

Institutt for allmennfag

Eksamensoppgave i TALM1002 Fysikk/kjemi

Faglig kontakt under eksamen: Cecilie Tynes Riksem og Ketil Arnesen

Tlf.: **Riksem:** 73559591/95835145, **Arnesen:** 73559484/95293103

Eksamensdato: august 2018

Eksamenstid (fra-til): 9.00-14.00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler:

Alle kalkulatorer som ikke kan regne symbolsk

Paul T. Cappelen: Tabeller og formelsamling for ingeniørhøgskolen, Gyldendal.

Annen informasjon: Dersom noe virker uklart i oppgavesettet, skal du gjøre dine egne antagelser og forklare dette i besvarelsen. I beregninger må du ta med nok mellomregning eller forklaring til at resonnementet kommer klart fram.

Oppgavesettet består av 20 delpunkter, som alle teller likt.

Målform/språk: Bokmål

Antall sider (uten forside): 5

Antall sider vedlegg: 5

Informasjon om trykking av eksamensoppgave

Originalen er:

1-sidig ☐ **2-sidig** ☐

sort/hvit ☐ **farger** ☐

skal ha flervalgskjema ☐

Kontrollert av:

Dato

Sign

Oppgave 1

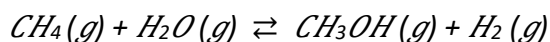
a) Fyll inn i tabellen under (skriv av tabellen på innleveringsarket ditt). I de tilfeller at det er en ionisk forbindelse skal du angi kation og anion som ione-forbindelsen er satt sammen av.

Kation	Anion	Kjemisk formel	Systematisk navn
Ca^{2+}	PO_4^{3-}	$\text{Ca}_3(\text{PO}_3)_2$	Kalsiumfosfat
-	-	N_2O	Dinitrogenmonoksid
Cu^{2+}	Cl^-	CuCl_2	Kobber(II)klorid
Fe^{3+}	O^{2-}	Fe_2O_3	Jern(III)oksid
-	-	SiO_2	Silisiumdioksid
-	-	Cl_2O_7	Diklorheptoksid
Na^+	NO_3^-	NaNO_3	Natriumnitrat
K^+	OH^-	KOH	Kaliumhydroksid

b) Se forelesningsnotater.

Oppgave 2

a) Nettoreaksjonen for produksjonen av metanol er:



Vi kan løse oppgaven ved å sette opp uttrykket for likevektskonstanten:

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{CH}_4] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

Startkonsentrasjoner blir:

$$[\text{CH}_4]^0 = n / V = 140 \text{ mol} / 50,0 \text{ L} = 2,8 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2\text{O}]^0 = n / V = 167 \text{ mol} / 50,0 \text{ L} = 3,34 \text{ M}$$

$$K = 14,5$$

Setter opp en tabell som viser konsentrasjonene av komponentene ved start og likevekt:

	$\text{CH}_4(g)$	$\text{H}_2\text{O}(g)$	$\text{CH}_3\text{OH}(g)$	$\text{H}_2(g)$
Ved start	2,8 M	3,34 M	0	0
Endring	-x	-x	+x	+x
Ved likevekt	2,8- x	3,34- x	x	x

$$K = \frac{[CH_3OH] \cdot [H_2]}{[CH_4] \cdot [H_2O]} = \frac{x^2}{(2.8 - x)(3.34 - x)}$$

$$x = 2.385$$

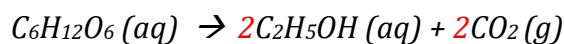
Ved likevekt er sammensetningen i reaktoren

$$[CH_4] = 2.8M - 2.385M = 0.415M$$

$$[H_2O] = 3.34M - 2.385M = 0.945M$$

$$[CH_3OH] = [H_2] = 2.385M$$

b) Når sukker gjærer og danner etanol skjer følgende reaksjonen:



Hvor mye etanol kan maksimalt dannes av 500 g sukker? Angi svaret i gram.

