

WCrens

Mange anvender natriumhydrogensulfat som WC rensmiddel.

Søren strøer 40 g af dette WCrens i kummen, der antages at indholde 6 L vand.

- Bestem den formelle koncentration af natriumhydrogensulfat.

$$c = m/M/V = (40 \text{ g})/(120 \text{ g/mol})/(6 \text{ L}) \approx \mathbf{0,056 \text{ mol/L}}$$

- Bestem den aktuelle koncentration af hydrogensulfationer.



fx

$$[\text{SO}_4^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]/[\text{HSO}_4^-] = 10^{-1,99}, \qquad \text{dvs } 0 = [\text{SO}_4^{2-}]^2 - 10^{-1,99} \cdot (0,056 - [\text{SO}_4^{2-}])$$

TI83 solver giver $[\text{SO}_4^{2-}] \approx 0,019 \text{ M}$ (samt $[\text{SO}_4^{2-}] \approx -0,030 \text{ M}$ der ikke er i definitionsmængden)
($pH \approx 1,72$)

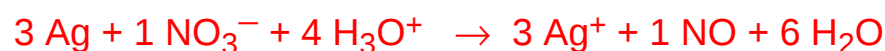
$$[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{HSO}_4^-] = 0,056 \text{ M} \text{ hvorfor} \qquad \mathbf{[\text{HSO}_4^-] \approx 0,037 \text{ M}}$$

Analyse af en mønt

En mønt med massen 10,00 g "opløses" i stærk salpetersyre. Mønten er fremstillet af en legering af metallerne kobber, sølv og zink. Når mønten er helt opløst fjernes overskud af salpetersyre ved opvarmning og neutralisation.

Opløsningen tilsættes en opløsning af kaliumjodid til der ikke dannes mere bundfald. Dette bundfald filtreres fra og tørres. Massen af dette tørrede bundfald er 19,35 g. Med udsug ophedes bundfaldet til der ikke mere undviger gasser. Massen af bundfaldet er nu reduceret med 6,00 g.

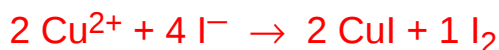
- Opskriv afstemte skemaer for de tre metaller reaktion med stærk salpetersyre



- Angiv hvilke forbindelser der fældes ud ved tilsætningen af kaliumjodidopløsningen:

CuI, I₂ og AgI

- Opskriv afstemte skemaer for fældningsreaktionerne.



- Angiv hvilken gas der undviger ved ophedningen:

dijod, I₂

- Bestem m_{kobber} , $m_{\text{sølv}}$ og m_{zink} i legeringen.

efter tilsætning af salpetersyre og neutralisation findes der i opløsningen Cu²⁺, Ag⁺ og

Zn^{2+} ; tilsætningen af jodidjoner skulle bevirke udfældning af sølvjodid og kobber(II)jodid, sidstnævnte er dog ikke stabilt hvorfor der i stedet for kobber(II)jodid dannes kobber(I)jodid og samt jod.
ophedningen bevirker at det dannede jod undviger som gas

ved ophedningen undviger 6,00 g jod, dvs $n(\text{I}_2) = (6,00 \text{ g}) / (2 \cdot 126,9 \text{ g/mol}) \approx 23,6 \text{ mmol}$
derfor består bundfaldet bla af $2 \cdot 23,6 \text{ mmol CuI}$ (der har massen 9,00 g), hvorfor legeringen indholdt $2 \cdot 23,6 \text{ mmol Cu}$, dvs $m_{\text{Cu}} \approx 3,00 \text{ g}$
den samlede masse af bundfaldet var $19,35 \text{ g} = m_{\text{sølvjodid}} + m_{\text{kobber(I)jodid}} + m_{\text{jod}}$, dvs $m_{\text{sølvjodid}} \approx 4,35 \text{ g}$ hvorfor $n_{\text{AgI}} = n_{\text{Ag}} \approx 18,5 \text{ mmol}$ og $m_{\text{Ag}} \approx 2,00 \text{ g}$

$m_{\text{Cu}} + m_{\text{Ag}} + m_{\text{Zn}} = 10,00 \text{ g}$ hvorfor $m_{\text{Zn}} \approx 5,00 \text{ g}$

Phosphorchlorider

Phosphorpentachlorid er et fast stof der sublimerer ved 162°C .
10,0 g phosphorpentachlorid placeres i en lufttom beholder med et volumen på 5,0 L der derefter opvarmes 180°C .

