

8.01 a) Stoffmengde  $n$  er et mål for antall atomer eller molekyler som stoffet består av.

b) Et mol er stoffmengden i et system som har like mange atomer (eller molekyler etc.) som det er karbonatomer i 12 gram av isotopen  $^{12}\text{C}$ .

c) Atommasseenheten  $u$  er lik  $1/12$  av massen til karbonisotopen  $^{12}\text{C}$ , dvs.  $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

d)  $u \cdot \text{mol} = g$  fordi  $u = \frac{1}{12} \cdot m_{^{12}\text{C}}$  og  $\text{mol} = \frac{\text{ant. atomer i 12 gram } ^{12}\text{C}}{12 \text{ gram } ^{12}\text{C}}$

$$\text{Altså } \frac{1}{12} \cdot m_{^{12}\text{C}} \cdot \left( \frac{12 \text{ g}}{m_{^{12}\text{C}}} \right) = g$$

8.02 Har  $10 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$  med  $\text{N}_2$ -gass.

a)  $M = 2 \cdot 14,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{28,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$

b)  $n = \frac{M_{\text{tot}}}{M} = \frac{10 \text{ g}}{28,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,3568 \text{ mol} = \underline{0,36 \text{ mol}}$

c)  $n = 0,36 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = \underline{2,1 \cdot 10^{23}}$

8.03 a)  $\text{O}_2 : M = 2 \cdot 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{32,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$

b)  $\text{C} : M = \underline{12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$

c)  $\text{CO}_2 : M = (12,01 + 2 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$

8.04 a)  $n = \frac{M_{\text{tot}}}{M} = \frac{10 \cdot 10^3 \text{ g}}{12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 83,26 \text{ mol} = \underline{83 \text{ mol}}$

b)  $\text{CO}_2 : M = (12,01 + 2 \cdot 16,00) \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$$M_{\text{tot}} = n \cdot M = 83,26 \text{ mol} \cdot 44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3664 \text{ g} = 3,7 \text{ kg}$$

$$8.05 \quad pV = nRT$$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{400 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 300 \cdot (10^{-2} \text{ m})^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 800 \text{ K}} = 0,01805 \text{ mol}$$

$$= \underline{18,1 \text{ mmol}}$$

$$(1,81 \cdot 10^{-2} \text{ mol})$$

$$8.06 \text{ a) } pV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{1,0 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (273 + 27) \text{ K}}{101 \cdot 10^3 \text{ Pa}} = 0,02468 \text{ m}^3$$

$$= \underline{25 \text{ dm}^3}$$

b) 25 dm<sup>3</sup> Samme p og T gir samme V for gassen.

c)  $pV = nRT$

$$V = \frac{nRT}{p}$$

viser at V blir likt når p, n og T er de samme for ulike gasser ettersom R er en konstant.

8.07 Partialtrykket til en gass er hvor stort trykket fra denne gassen er i en gassblanding.

8.08 78% N<sub>2</sub> 21% O<sub>2</sub> 1,0% Ar

a) Normaltilstand:  $p = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ,  $T = 273 \text{ K}$

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 1,0 \text{ m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 273 \text{ K}} = 44,65 \text{ mol} = \underline{45 \text{ mol}}$$

$$\text{N}_2: 0,78 \cdot 44,65 \text{ mol} = \underline{35 \text{ mol}} \quad (34,827 \text{ mol})$$

$$\text{O}_2: 0,21 \cdot 44,65 \text{ mol} = \underline{9,4 \text{ mol}} \quad (9,3765 \text{ mol})$$

$$\text{Ar}: 0,010 \cdot 44,65 \text{ mol} = \underline{0,45 \text{ mol}} \quad (0,4465 \text{ mol})$$

$$b) \quad p = \frac{nRT}{V} \quad p_{\text{N}_2} = \frac{34,827 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 273 \text{ K}}{1,0 \text{ m}^3} = \underline{79 \text{ kPa}}$$