Finner først antall mol sukker:

$$n_{sukker} = m \cdot M = 500 \text{ g} \cdot \frac{(6 \cdot 12 + 12 \cdot 1,008 + 6 \cdot 16)g}{mol} = 2,78 \text{ mol}$$

Finner antall mol etanol ved å se på støkiometrien i den balanserte reaksjonsligningen:

$$\frac{n_{etanol}}{n_{sukker}} = \frac{2}{1} \rightarrow n_{etanol} = 2 \cdot n_{sukker} = 2 \cdot 2,78 \text{ mol} = 5,55 \text{ mol}$$

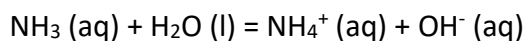
Finner massen etanol som dannes:

$$m_{sukker} = n \cdot M = 5,55 \text{ mol} \cdot \frac{(2 \cdot 12 + 6 \cdot 1,008 + 16)g}{mol} = 256 \text{ gram}$$

Oppgave 3

a) Beregn pH i en 0,020 M NH_3 -løsning:

Ammoniakk er en svak base og vi får delvis protolyse:



$$K_a = 5,7 \cdot 10^{-10}$$

$$K_b = 1,0 \cdot 10^{-14} / 5,7 \cdot 10^{-10} = 1,75 \cdot 10^{-5}$$

Setter opp tabell:

	NH_3	NH_4^+	OH^-
Start	0,020	0	~ 0
Endring	-x	+x	+x
Likevekt	$0,020 - x$	x	x

Setter opp uttrykket for basekonstanten:

$$K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_3] = x^2 / 0,020 - x = 1,75 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 + 1,75 \cdot 10^{-5} x - 3,5 \cdot 10^{-7} = 0$$

$$x = 5,83 \cdot 10^{-4}$$

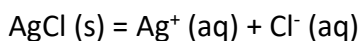
$$[\text{OH}^-] = x = 5,83 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log(5,83 \cdot 10^{-4}) = 3,2$$

$$\text{pH} = 14,0 - 3,2 = \mathbf{10,8}$$

b) Hvor mange mol AgCl kan du maksimalt få løst opp i 2,0 L vann ved 25 °C?

AgCl løses opp til:



$$K_{sp} = 2,0 \cdot 10^{-10}$$

Ved maksimalt oppløst AgCl er reaksjonen ovenfor en mettet løsning og derav i likevekt. Finner konsentrasjon fra uttrykket for løselighetsproduktet:

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = x^2 = 2,0 \cdot 10^{-10}$$

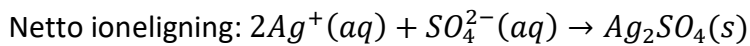
$$x = \sqrt{(2,0 \cdot 10^{-10})} = 1,41 \cdot 10^{-5}$$

Stoffmengden blir derav:

$$n = c \cdot V = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \cdot 2,0 \text{ L} = \mathbf{2,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}$$

c) Vi blander en løsning av 0,40 L 0,080 M AgNO_3 med en løsning av 0,30 L 0,12 M Na_2SO_4 . Avgjør ved regning om vi får utfelling.

Vi har følgende ioner i løsningen: Na^+ , Ag^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} . Det er kun Ag_2SO_4 som er et tungtløselig salt.



$$K_{sp} = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

Må beregne reaksjonskvotienten: $Q = [Ag^+]^2[SO_4^{2-}]$

Finner konsentrasjonen av ionene etter blanding:

$$[Ag^+] = \frac{[AgNO_3] \cdot V}{V_{tot}} = \frac{0,080M \cdot 400 \text{ ml}}{(300 + 400)ml} = 0,0457 \text{ mol/l}$$

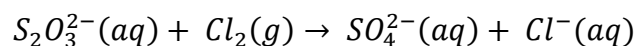
$$[SO_4^{2-}] = \frac{[Na_2SO_4] \cdot V}{V_{tot}} = \frac{0,12 M \cdot 300 \text{ ml}}{(300 + 400)ml} = 0,0514 \text{ mol/l}$$

$$Q = (0,0457 \text{ mol/l})^2 \cdot 0,0514 \frac{\text{mol}}{l} = 1,07 \cdot 10^{-4}$$

$Q > K_{sp}$ og vi har derfor en overmettet løsning $\rightarrow$ utfelling av Ag_2SO_4 .

Oppgave 4

a) Se på følgende redoksreaksjon:



Setter på oksidasjonstall:

Type atom	Venstre side	Høyre side
S	+2	+6
O	-2	-2
Cl	0	-1

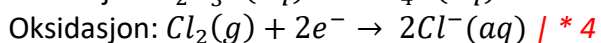
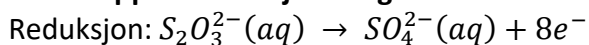
Ser at oksidasjonstallet for O er uforandret, mens oksidasjonstallet for Cl og S endres i reaksjonen.