- Bestem det forventede tryk p_0 i beholderen når temperaturen er 180°C .

idealgasloven $p \cdot V = m/M \cdot R \cdot T$
 $p_0 \cdot (5,0 \text{ L}) = (10,0/208,24 \text{ mol}) \cdot (0,08314 \text{ L} \cdot \text{bar/mol/K}) \cdot (273+180)\text{K}$

$p_0 \approx 0,362 \text{ bar}$

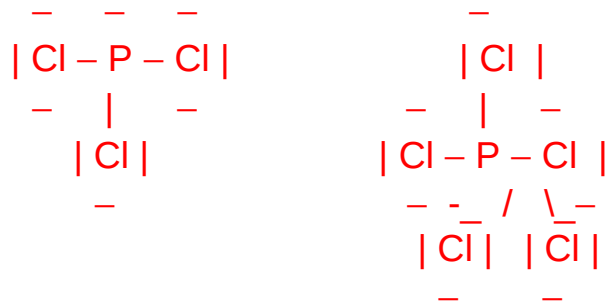
Phosphorpentachlorid dissocieres ved temperaturen 180°C delvist til phosphortrichlorid og dichlor efter skemaet



I DATAbogen (side 21) er formen af PCl_3 molekylet anført til at være pyramidisk trigonal og formen af PCl_5 molekylet anført til at være trigonal bipyramidisk.

- Tegn strukturformler for PCl_3 og PCl_5 molekylerne og begrund (dvs giv en forklaring på) de anførte former af molekylerne.

5 elektroner om P (5.hovedgruppe) og 7 elektroner om Cl (7.hovedgruppe); disse fordeles i par (enten bindinger eller ensomme par) så der er 5 om P og 7 om hvert Cl



4 "par" om PCl_3 (dvs tetraeder fordeling)

5 "par" om PCl_5 (dvs 3 i en plan og 1 over og 1 under; jfr figur databog side 20)

For dissociationen er tilvæksten i molar standard enthalpi $\Delta H^\circ = 87,5 \text{ kJ/mol}$ og tilvæksten i molar standard entropi $\Delta S^\circ = 170,7 \text{ J/mol/K}$.

- Bestem værdien af ligevægtskonstanten $K(T) = K_p$ ved temperaturen 180°C .

$$\Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ = -R \cdot T \cdot \ln(K);$$

$$\text{dvs } 0 = 87500 - (273+180) \cdot 170,7 + 8,314 \cdot (273+180) \cdot \ln(K)$$

TI83 solver giver $K \approx \mathbf{0,0671 \text{ bar}}$

- Bestem trykket i beholderen og den brøkdelt af phospentachlorid der er dissocieret efter skemaet (dvs dissociationsgraden α) ved ligevægt når

temperaturen er 180 °C

i ligevægt er $p(\text{PCl}_3) = p(\text{Cl}_2) = p_0 \cdot \alpha$ og $p(\text{PCl}_5) = p_0 \cdot (1 - \alpha)$

ligevægtsbetingelse: $K = p(\text{PCl}_3) \cdot p(\text{Cl}_2) / p(\text{PCl}_5) = p_0 \cdot \alpha^2 / (1 - \alpha)$

dvs $0 = 0,0671 - 0,362 \cdot x^2 / (1 - x)$; TI83 solver giver $x \approx 0,347$ hvorfor $\alpha \approx 34,7\%$

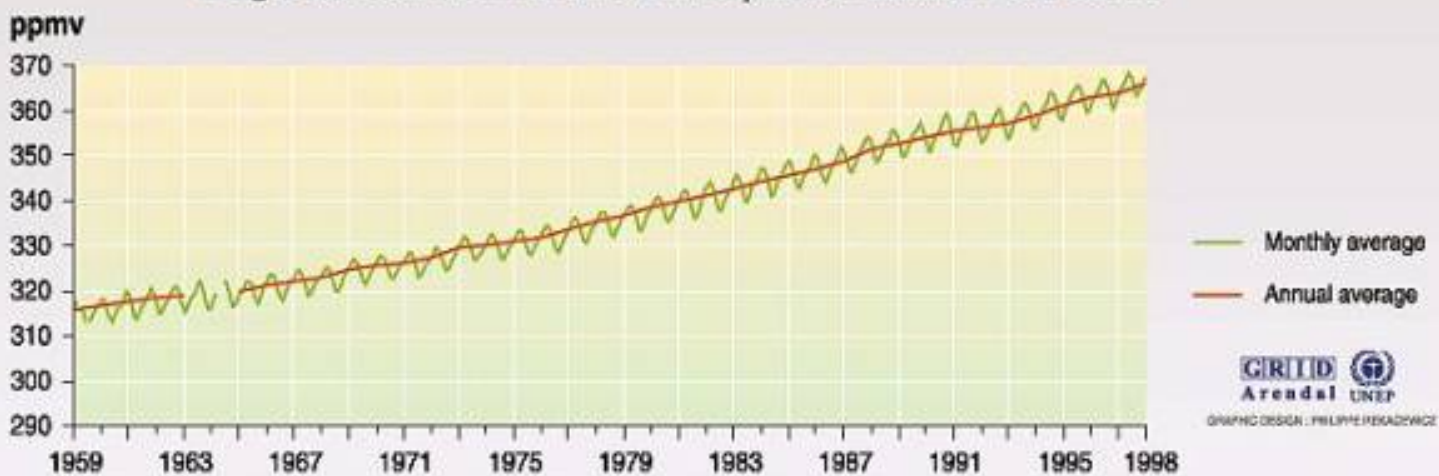
$p_{\text{beholder}} = p(\text{PCl}_3) + p(\text{Cl}_2) + p(\text{PCl}_5) = p_0 \cdot (1 + \alpha) \approx 0,488 \text{ bar}$