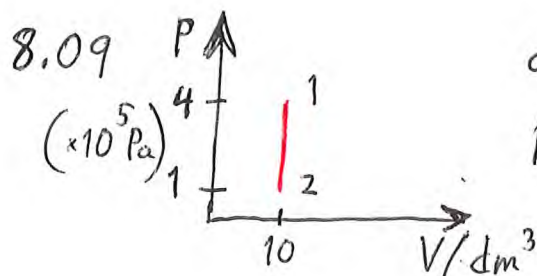
$$p_{\text{O}_2} = \frac{9,3765 \cdot 8,31 \cdot 273}{1,0 \text{ m}^3} \text{ Pa} = \underline{21 \text{ kPa}}$$

$$p_{\text{Ar}} = \frac{0,4465 \cdot 8,31 \cdot 273}{1,0 \text{ m}^3} \text{ Pa} = \underline{1,0 \text{ kPa}}$$

$$p_{\text{tot}} = (79 + 21 + 1,0) \text{ kPa}$$

$$= \underline{101 \text{ kPa}}$$





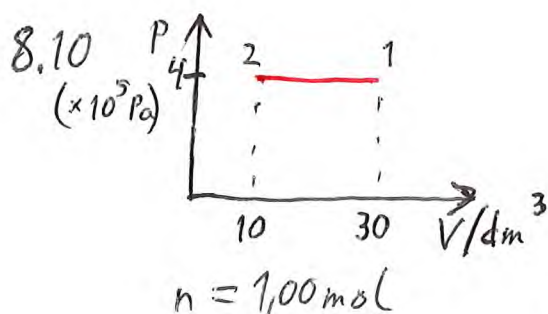
a)  $V$  uendret  $\Rightarrow$  Isokor prosess

b)  $p_1 V_1 = n R T_1$  og  $p_2 V_2 = n R T_2$   
og  $V_1 = V_2 = 10 \text{ dm}^3$  og  $n = 1,00 \text{ mol}$  gir

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{n R} = \frac{4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,00 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}$$

$$= 481 \text{ K}$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{n \cdot R} = \frac{1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,00 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 120 \text{ K}$$

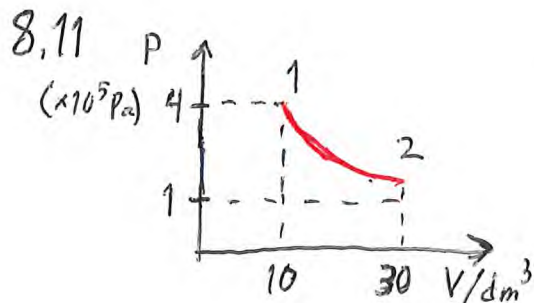


a)  $P$  uendret  $\Rightarrow$  Isobar prosess

$$b) T_1 = \frac{p_1 V_1}{n R} = \frac{4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,00 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}$$

$$= 1444 \text{ K}$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{n R} = \frac{4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,00 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 481 \text{ K}$$



$n = 1,00 \text{ mol}$

a) hyperbelgraf  $\Rightarrow$  Isoterm prosess

$$b) T_1 = \frac{p_1 V_1}{n R} = \frac{4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,00 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 481 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 = 481 \text{ K}$$

8.12  $n = 1,00 \text{ mol}$   $p_1 = 400 \cdot 10^3 \text{ Pa}$   $V_1 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$   $\gamma = 1,67$   
adiabatisk ekspansjon til  $V_2 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  adiabatkonstant

a) Finn gassens slutttrykk,

$$p_2 V_2^\gamma = p_1 V_1^\gamma$$

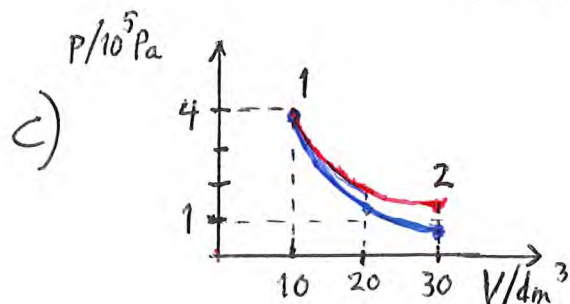
$$p_2 = p_1 \cdot \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 400 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \left( \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{1,67} = 63,86 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$= \underline{63,9 \text{ kPa}}$$

8.12 b)  $pV = nRT$  gjelder fortsatt.

