

# Eksamenssæt 26027 F20

## Opgave 1

$n = 4$  betyder elektronerne befinder sig i distancen 4 fra kernen.

Det vil sige ift. Bohr's atommodel, at elektronerne befinder sig i skal nr. 4.

$l = 2$  refererer til formen på orbitalen.  $0 = s$ ,  $1 = p$ ,  $2 = d$ ,  $3 = f$

$m_s = -\frac{1}{2}$  refererer til spinquantetal, som også kaldes op eller ned, men dette har ikke noget at gøre med selve placeringen af elektronen i dette tilfælde.

Det vil sige, at elektronen befinder sig i en 4d orbital. Derfor er svaret

**$4 d_{xy}$**

## Opgave 2

Elektronkonfiguration for  $Ru_2O_3$

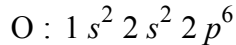
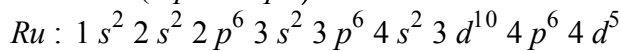
Hvert O har OT på -2, hvilket betyder Ru har OT på

$$2x + 3 \cdot (-2) = 0$$

$$\Rightarrow 2x = 6$$

$$\Rightarrow x = \frac{6}{2} = 3$$

Derfor for at danne bindinger afgiver Ru 3 elektroner (hhv. 5  $s^1$  og 2 fra 4  $d^7$ ), og O får tildelt 2 elektroner ( $2 p^4 \rightarrow 2 p^6$ ).



## Opgave 3

Bindingsenergien mellem HI er:  $\Delta E := 298.3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  :

Følgende konstanter kendes: Planck:  $h := 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  : Lysets hastighed:

$c := 3.0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  : Avogadros:  $N_A := 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$  :

Der løses for bølgelængden  $\lambda$ :

$$\lambda := \frac{h \cdot c}{\frac{\Delta E}{N_A}} = \frac{0.0004015339591 \text{ J s } \frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{1}{\text{mol}}}{\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}} \xrightarrow{\text{replace units}} 401.5339591 \text{ nm}$$

Derfor er det  **$\sim 400 \text{ nm}$**

## Opgave 4

Molekylet vil være bøjet, i følge VSEPR teorien:

Atomet fra 5A vil kunne afgive 3 elektroner. Atomet fra 6A vil optage 2, og 7A vil optage 1. Ud fra dette vil oktetreglen være opfyldt for alle atomer. Der vil desuden være 1 ledigt elektronpar hos centeratomet fra 6A. Da disse skal være så langt væk fra hinanden som muligt vil molekylet ikke være lineært, men **bøjet**

## Opgave 5

Den længste carbonkæde er 7 C'er lang. Den højest prioriterede funktionelle gruppe er en alken, som er placeret på C2. Derfor vil endelsen være 2-hepten.

Cl er placeret på C1 og Br er placeret på C3. Desuden er der placeret en methyl-gruppe på C6. Disse sidegrupper skal sættes i alfabetisk rækkefølge.

Dette betyder, molekylet hedder:

**3-bromo-1-chloro-6-methyl-2-hepten**

## Opgave 6

Her bruges Clausius-Clapeyron:

$$\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Der løses for x:

$$\text{solve} \left( \ln\left(\frac{200}{400}\right) = \frac{50 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \cdot \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{(273.15 + 30) \text{K}} \right), x \right) = 314.1255504 \text{ K}$$

$$314.1255504 - 273.15 = 40.9755504$$

Derfor er temperaturen: **41°C**

## Opgave 7

Formlen for frysepunktssækning:

$$\Delta T_f = K_f \cdot m$$

Det vides at koncentrationen skal være i molal, men da kun massen vides, opstilles følgende:

$$m = \frac{5 \text{ g}}{x \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

Der kan nu løses for x i frysepunktssækningen:

$$\text{solve} \left( 4 \text{ degC} = 20.0 \frac{\text{degC}}{\text{mol/kg}} \cdot \frac{\frac{5 \text{ g}}{x \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}{0.2 \text{ kg}}, x \right) = 125.$$

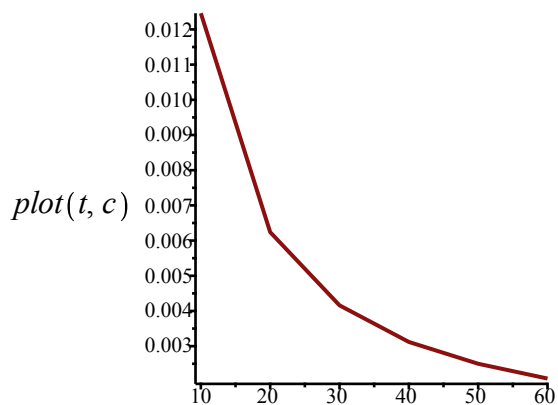
Derfor er molarmassen: **125  $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$**

