verden af fysik C*

Faseovergange

Når et materiale går fra fast til flydende, og fra flydende til fast, kalder man det faseovergange. Faseovergangene har nogle bestemte betegnelser, se figur 1. *Kondensation* betegnes også nogle gange *fortætning*, og *krystallisation* betegnes også nogle gange *størkning*.

Smeltevarme og fordampningsvarme

I faseovergange ændres temperaturen af et materiale ikke, før alt materialet har skiftet fase. Så den energi, Q , der skal tilføres for at få materialet til at smelte er afhængig af mængden af materialet og materialet selv.

Den nødvendige varme, der skal tilføres for at få et materiale til at smelte, altså smeltevarmen, kan beregnes:

$$Q = m \cdot L_s \quad (11)$$

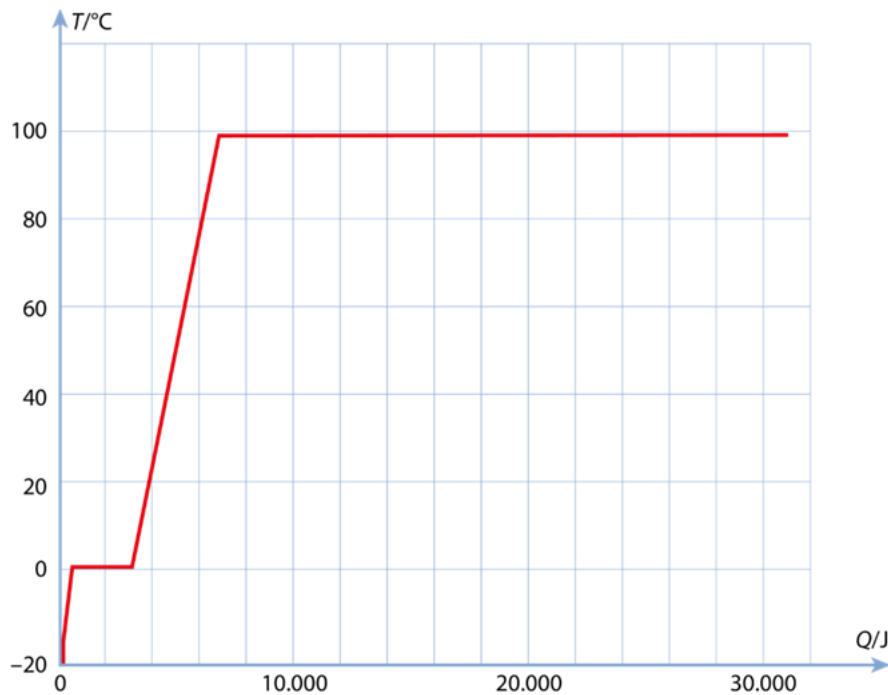
Hvor m er materialets masse og L_s er materialets specifikke smeltevarme. Den specifikke smeltevarme er en tabelværdi som har enheden $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Ligeledes kan fordampningsvarmen for et materiale beregnes:

$$Q = m \cdot L_f \quad (12)$$

L_f er materialets specifikke fordampningsvarme. Den specifikke fordampningsvarme er også en tabelværdi som har enheden $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

En opvarmningskurve er temperaturen af et materiale som funktion af varmen. For vand vil en opvarmningskurve se ud som på figur 2.



Figur 2 Opvarmningskurve for vand.
Fra Orbit B htx/eux

Opgaver

- A) Vand i en elkedel varmes op fra 15°C til 100°C . Hvad er temperaturændringen målt i $^{\circ}\text{C}$? Hvad er temperaturændringen målt i K?
- B) Hvorfor er enheden for den specifikke varmekapacitet $\left[\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right]$, imens den er $\left[\frac{\text{J}}{\text{kg}}\right]$ for den specifikke smeltevarme og fordampningsvarme?
- C) Hvor sker der faseovergange i figur 2?
- D) Hvad sker der mellem -20°C og 0°C i figur 2? Hvad sker der mellem 0°C og 100°C ?
- E) Hvad er massen af det opvarmede is/vand i figur 2?