$$T = \frac{pV}{nR} \quad T_1 = \frac{p_1 V_1}{nR} = \frac{400 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,00 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K}}} = 481 \text{ K}$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{nR} = \frac{63,86 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 30,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1,00 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K}}} = 231 \text{ K}$$



$$p_1 = 400 \cdot 10^3 \text{ Pa} \quad T_1 = 481 \text{ K} \quad V_1 = 10,0 \text{ dm}^3$$

$$p_2 = ? \quad T_2 = 231 \text{ K} \quad V_2 = 30,0 \text{ dm}^3$$

$$p_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = \frac{1,00 \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 231 \text{ K}}{30,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$p = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V}\right)^\gamma = 400 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \left(\frac{10,0}{30,0}\right)^{1,67} = 0,64 \cdot 10^5 \text{ Pa} \Leftrightarrow = 0,64 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p = 400 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \left(\frac{10,0}{20,0}\right)^{1,67} = 1,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

8.13 Toatomig gass  $V_1 = 500 \text{ cm}^3$  og  $p_1 = 100 \text{ kPa}$

Komprimeres adiabatisk til  $p_2 = 5000 \text{ kPa}$ ,  $\gamma = 1,67$  (éatomig)

a) Sluttvolum  $V_2 = ?$

$$p_2 V_2^\gamma = p_1 V_1^\gamma$$

$$V_2^\gamma = \frac{p_1}{p_2} \cdot V_1^\gamma$$

$$V_2 = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot V_1 = \left(\frac{100 \cdot 10^3 \text{ Pa}}{5000 \cdot 10^3 \text{ Pa}}\right)^{\frac{1}{1,40}} \cdot 500 \cdot (10^{-2} \text{ m})^3$$

$$= \left(\frac{1}{50}\right)^{\frac{1}{1,40}} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 3,0578 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$= \underline{\underline{30,6 \text{ cm}^3}}$$

b)  $T_1 = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$

$T_2 = ?$

$$pV = nRT$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{nR}$$

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = nR = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}\right) = 300 \text{ K} \cdot \left(\frac{5000 \text{ kPa} \cdot 30,578 \text{ cm}^3}{100 \text{ kPa} \cdot 500 \text{ cm}^3}\right) = \underline{\underline{917 \text{ K}}}$$



8.14 En syklisk prosess vil si at gassen kommer tilbake til opprinnelig tilstand, slik at prosessen <sup>i gassen</sup> gir en lukket kurve i et p-V-diagram.

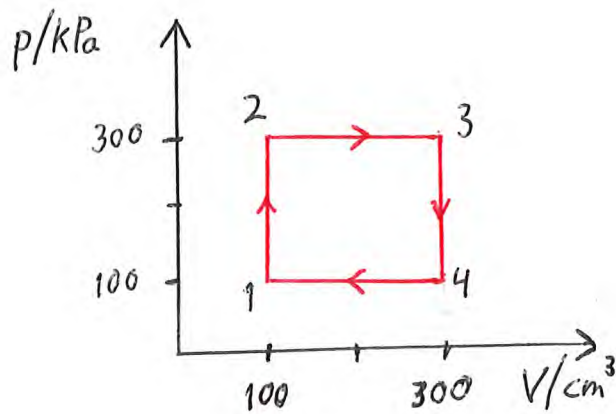
8.15 a) Isokor prosess  $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = 0$  fordi  $V_2 = V_1$

b) Isobar prosess  $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p \int_{V_1}^{V_2} dV = p [V]_{V_1}^{V_2}$   
 $= p(V_2 - V_1) = 4,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (10,0 - 30,0) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$   
 $= -8,00 \cdot 10^3 \text{ J}$

c) Isoterm prosess  $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = nRT [\ln V]_{V_1}^{V_2}$   
 $n = 1,00 \text{ mol}$   
 $T = 481 \text{ K}$   
 $T = \frac{p_1 V_1}{nR} //$   
 $= nRT (\ln V_2 - \ln V_1) = nRT \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$   
 $= 100 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 481 \text{ K} \cdot \ln \left( \frac{30,0}{10,0} \right)$   
 $= 4,39 \text{ kJ}$

d) Adiabatisk prosess med  $\gamma = 1,67$ ,  $n = 1,00 \text{ mol}$   
 $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$   
 $W = \frac{1}{\gamma - 1} nRT_1 \left( 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right)$   
 $T_1 = \frac{p_1 V_1}{nR} = 481 \text{ K}$   
 $= \frac{1}{(1,67 - 1)} \cdot 1,00 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 481 \text{ K} \cdot \left( 1 - \left( \frac{10,0}{30,0} \right)^{1,67 - 1} \right)$   
 $= 3108 \text{ J} = 3,11 \text{ kJ}$