## Opgave 8

For at finde  $[A_0]$ , skal det først tjekkes om reaktionen er af 0., 1., eller 2. orden:

$t := [10., 20., 30., 40., 50., 60.] : c := [12.46 \cdot 10^{-3}, 6.24 \cdot 10^{-3}, 4.16 \cdot 10^{-3}, 3.12 \cdot 10^{-3}, 2.50 \cdot 10^{-3}, 2.08 \cdot 10^{-3}] :$

Først tjekkes der for en 0. ordens reaktion:  $[A] = -k \cdot t + [A_0]$

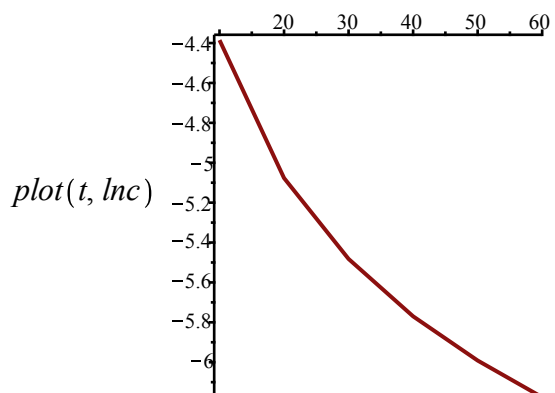


Da dette plot ikke er en ret linje, er reaktionen ikke af 0. orden.

Der tjekkes nu for en 1. ordensreaktion:  $\ln[A] = \ln[A_0] - k \cdot t$

$lnc := [seq(\ln(i), i = c)] =$

$[-4.385231766, -5.076775097, -5.482240205, -5.769922277, -5.991464547, -6.175387385]$

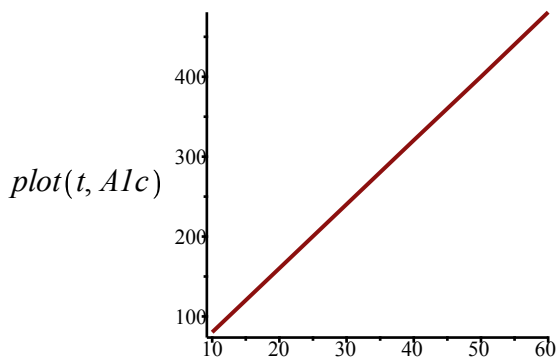


Da dette plot heller ikke er en ret linje, er reaktionen ikke af 1. orden

Der tjekkes nu for en 2. ordens reaktion:  $\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A_0]} + k \cdot t$

$Alc := \left[ seq\left(\frac{1}{i}, i = c\right) \right] =$

$[80.25682183, 160.2564103, 240.3846154, 320.5128205, 400.0000000, 480.7692308]$



Da denne linje er ret, kan det bekræftes, at denne reaktion er af 2. orden, og derfor fittes der nu en regression:

with (Statistics) :

$$\text{Fit}(a \cdot x + b, t, Alc, x) = 8.00548862585714 x + 0.171214566666875$$

Herefter findes  $[A_0]$  :

$$\frac{1}{0.171214566666875} = 5.840624541$$

Derfor er startkoncentrationen: **5.8 M**

## Opgave 9

$K_c := 0.92$  :

$$\frac{[A_2] \cdot [B_2]^3}{[AB_3]^2} = K_c$$

$$m_{AB3} := 16 \text{ g} : M_{AB3} := 21 \cdot \frac{\text{g}}{\text{mol}} :$$

Først skal stofmængden beregnes:

$$n_{AB3} := \frac{m_{AB3}}{M_{AB3}} = \frac{0.7619047619 \text{ g}}{\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 0.7619047619 \text{ mol}$$

Ud fra dette beregnes koncentrationen:

$$c_{AB3} := \frac{n_{AB3}}{2L} = \frac{0.3809523810 \text{ g}}{\frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ L}} \xrightarrow{\text{replace units}} 0.3809523810 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

	$2 AB_3 \rightarrow$	$A_2$ +	$3 B_2$
før ligevægt	$0.3809523810 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	0	0
efter ligevægt	$0.3809523810 \frac{\text{mol}}{\text{L}} - 2x$	$x$	$3x$