Carbondioxid i atmosfæren

CO₂ concentrations in the atmosphere have been measured at an altitude of about 4,000 meters on the peak of Mauna Loa mountain in Hawaii since 1958. The measurements at this location, remote from local sources of pollution, have clearly shown that atmospheric concentrations of CO₂ are increasing.

The mean concentration of approximately 316 parts per million by volume (ppmv) in 1958 rose to approximately 369 ppmv in 1998. The annual variation is due to CO₂ uptake by growing plants. The uptake is highest in the northern hemisphere springtime

CO₂ concentration in the atmosphere: Mauna Loa curve



Source : Scripps Institution of oceanography (SIO), University of California, 1998.

Atmosfæren indeholder for tiden ca 0,037 % carbondioxid. Indholdet har

været svagt stigende i sidste århundrede og spiller en stor rolle i diskussionerne om jordens klima i fremtiden.

Carbondioxid opløses i vand der er i kontakt med atmosfæren. Den interessante ligevægt med hensyn til denne opløsning kan skrives



For ligevægten er tilvæksten i molar standard enthalpi $\Delta H^\circ = -11,76 \text{ kJ/mol}$ og tilvæksten i molar standard entropi $\Delta S^\circ = -188,66 \text{ J/mol/K}$.

- Angiv ligevægtsbetingelsen og vis ved beregninger at ved temperaturerne 2°C og 20°C er værdierne af ligevægtskonstanten henholdsvis $2,39 \cdot 10^{-8} \text{ M}^2/\text{bar}$ og $1,74 \cdot 10^{-8} \text{ M}^2/\text{bar}$.

$$[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / p(\text{CO}_2) = K(T)$$

$$\Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ = -R \cdot T \cdot \ln(K)$$

$$0 = -11760 - (273 + \theta) \cdot (-188,66) + 8,314 \cdot (273 + \theta) \cdot \ln(K)$$

TI83 solver giver værdierne af K ved at vælge $\theta = 2$ og $\theta = 20$

I vand og vandige opløsninger i kontakt med atmosfæren opløses forskellige gasser.

- Angiv hvilke gasser der er opløst i helt rent regnvand og bestem pH af regnvand ved temperaturen 2°C (kunne fx være på Grønland) i 1960 og i 2000.

N_2 , O_2 og CO_2

$$(10^{-\text{pH}})^2 = 2,39 \cdot 10^{-8} \cdot p(\text{CO}_2);$$

TI83 solver med $p(\text{CO}_2) \approx 0,000316$ giver $\text{pH} \approx 5,6$ og $p(\text{CO}_2) \approx 0,000369$ giver $\text{pH} \approx 5,5$

Målinger viser at havvand typisk har $\text{pH} \approx 8,5$.

- Bestem den aktuelle koncentration af hydrogencarbonatjoner i havvand ved Hawaii i januar 1998 ($p(\text{CO}_2) \approx 0,000365$ bar) hvor temperaturen antages at være 20°C .

$$[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / p(\text{CO}_2) = 1,74 \cdot 10^{-8} \text{ M}^2/\text{bar},$$

dvs $0 = [\text{HCO}_3^-] \cdot 10^{-8,5} / 0,000365 - 1,74 \cdot 10^{-8}$ TI83 solver giver $[\text{HCO}_3^-] \approx 2,00 \text{ mM}$

På grafen over carbondioxidindholdet i atmosfæren ses at indholdet er højere om sommeren end om vinteren. Teksten til grafen forklarer at variationerne skyldes fotosyntesen, men dette skulle bevirke at indholdet var større om vinteren end om sommeren.