8.16



Toatomig idealgass

$$\gamma = 1,40$$

$$a) T_1 = 200K \quad V_2 = V_1 \quad \text{og} \quad \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{p_2} = \frac{T_1}{p_1}$$

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot T_1 = \frac{300 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} \cdot 200K = \underline{600K}$$

$$p_3 = p_2 \quad \text{og} \quad \frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{T_3}{V_3} = \frac{T_2}{V_2}$$

$$T_3 = \frac{V_3}{V_2} \cdot T_2 = \frac{300 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3} \cdot 600K = \underline{1800K}$$

$$V_4 = V_3 \quad \text{og} \quad \frac{p_4 V_4}{T_4} = \frac{p_3 V_3}{T_3} \quad (\text{som for } T_2) \text{ gir}$$

$$T_4 = \frac{p_4}{p_3} \cdot T_3 = \frac{100 \text{ kPa}}{300 \text{ kPa}} \cdot 1800K = \underline{600K}$$

	p/kPa	V/cm <sup>3</sup>	T/K
1	100	100	200
2	300	100	600
3	300	300	1800
4	100	300	600

8.16

$$b) W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p dV = 0 \text{ fordi } V_2 = V_1$$

$$W_{23} = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p \int_{V_1}^{V_2} dV = p [V]_{V_1}^{V_2} = p(V_2 - V_1)$$

$$= 300 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot (300 - 100) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 60,0 \text{ J}$$

$$W_{34} = \int_{V_3}^{V_4} p dV = 0 \text{ fordi } V_4 = V_3$$

$$W_{41} = \int_{V_4}^{V_1} p dV = p \int_{V_4}^{V_1} dV = p [V]_{V_4}^{V_1} = p(V_1 - V_4)$$

$$= 100 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot (100 - 300) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = -20,0 \text{ J}$$

	W/J
1-2	0
2-3	60,0
3-4	0
4-1	-20,0
syklus	40,0

dvs.  $W_{\text{netto}} = \underline{40,0 \text{ J}}$  på omgivelsene

c) Arbeid  $W = \int_{V_a}^{V_b} p dV$  der  $V_a$  er startvolumet og  $V_b$  er sluttvolumet i en prosess.

Integralet er arealet under graflinja i figuren ettersom  $p dV$  utgjør et lite arbeid  $dW$ , og  $p dV$  er et lite (smalt) areal med høyde  $p$  og bredde  $dV$  i figuren. Ved å ta arealet under linja 2-3, som er det totale arbeidet på omgivelsene og trekke fra arbeidet som omgivelsene gjør på gassen, 4-1, får vi nettoarbeidet gassen utfører på omgivelsene.

$$W = \Delta p \cdot \Delta V = (300 - 100) \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot (300 - 100) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = \underline{40,0 \text{ J}}$$



## 8.17 Overføring av termisk energi

- 1) Varmeledning Ek overføres ved kollisjoner  
Du brenner deg på ei metallstang som holdes med ene enden i en flamme.  
Ei kokeplate overfører varme til en kasserolle
- 2) Konveksjon. Væske og gass kan overføre varme ved å strømme fra ett sted til et annet.  
Varm luft fra en ovn strømmer opp og kaldt luft strømmer mot golvet i et rom.  
Varmt vann strømmer opp og kaldt vann ned i en kjele med vann som settes på ei varm plate.
- 3) Fordamping. Faseovergang fra væske til gass krever energi. Varme kan da strømme ut fra legemet væska er i kontakt med.  
eks. svette på huden eller en fuktig klut rundt ei flaske brus på en varm dag.
- 4) Varmestraling. Fotonen har energi som gir økt temperatur på legemene de treffer.  
eks. sola varmer oss. Et bål varmer oss selv om det ikke strømmer varm luft mot oss.

## 8.18



Varmeledning til underlaget.  
Fordamping fra overflaten.  
Varmestraling i alle retninger.  
Konveksjon i form av strømmer i lufta og i kaffen (vannet i koppen).