Finner ut hva som oksideres/reduceres:

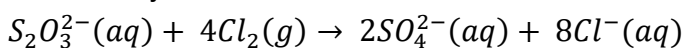
Oksidasjonstallet for Cl endres fra 0 til -1, og Cl blir derfor redusert.

Oksidasjonstallet for S endres fra 2 til 6, og S blir derfor oksidert.

Setter opp halvreaksjoner og tar elektronbalanse:



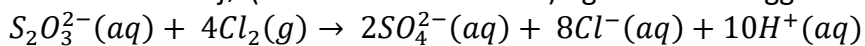
Total reaksjon:



Ladningsbalanse:

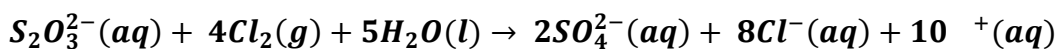
Venstre side	-2
Høyre side	-8-4= -12

Vi antar surt miljø (overskudd av H^+ -ioner) og må derfor legge til 10 H^+ -ioner på høyre side.

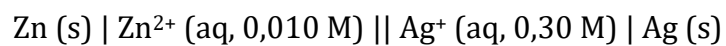
**Massebalanse med hensyn på H og O:**

Type atom	Venstre side	Høyre side
H	0	10
O	3	8

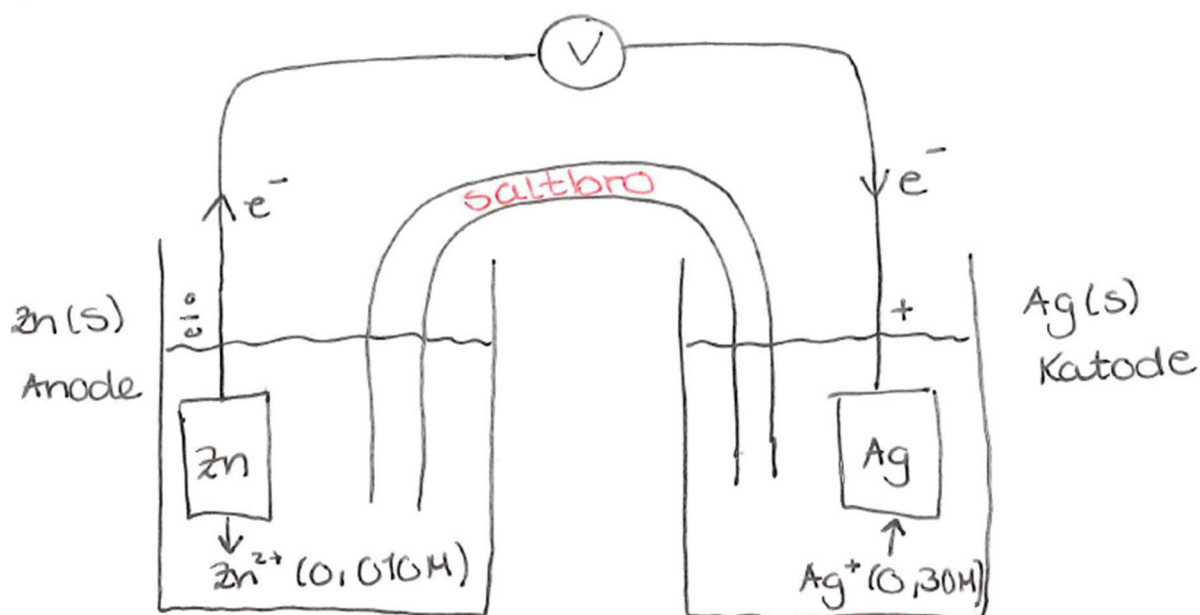
Legger til 5 vannmolekyl på venstre side:



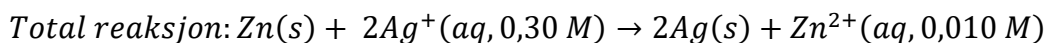
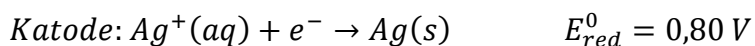
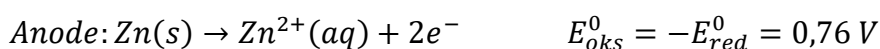
b) Vi har følgende galvaniske celle:



- i. Skisser cellen og vis hvordan ionene og elektronene beveger seg. Angi hva som er anode og katode.