Ved brug af ligevægtsudtrykket stilles ligningen op:

$$\frac{[A_2] \cdot [B_2]^3}{[AB_3]^2} = K_c$$
$$\frac{x \cdot (3x)^3}{(0.3809523810 - 2x)^2} = K_c$$

Der løses for x:

$solve\left(\frac{x \cdot (3x)^3}{(0.3809523810 - 2x)^2} = K_c, x\right) =$   
 $0.1385100444, 0.1845916414 + 0.1903852705 I, -0.5076933272, 0.1845916414 - 0.1903852705 I$

Her ser vi bort fra imaginære tal og negative tal.

Derfor er

$$[AB_3] = 0.3809523810 - 2 \cdot 0.1385100444 = [AB_3] = 0.1039322922 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[A_2] = 0.1385100444 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[B_2] = 3 \cdot 0.1385100444 = [B_2] = 0.4155301332 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

## Opgave 10

Først beregnes stofmængderne for alle reaktanterne. Disse findes ved  $n = \frac{m}{M}$

Næst findes den begrænsede reaktant. I dette tilfælde er HF den begrænsende reaktant, hvilket betyder  $Na_3AlF_6$  vil have den samme stofmængde som 1/6 af HF's stofmængde.

Til sidst kan massen beregnes ved  $m = M \cdot n$

Massen af kryolit er derfor **175kg**

	$3 NaOH$ +	$6 HF$ +	$Al(OH)_3$ →	$Na_3AlF_6$ +	$6 H_2O$
$m$	100kg	100kg	100kg	833.0834083 mol · 209.94 g / mol  = 174897.5307  mol    g mol simplify symbolic → 174.8975307 kg	

$M$	$22.990 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $+ 16.0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $+ 1.008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $= 39.998 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$1.008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $+ 18.998 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $= 20.006 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$26.982 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $+ 3$ $\cdot \left( 16.0 \right)$ $\text{g} / \text{mol}$ $+ 1.00 \backslash$ $8 \text{ g} / \text{mol}$ $= 78.006 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$3 \cdot 22.990 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $+ 26.9 \backslash$ $82 \text{ g} / \text{mol}$ $+ 6$ $\cdot 18.998$ $\text{g} / \text{mol}$ $=$ $209.940 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$2 \cdot 1.008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $+ 16.0$ $\text{g} / \text{mol}$ $= 18.016 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
$n$	$\frac{100 \text{ kg}}{39.998 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} =$ $\frac{2.500125006}{\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \text{ kg}$ $\xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 2500.125006 \text{ mol}$	$\frac{100 \text{ kg}}{20.006 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} =$ $\frac{4.998500450}{\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \text{ kg}$ $\xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 4998.500450 \text{ mol}$	$\frac{100 \text{ kg}}{78.006 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} =$ $\xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 1281.952670 \text{ mol}$	833.0834083 mol	6 · 833.0834083 = 4998.500450
Forhold	$\frac{2500.125006}{3} =$ $833.3750020$	$\frac{4998.500450}{6} =$ $833.0834083$	$\frac{1281.952670}{1} =$ $1281.952670$		

## Opgave 11

Først findes molarmassen for ammoniumnitrat:

$$14.01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2 + 4 \cdot 1.008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 3 \cdot 16. \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 80.052 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Næst beregnes stofmængden af ammoniumnitrat:

$$1.5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 2.5 \text{ L} = 3.75 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ L} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 3.75 \text{ mol}$$

Massen af ammoniumnitrat beregnes:

$$3.75 \text{ mol} \cdot 80.052 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 300.19500 \text{ mol} \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Masseprocenten af nitrogen i ammoniumnitrat udregnes:

$$\frac{14.01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2}{80.052 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0.3500224854$$

Massen af nitrogen kan beregnes ud fra masseprocenten af nitrogen i ammoniumnitrat og den fulde masse af ammoniumnitrat:

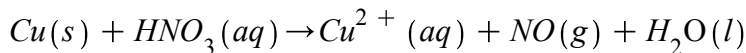
$$300.19500\text{g} \cdot 0.3500224854 = 105.0750000\text{ g}$$