Orbit B htx/eux (læreplan 2017)

2.8.1

2.8.3

2.8.5

Lektion 2: Tryk

Læsestof: Orbit B htx/eux (læreplan 2017) kap. 4.15

Tyngdekraft

Tyngdekraften virker på alle legemer i retningen af jordens centrum (i praksis betyder det som regel lige ned). I vakuum vil alle legemer falde med den samme acceleration, denne acceleration kaldes tyngdeaccelerationen, g , og er i Danmark $9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. SI-enheden for tyngdekraften er N (Newton). Tyngdekraften kan beregnes ved at bruge Newtons 2. lov og tyngdeaccelerationen:

$$F_t = m \cdot g \quad (13)$$

Tryk

Hvis man går rundt på et trægulv med flade sko, vil gulvet som regel ikke tage skade. Hvis man derimod ifører sig stilethæle, vil man kunne opleve, at hælene sætter mærker i gulvet. Kraften, gulvet påvirkes med i begge tilfælde er den samme (nemlig tyngdekraften på personen), men kraften er fordelt over vidt forskellige arealer i begge tilfælde. Dvs. trykket gulvet påvirkes af, af stilethælen er meget højere end af hælen på en flad sko.

Tryk er defineret som kraft pr. areal:

$$p = \frac{F}{A} \quad (14)$$

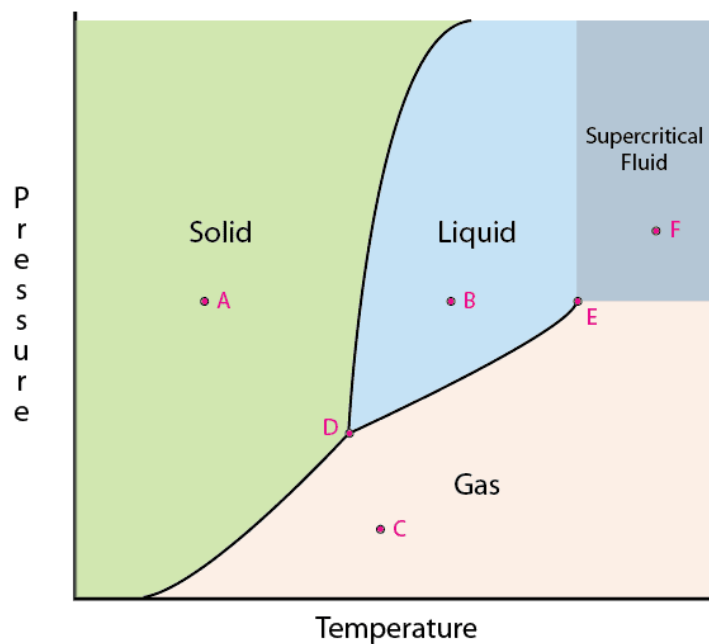
Hvor p er trykket, F er kraften og A er arealet.

SI-enheden for tryk er Pascal, $\frac{[\text{N}]}{[\text{m}^2]} = [\text{Pa}]$.

Men der bliver brugt mange forskellige enheder for tryk.

Opgaver

- A) Massen af en person er 75 kg. Hvor stor er tyngdekraften, personen påvirkes af?
- B) Hvilke enheder for tryk kender du? Hvordan omregnes de til enheden Pa?
- C) Hvilke hverdagssituationer kender du, hvor du benytter dig af tryk?
- D) Se på figur 3 og forklar hvad der sker i punkt A, B, C, D, og E (og F, hvis du kan!).



Figur 3 Et fasediagram.

Orbit B htx/eux (læreplan 2017)

3.1.2

3.1.4

3.1.6 (lav denne opgave til sidst)

En verden af fysik B (opgaverne herunder har links)

9.3

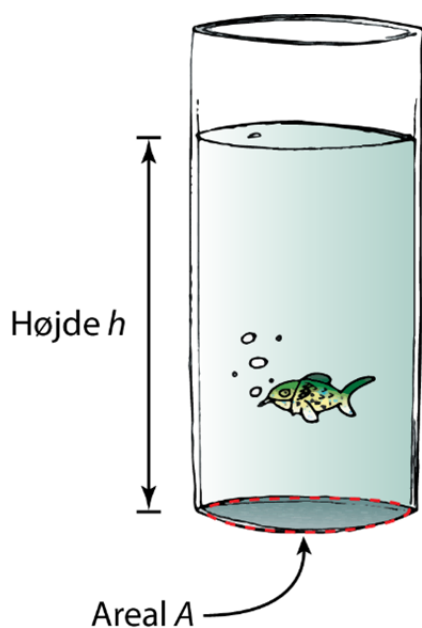
9.4

Lektion 3: Tryk i væskesøjle

Læsestof: Grundlæggende fysik kap. 2.11

Tryk i væskesøjle

Når man dykker i havet vil man kunne mærke en trykstigning i ørene først. Trykket kommer af tyngdekraften på vandet, der er over dykkeren. Man kan beregne trykket i en væskesøjle som i figur 4, på følgende måde:



Figur 4 Væskesøjle med højde h og tværsnitsareal A .
Fra *Orbit B htx/eux*

Væskesøjlen har højden h og tværsnitsareal A . Volumen af væskesøjlen er derfor:

$$V = A \cdot h \quad (15)$$

Densiteten af væsken er:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (16)$$

Så massen af væske i søjlen er:

$$m = \rho \cdot A \cdot h \quad (17)$$

Tyngdekraften på væsken kan så beregnes:

$$F_t = m \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g \quad (18)$$

Nu bruges definitionen på tryk:

$$p = \frac{F_t}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \rho \cdot h \cdot g \quad (19)$$

Derudover skal man også huske trykket på vandets overflade (det kunne være det atmosfæriske tryk), så udtrykket for det totale tryk i en væskesøjle bliver:

$$p = \rho \cdot h \cdot g + p_0 \quad (20)$$

Hvor p er trykket, h er væskesøjleens højde, g er tyngdeaccelerationen, ρ er densiteten af væsken, og p_0 er trykket på væskens overflade.

Opgaver

- A) Er trykket over eller under fisken i figur 4 størst?
- B) Hvad sker der med trykket på fisken i figur 4, hvis den samme mængde vand blev hældt ud i et stort badekar i stedet?

Orbit B htx/eux

3.1.5

3.2.5

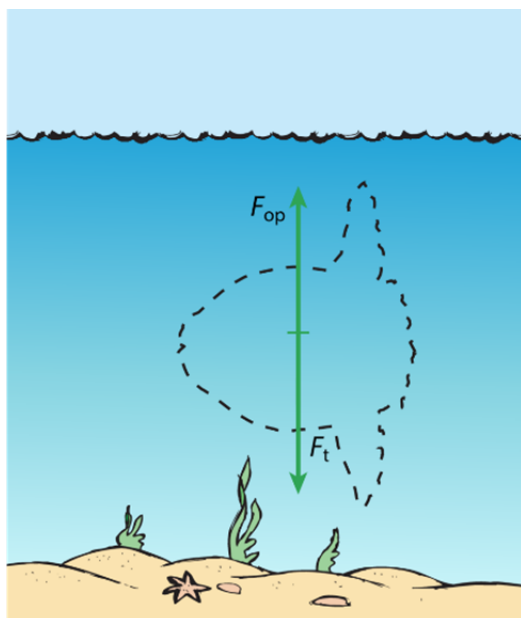
3.2.4

Lektion 4: Opdrift

Læsestof: Grundlæggende fysik B kap. 2.11

Opdrift

Når man holder en badebold under vand, mærker man tydeligt, at der er en kraft, der prøver at skubbe badebolden op. Denne kraft kaldes for opdriften. Opdrift opstår, da trykket på undersiden af bolden er større end på oversiden (se lektion "Tryk i væskesøjle").



Figur 5 Det bestemte volumen af vand er i denne figur omridset af klumpfiskens.
Fra *Orbit B htx/eux*

For at beregne opdriften af en genstand i vand, starter man med at beregne opdriften på det volumen af vand, som genstanden fortrænger, se figur 5. Da dette vand hverken flyder eller synker i forhold til det vand, det er i, må tyngdekraften være lig med opdriften (men i modsatte retning!):

$$-F_t = F_{op} \quad (21)$$

Massen af vandet må være lig med volumen ganget med densiteten:

$$m_{vand} = V_{vand} \cdot \rho_{vand} \quad (22)$$

Tyngdekraften på vandet må derfor kunne beregnes ved:

$$F_t = m_{vand} \cdot g = V_{vand} \cdot \rho_{vand} \cdot g \quad (23)$$

Da opdriften stammer af trykforskellen af det omkringliggende vand, må der for hvilken som helst genstand nedsænket i en væske gælde:

$$F_{op} = \rho_{fluid} \cdot V_{genstand} \cdot g \quad (24)$$

En fluid er en gas eller en væske, dvs. der er også opdrift i luft.

Opgaver

- A) Hvorfor synker en sten nedsænket i vand, selvom der er en opdrift på stenen?
- B) En kube med sidemål 2 m nedsænkes i vand, så at toppen af kuben er 10 m under vandoverfladen. Hvad er trykket på oversiden af kuben? Hvad er trykket på undersiden af kuben? Hvilken kraft bliver oversiden af kuben påvirket af? Hvilken kraft bliver undersiden af kuben påvirket af? Hvad er opdriften på kuben?