- ii. Regn ut cellepotensialet for denne cellen ved 25 °C.



$$E_{\text{celle}}^0 = E_{\text{red}}^0 + E_{\text{oks}}^0 = 0,76 \text{ V} + 0,80 \text{ V} = \underline{1,56 \text{ V}}$$

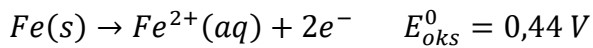
Bruker Nernst ligning for å beregne cellepotensialet, da vi ikke har standard tilstand (konsentrasjonen av ioner er ulik 1 M):

$$E = E^0 - \frac{0,059 \text{ V}}{n} \log Q = 1,56 \text{ V} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \log \frac{0,010 \text{ M Zn}^{2+}}{(0,30 \text{ M})^2 \text{ Ag}^+} = \underline{1,59 \text{ V}}$$

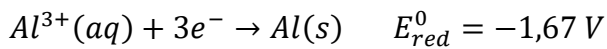
- c) En jerntank blir brukt til å lagre avfallsvann som inneholder blant annet ionene Al^{3+} og Ni^{2+} . Vil noen av disse ionene angripe jernet? Grunngi svaret ditt.

Vi må sjekke om Al^{3+} og Ni^{2+} kan bidra til at jern oksiderer (korroderer). For at dette skal skje spontant må $E^0 > 0$. For at Fe skal korrodere må det skje en tilsvarende reduksjonsreaksjon $\rightarrow$ reduksjon av Al^{3+} eller Ni^{2+} .

Oksidasjon av jern er gitt ved følgende halvreaksjon:



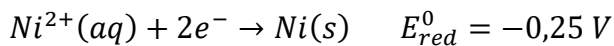
Sjekker for Al^{3+} :



$$E_{celle}^0 = 0,44 \text{ V} - 1,67 \text{ V} = -1,23 \text{ V}$$

Siden $E_{celle}^0 < 0$ vil ikke Al^{3+} angripe jernet.

Sjekker for Ni^{2+} :



$$E_{celle}^0 = 0,44 \text{ V} - 0,25 \text{ V} = 0,19 \text{ V}$$

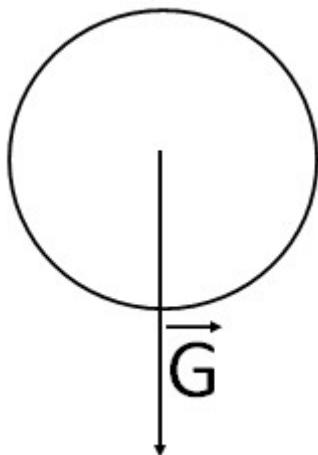
Siden $E_{celle}^0 > 0$ vil Ni^{2+} angripe jernet.

Oppgave 5

En skytter ligger på bakken og skyter på en blink på den andre siden av en 100 m lang horisontal flate. Blinken ligger i samme høyde over bakken som geværløpet. Kula skytes ut med en hastighet på 1000 m/s. Se bort fra luftmotstand.

a)

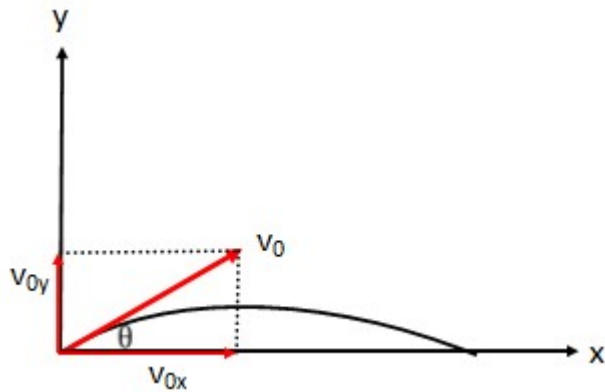
- i. Tegn figur og tegn på alle kreftene som virker på kula når den er i bevegelse mot målet.



- ii. Skytteren skyter med en vinkel litt over horisontalplanet. Dekomponer startfarta gjennom å tegne en figur og skrive v_{0x} og v_{0y} uttrykt ved hjelp av startfarta v_0 og vinkelen θ over horisontalplanet.

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta$$



- b) Hvilken vinkel over horisontalplanet må skytteren skyte ut kula med for at den skal treffe blinken? (Her kan du f.eks. bruke den trigonometriske sammenhengen $\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$ i beregningene.)