Antag at variationerne i indholdet af carbondioxid i atmosfæren [\[1\]](#) på Hawaii skyldes at Stillehavets temperatur ved Hawaii er højere om sommeren end om vinteren.

- Vurder hvor meget højere temperaturen af Stillehavet var ved Hawaii i sommeren 1998.

$$[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / p(\text{CO}_2) = K(T)$$

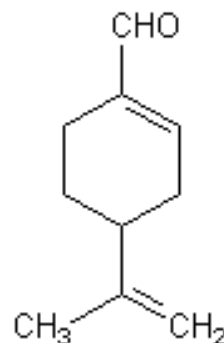
$$0,00200 \cdot 10^{-8,5} / (0,000365 + 0,000008) = K(T) \approx 1,707 \cdot 10^{-8}$$

$$0 = -11760 - (273 + \theta) \cdot (-188,66) + 8,314 \cdot (273 + \theta) \cdot \ln(1,707 \cdot 10^{-8})$$

TI83 solver giver $\theta \approx 21$

dvs sommertemperaturen forventes at være **1 °C højere** end vintertemperaturen

Perill aldehyd



Formlen viser strukturen af et naturligt forekommende aldehyd.

- Angiv sumformlen: $C_{10}H_{14}O$
- Markér eventuelle chirale [\[2\]](#) centre med V.

V

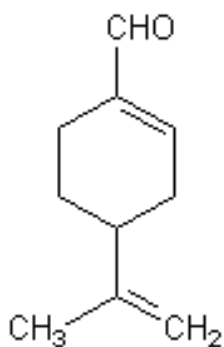


fig a

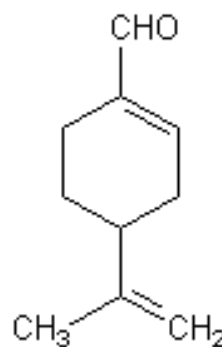


fig b

- Marker på fig a alle de atomer, hvor vinklen mellem bindingerne vil være ca 120°.
- Marker på fig b alle de atomer, hvor vinklen mellem bindingerne vil være ca 109°.

Carbonylforbindelser kan let addere ammoniak og en række ammoniakderivater hvorpå der dannes stabile forbindelser ved fraspaltning af vand (du har muligvis anvendt 2,4-dinitrophenylhydrazin som reagens i laboratoriet).

Adderes der til en carbonylforbindelse hydroxylamin (NH₂-OH) fås et oxim. I Japan anvendes oximet af perillaldehyd som sødemiddel, det kaldes undertiden for perillsukker der smager ca 2000 gange sødere end alm sukker.

- Opskriv skemaet der beskriver dannelse af perillsukker.



Alkaner

Ved forbrænding omdannes alkaner til carbondioxid og vand.

- Opskriv det afstemte forbrændingsskema for en alkan (med formelen C_nH_{2n+2}).



En gasblanding indeholder tre forskellige ikke cykliske alkaner.

Stofmængderne af de tre alkaner er identiske.

Ved temperaturen 25 °C og trykket 1,00 bar er gasblandingsens volumen 2,0 L.

Reduceres temperaturen til 5 °C bliver trykket 0,933 bar.

Ved fuldstændig forbrænding forbruges 11,0 L oxygen (25 °C og 1,00 bar).

- Hvilke alkaner drejer det sig om?

jfr skemaet: $n_{\text{alkan}}:n_{\text{oxygen}} = 1:\frac{1}{2}(3n+1) = V_{\text{alkan}}:V_{\text{oxygen}}$

dvs 2/3 L alkan forbruger $\frac{2}{3}L \cdot \frac{1}{2} \cdot (3 \cdot n + 1) = (n + \frac{1}{3})$ L oxygen

at trykket ved 5°C er 0,933 bar fortæller at der ikke kondenseres gasser ved afkølingen

1.alkan: $C_xH_{2 \cdot x + 2}$

2.alkan: $C_yH_{2 \cdot y + 2}$

3.alkan:

$C_zH_{2 \cdot z + 2}$

dvs $11 \text{ L} = (x + \frac{1}{3}) \text{ L} + (y + \frac{1}{3}) \text{ L} + (z + \frac{1}{3}) \text{ L} = (x + y + z + 1) \text{ L}$ eller

$x + y + z = 10$

de forskellige muligheder for (x;y;z) er (1;2;7), (1;3;6), (1;4;5), (2;3;5), (2;4;4), (3;3;4)

de første fire må udelukkes fordi heptan, hexan og pentan ikke er gasser ved de givne betingelser

neopentan (2,2-dimethylpropan) fortættelse 9,5 °C og kan derfor heller ikke komme på tale
den sidste må udelukkes fordi propan ikke danner isomere

dvs blandingen består af **ethan, butan og methylpropan** (isobutan)

En alm lighter indeholder alkanerne butan og methylpropan (isobutan).
Under påvirkning af lys kan alkaner reagere med brom.