Orbit B htx/eux

3.3.2

3.3.3

Lektion 5: Idealgasloven

Læsestof: Orbit B htx/eux kap. 3.5 og Grundlæggende fysik B kap. 2.18 og 2.15

Idealgas

En idealgas er en gas, hvor alle gasmolekylerne er punktformede partikler, som ikke interagerer med hinanden, når de støder sammen. Siden molekylerne ikke interagerer med hinanden i idealgasmodellen, kan en idealgas heller ikke kondensere. Idealgasmodellen er mest præcis ved høje temperaturer og lavt tryk, men virker tilnærmelsesvis i mange tilfælde.

Idealgasloven

Idealgasloven beskriver sammenhængen mellem en idealgas' tryk, volumen, stofmængde og temperatur:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (25)$$

Hvor p er trykket, V er volumen, n er stofmængden målt i mol, T er temperaturen i K. R er gaskonstanten som er $8,31 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

Gaskonstanten er en anden, hvis der bruges andre enheder for tryk og volumen end hhv. Pa og m^3 .

Idealgasloven gælder kun præcist for idealgasser, men gælder ved god tilnærmelse for mange andre gasser også.

Boyle-Mariottes lov

I et lukket system, hvor stofmængden og temperaturen holdes konstant vil idealgasligningen kunne omskrives til:

$$n \cdot R \cdot T = \text{konstant} \quad (26)$$

$$p \cdot V = \text{konstant} \Leftrightarrow p = \text{konstant} \cdot \frac{1}{V} \quad (27)$$

Dette medfører også:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad (28)$$

Lektion 6: Gay-Lussacs og Charles' love

Læsestof: Grundlæggende fysik B kap. 2.14

Gay-Lussacs lov

I et system, hvor stofmængden og volumen holdes konstant, vil idealgasligningen kunne omskrives til:

$$\frac{nR}{V} = \text{konstant} \quad (29)$$

$$\frac{p}{T} = \text{konstant} \Leftrightarrow p = \text{konstant} \cdot T \quad (30)$$

Dette medfører også:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (31)$$

Dette kaldes Gay-Lussacs lov.

Charles' lov

I et system, hvor stofmængden og trykket holdes konstant, vil idealgasligningen kunne omskrives til:

$$\frac{nR}{p} = \text{konstant} \quad (32)$$

$$\frac{V}{T} = \text{konstant} \Leftrightarrow V = \text{konstant} \cdot T \quad (33)$$

Dette medfører også:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (34)$$

Dette kaldes Charles' lov.

Opgaver til Gay-Lussacs lov

- A) Tegn en skitse af en $p(T)$ -graf for et system, hvor Gay-Lussacs lov er gældende.
- B) Tegn nu et $p(V)$ -koordinatsystem. Hvordan skal en proces, med konstant volumen og med trykket proportionalt med temperaturen skitseres i et $p(V)$ -diagram? Skitsér for tre forskellige volumener!
- C) En kold morgen er temperaturen $8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Trykket i et bildæk denne morgen er $3,2 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Senere på dagen er temperaturen på dækket steget til $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hvad er trykket i dækket nu?

Opgaver til Charles' lov

- D) Skitsér en $V(T)$ -graf, hvor Charles' lov er gældende.
- E) Hvordan vil Charles' lov se ud i et $p(V)$ -koordinatsystem? Skitsér for tre forskellige tryk!
- F) En fodbold pumpes op til et volumen på $5,5\text{ L}$ med luft indenfor hvor temperaturen er $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Udenfor bliver boldens volumen dog $5,4\text{ L}$. Hvad er temperaturen udenfor?

Avogadros lov

- G) Indtil videre har vi kun set på tilfælde hvor stofmængden holdes konstant. Hvordan ville det se ud, hvis tryk og temperatur blev holdt konstant og stofmængden varieres?

Lektion 7: Gassers densitet

Læsestof: Orbit B htx/eux kap. 3.6

Gassers densitet

Densitet er som bekendt defineret som:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (35)$$

Gassers volumen ændres meget, når man ændrer trykket og temperaturen, dvs. densiteten af gassen ændrer sig også.

Densiteten af en gas kan beregnes med:

$$\rho = \frac{M}{R} \cdot \frac{p}{T} \quad (36)$$

Hvor M er den molare masse, R er gaskonstanten, p er trykket og T er temperaturen.

Opgaver

- A) Brug en lukket sprøjte fyldt med luft som eksempel, og forklar formelen for densiteten af en gas.
- B) Sæt enheder ind i formelen for densitet af en gas. Bliver enheden den samme på begge sider af lighedstegnet?
- C) Brug definitionen på densitet, idealgasloven, og $M = \frac{m}{n}$ til at udlede formelen for densitet af en gas.

Orbit B htx/eux (læreplan 2017)

3.6.1

3.6.4