Vi ser først på bevegelseslikningene. Vi legger koordinatsystemet som vist på figuren. Da er kula i origo ved $t = 0$, og akselerasjonen er gitt ved at $a_x = 0$ og $a_y = -g = -9,81 \text{ m/s}^2$.

$$x = v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2 = v_{0x}t = v_0 \cos \theta t$$

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2 = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2}gt^2$$

Vi benytter oss av at vi vet at dersom kula treffer blinken vil vi ha at $x = L = 100 \text{ m}$ når $y = 0$. Ved å sette inn L i likning 81) finner vi tida som kula bruker på å tilbakelegge strekningen til blinken:

$$L = v_0 \cos \theta t \Rightarrow t = \frac{L}{v_0 \cos \theta}$$

Vi setter denne verdien inn i likning (2) med $y = 0$:

$$0 = v_0 \sin \theta \frac{L}{v_0 \cos \theta} - \frac{1}{2}g \left(\frac{L}{v_0 \cos \theta} \right)^2$$

$$v_0 \sin \theta \frac{L}{v_0 \cos \theta} = \frac{gL^2}{2(v_0 \cos \theta)^2}$$

$$2 \sin \theta \cos \theta = \frac{gL}{v_0^2} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ m}}{(1000 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2} = 0,000981$$

$$2\theta = 0,0562^\circ \vee 2\theta = 180^\circ - 0,0562^\circ = 179,94^\circ$$

Dette gir de to vinklene

$$\theta = 0,0281^\circ \vee \theta = 89,97^\circ$$

Siden vi vet at vinkelen skal være liten, må løsningen være: $\theta = 0,028^\circ$

Oppgave 6

Vi lar A_1 og A_2 betegne tverrsnittsarealene av de to rørene. Siden volumstrømmen er lik i de to rørene har vi:

$$q = A_1 v_1 = \pi \left(\frac{D_1}{2} \right)^2 v_1 = \pi \left(\frac{2,00 \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot 3,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 9,42 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Vi finner v_2 fra kontinuitetslikningen: $A_1 v_1 = A_2 v_2$:

$$\pi \left(\frac{D_2}{2}\right)^2 v_2 = \pi \left(\frac{D_1}{2}\right)^2 v_1 \Rightarrow v_2 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 v_1 = \left(\frac{2,00 \text{ m}}{3,00 \text{ m}}\right)^2 \cdot 3,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Reynoldstallene blir:

$$N_{R1} = \frac{\rho v_1 D_1}{\eta} = \frac{1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,00 \text{ m}}{8,9 \cdot 10^{-4} \text{ Pas}} = 6,74 \cdot 10^6$$

$$N_{R2} = \frac{\rho v_2 D_2}{\eta} = \frac{1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,33 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3,00 \text{ m}}{8,9 \cdot 10^{-4} \text{ Pas}} = 4,49 \cdot 10^6$$

Vi leser først av fiksjonskoeffisientene fra Moody:

Rør1:

$$\text{Relativ ruhet: } \frac{\epsilon}{D_1} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 0,0002, f_1 = 0,135$$

Rør2:

$$\text{Relativ ruhet: } \frac{\epsilon}{D_2} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{3,0 \text{ m}} = 0,00013, f_2 = 0,125$$

Bernoulli gir nå:

$$\frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_b}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f + h_e$$

Tapsleddene:

$$h_f = f_1 \frac{L}{D_1} \cdot \frac{v_1^2}{2g} + f_2 \frac{L}{D_2} \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_e = \xi \frac{v_1^2}{2g}$$

Innsatt gir dette:

$$p_a - p_b = \frac{\rho v_1^2}{2} \left(-1 + f_1 \frac{L}{D_1} + \xi \right) + \frac{\rho v_2^2}{2} \left(1 + f_2 \frac{L}{D_2} \right)$$

$$p_a - p_b = \frac{1}{2} \cdot 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left[3,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left(-1 + 0,135 \cdot \frac{10 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} \right) + 1,33 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left(1 + 0,125 \cdot \frac{10 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} \right) \right] = 455 \text{ Pa}$$

Oppgave 7

a)

Bøya påvirkes av tyngdekraften G_1 , oppdriften B_1 og kraften S_1 fra snora. Kraftsummen på bøya må være null:

$$\sum F = B - G - S_1 = 0$$

$$S_1 = B - G = \rho_v V g - m g = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,0 \text{ m}^3 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 30 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9516 \text{ N}$$

$$S_1 \approx 0,95 \text{ kN}$$

Kraftsummen på tauet må også være null. Her virker tyngdekraften G_2 og snordraget S_2 fra bunnen nedover, mens oppdriften B_2 og motkraften til S_1 virker oppover:

$$B_2 + S_1 - G_2 - S_2 = 0$$

$$S_2 = B_2 + S_1 - G_2 = \rho_v \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 g + S_1 - m_2 g$$

$$S_2 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,015 \text{ m}}{2}\right)^2 + 9516 \text{ N} - 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 8928 \text{ N}$$

$$S_2 \approx 0,89 \text{ kN}$$

b)

Vi skal finne temperaturøkningen ΔT som gjør at diameteren øker med $\Delta d = 0,005 \text{ cm}$. Lengdeutvidelsen er gitt ved:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Siden $L = \pi d$ kan vi skrive om: $\Delta(\pi d) = \alpha \pi d \Delta T$.