Masseprocenten beregnes nu:

$$\frac{105.0750000}{2500} \cdot 100 = 4.203000000\%$$

## Opgave 12

Reaktionensligningen skal afstemmes:



$$\text{Cu}(s) = 0$$

$$N \text{ i } \text{HNO}_3 = \text{solve}(1 + x + 3 \cdot (-2) = 0, x) = 5$$

$$\text{Cu}^{2+} = 2$$

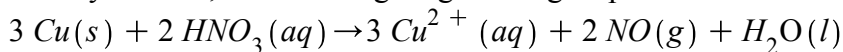
$$N \text{ i } \text{NO} = 2$$

Det vil sige:

$$\text{Cu} : 2 \uparrow$$

$$N : 3 \downarrow$$

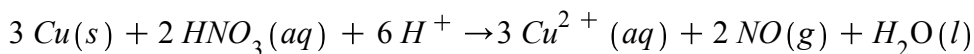
Man bytter over, således OT går lige så meget op som ned:



Ladningen for venstre og højre side af reaktionspilen findes, så der kan blive afstemt med  $\text{H}^+$  (sur opløsning):

$$\text{Venstre: } 0. \quad \text{Højre: } 3 \cdot 2 = 6$$

Der afstemmes derfor med  $6 \text{H}^+$

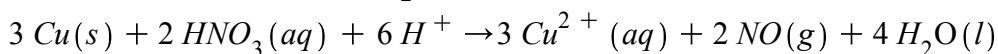


H og O optælles nu på venstre og højre side, så der kan afstemmes med  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$\text{Venstre: } H = 8, O = 6$$

$$\text{Højre: } H = 0 (\text{H}_2\text{O tælles ikke med}), O = 2$$

Der afstemmes derfor med  $4 \text{H}_2\text{O}$



Koefficienterne summeres:

$$3 + 2 + 6 + 3 + 2 + 4 = 20$$

## Opgave 13

Kaliumcarbonat har molekylformlen:  $\text{K}_2\text{CO}_3$

Massen af Potaske:

$$m_{\text{pot}} := 25\text{g} :$$

Molarmassen af Potaske:

$$M_{\text{pot}} := 39.098 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2 + 12.01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16.0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 3 = 138.206 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Derfor er stofmængden af både potaske og  $\text{CO}_2$ , da alt bliver omdannet til  $\text{CO}_2$ :

$$n_{pot} := \frac{m_{pot}}{M_{pot}} = \frac{0.1808893970 \text{ g}}{\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 0.1808893970 \text{ mol}$$

For at beregne volumen isoleres V i idealgasligningen:

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

Voluminet udregnes:

$$V := \frac{0.1808893970 \text{ mol} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (200 + 273.15) \text{ K}}{1 \text{ atm}} = \frac{711.5771206 \text{ mol} \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \text{ K}}{\text{atm}} \xrightarrow{\text{replace units}} 7.022720164 \text{ L}$$

## Opgave 14

Entropien for reaktionen:

$$(3 \cdot 131 + 197.9) \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} - (186.2 + 188.7) \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 216.0 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$$

Da denne er positiv, vokser entropien når reaktionen forløber

Enthalpien for reaktionen:

$$(-110.5 + 3 \cdot 0) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (-74.85 + (-241.8)) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 206.15 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Da denne er positiv optages der energi for reaktionen (reaktionen er endotermisk), og der bliver derfor IKKE udviklet varme.

For at processen er spontan, skal  $\Delta G$  for reaktionen være negativ:

$$\Delta G := 206.15 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (300 + 273.15) \text{ K} \cdot 216.0 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} =$$

$$206.15 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 1.23800400 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \text{ K} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 82349.600 \frac{\text{m}^2 \text{ kg}}{\text{mol s}^2}$$

$$\xrightarrow{\text{replace units}} 82.34960000 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Da denne er positiv, er reaktionen ikke spontan.

$\Delta G = 0$  ved ligevægt.

Enthalpi er en tilstandsfunktion.

## Opgave 15

Ligevægten opstilles som udtryk:

$$K_p = \frac{p(\text{SO}_3)}{p(\text{SO}_2) \cdot p(\text{O}_2)^{\frac{1}{2}}}$$

Der løses for  $p(\text{SO}_3)$ :



$$\text{solve}\left(4.79 = \frac{x}{0.1 \cdot 0.1^{\frac{1}{2}}}, x\right) = 0.1514730999$$

Derfor er trykket **0.15 atm** for  $SO_3$

## Opgave 16

Da det er en 32w/w% opløsning, betyder det:

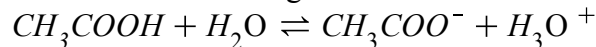
320 g af opløsningen er eddikesyre, hvis der er 1L opløsning:

$$M_{\text{eddike}} := 12.01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2 + 1.008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 4 + 16.0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2 = 60.052 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n_{\text{eddike}} := \frac{320 \text{ g}}{M_{\text{eddike}}} = \frac{5.328715114 \text{ g}}{\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 5.328715114 \text{ mol}$$

Dette betyder der er en koncentration af eddikesyre på:  $5.33 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

Reaktionen er som følger:



Der opstilles et ligevægtsudtryk, da  $pK_a = 4.76$ , og det er derfor en svag syre:

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$\text{solve}\left(\frac{x^2}{5.328715114 - x} = 10^{-4.76}, x\right) = -0.009631709888, 0.009614331879$$

Vi bruger den positive løsning for ligningen:

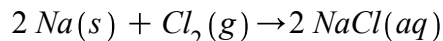
$$pH = -\log_{10}(0.009614331879) = pH = 2.017080890$$

Derfor er **pH=2**

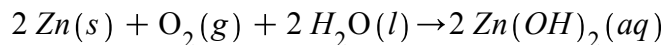
## Opgave 17

En lav  $K_b$  værdi indikerer en svag base, hvor en høj  $K_b$  indikerer en stærk base.

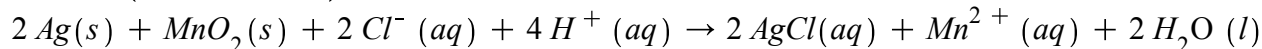
## Opgave 18



$$\Delta G = 2 \cdot (-384.1) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \Delta G = -768.2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \text{spontan}$$



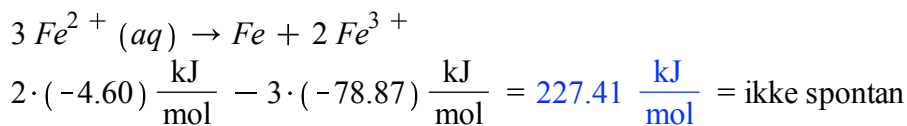
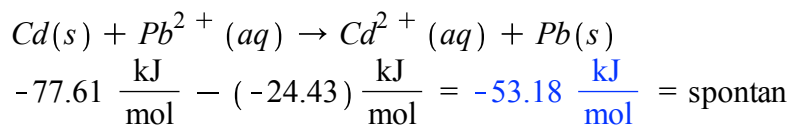
$$\Delta G = 2 \cdot \left(-555.13 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) - (-237.178) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \Delta G = -873.082 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \text{spontan}$$



$$\Delta G = (2 \cdot (77.12 + (-131.25)) + (-228.03) + 2 \cdot (-237.178)) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (-465.18 + 2 \cdot$$

$$-131.25)) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$= \Delta G = -82.966 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \text{spontan}$$

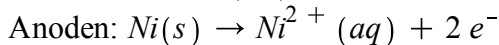
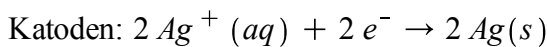


## Opgave 19

For at finde celledspændingen bruges følgende formel (Nernst ligningen):  $E = E_{cell}^o - \frac{RT}{nF} \cdot \ln(Q)$

$$\text{Hvor } E_{cell}^o = E_{cathode}^o - E_{anode}^o$$

Halvcellereaktionerne er:



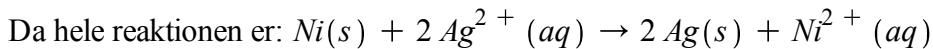
Her ses det, at der bliver overført 2 elektroner.

$$E_{cell}^o = 0.8V - (-0.25)V = E_{cell}^o = 1.05 V$$

$Q$  beregnes ud fra koncentrationerne:

$$[Ag^+] = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[Ni^{2+}] = 0.300 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$



$$\text{Derfor er } Q = \frac{[Ni^{2+}]}{[Ag^+]^2}$$

$$1.05 V - \frac{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298.15 \text{ K}}{2 \cdot 96485.3321233 \frac{\text{C}}{\text{mol}}} \ln\left(\frac{0.300}{2^2}\right) = 1.05 V + \frac{0.03327347059}{\frac{\text{C}}{\text{mol}}} \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \text{ K}$$

$$\xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 1.083273471 V$$

Derfor er  $E = 1.08V$

## Opgave 20

For  $Fe(II)$  er der 4 uparrede elektroner

For  $Cr(III)$  er der 3 uparrede elektroner