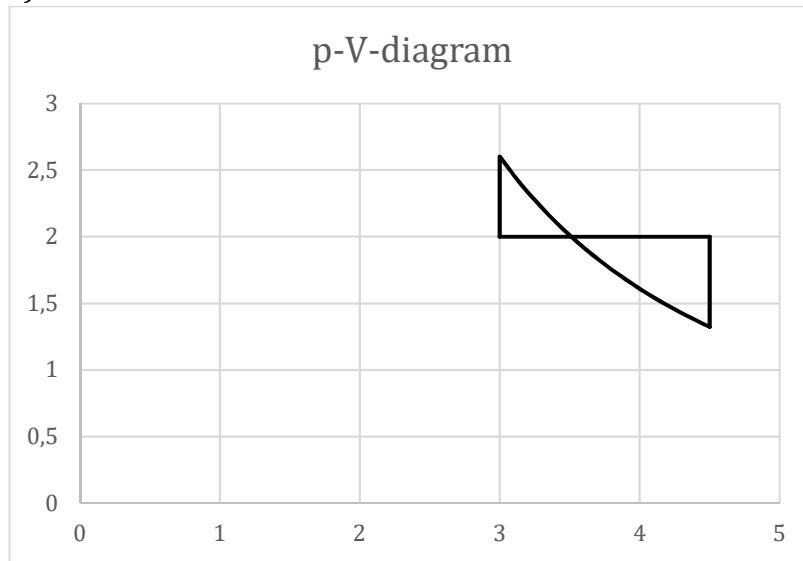
Dette gir:

$$\Delta T = \frac{\Delta d}{\alpha d} = \frac{0,005 \text{ cm}}{1,70 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} \cdot 6,000 \text{ cm}} = 49 \text{ K}$$

Ringene må altså varmes opp til temperaturen $T = 20^\circ \text{C} + 49^\circ \text{C} = 69^\circ \text{C}$

Oppgave 8

a)



$$p_1 V_1 = n R T_1 \Rightarrow n = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = \frac{2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 320 \text{ K}} = 0,2255 \text{ mol} \approx 0,23 \text{ mol}$$

b)

I tilstand 2:

$$\begin{aligned} p_2 &= p_1 = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_2 &= 1,5 \cdot V_1 = 1,5 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 4,5 \text{ dm}^3 \\ p_2 V_2 &= n R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 V_2}{n R} = \frac{2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,2255 \text{ mol} \cdot 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 480 \text{ K} \end{aligned}$$

I tilstand 3:

$$\begin{aligned} V_3 &= V_2 = 4,5 \text{ dm}^3 \\ T_3 &= T_1 = 320 \text{ K} \\ p_3 V_3 &= n R T_3 \Rightarrow p_3 = \frac{n R T_3}{V_3} = \frac{0,2255 \text{ mol} \cdot 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 320 \text{ K}}{4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 1,33 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

I tilstand 4:

$$V_4 = V_1 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 3,0 \text{ dm}^3$$

$$p_4 V_4^\gamma = p_3 V_3^\gamma \Rightarrow p_4 = p_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^\gamma = 1,33 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot \left(\frac{4,5 \text{ dm}^3}{3,0 \text{ dm}^3} \right)^\gamma = 2,61 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_4 V_4 = nRT_4 \Rightarrow T_4 = \frac{p_4 V_4}{nR} = \frac{2,61 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 3,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,2255 \text{ mol} \cdot 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 418 \text{ K}$$

c)

$$Q = \Delta U + W$$

For en isokor prosess har vi at $W = 0$ og for en enatomig ideell gass gjelder at $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$

Vi får dermed:

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2} \cdot 0,2255 \text{ mol} \cdot 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (320 \text{ K} - 418 \text{ K}) = -276 \text{ J}$$

Negativ verdi svarer til avgitt varme. Gassen avgir 0,28 kJ.