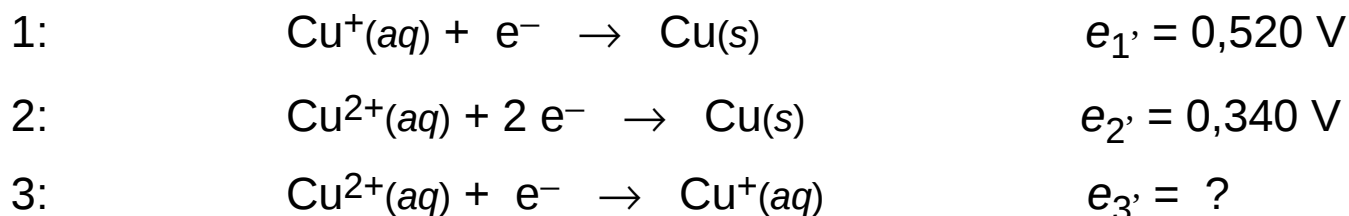
- Angiv de monobromforbindelser der dannes når butaner reagerer med brom.

2R-brombutan og 2S-brombutan

2-brom-2-methylpropan (der dannes ikke andre isomere!)

Elektrokemisk måling af en bromidjonkoncentration

Kobber danner jonerne Cu^+ og Cu^{2+} .



- Vis ved beregning af standard reduktionspotentialer $e_3' \approx 0,159 \text{ V}$

$$-\Delta G' = z \cdot F \cdot e'$$

$$\Delta G_3' + \Delta G_1' = \Delta G_2', \text{ dvs } 1 \cdot F \cdot e_3' + 1 \cdot F \cdot e_1' = 2 \cdot F \cdot e_2', \text{ indsætning giver } e_3' = 0,160 \text{ V}$$

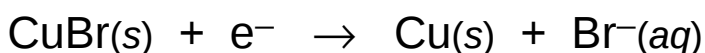
En disproportion er en reaktion hvor det samme stof både oxideres og reduceres

- Disproportionerer kobber(I) spontant til kobber(0) og kobber(II) ?

fx

$$\begin{aligned} 2 \text{Cu}^+(\text{aq}) &\rightarrow 1 \text{Cu}(\text{s}) + 1 \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) & \Delta G' &= 2 \cdot \Delta G_1' - \Delta G_2' = -2 \cdot (1 \cdot F \cdot e_1') - (-2 \cdot F \cdot e_2') \\ &= -F \cdot 0,360 \text{ V} = -(96,5 \text{ kC/mol}) \cdot (0,360 \text{ V}) \approx -35 \text{ kJ/mol} < 0, \text{ dvs reaktionen vil forløbe} \\ &\text{spontant} \end{aligned}$$

- Bestem standard reduktionspotentialer for nedenstående reaktion når opløselighedsproduktet for kobber(I)bromid er $K_0(\text{CuBr}) = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ M}^2$.



for ox/red = Cu^+/Cu er $e' = e_1' + R \cdot T \cdot F^{-1} \cdot \ln[\text{Cu}^+]$; desuden er $[\text{Cu}^+] \cdot [\text{Br}^-] = 5,2 \cdot 10^{-9}$;

i standardtilstanden er koncentrationer formelt 1 M, dvs $[\text{Br}^-] = 1 \text{ M}$ hvorfor

$$e' = e_1' + R \cdot T \cdot F^{-1} \cdot \ln(5,2 \cdot 10^{-9}) = 0,520 \text{ V} + (0,0257 \text{ V}) \cdot \ln(5,2 \cdot 10^{-9}) \approx \mathbf{0,030 \text{ V}}$$

I en opløsning indeholdende bromidjoner anbringes dels en kalomelelektrode som referenceelektrode (med standard reduktionspotentialen $e' = 244 \text{ mV}$) og dels en kobberplade med udfældet kobber(I)bromid.

Et voltmeter med kobberpladen sluttet til plus og referencen til minus viser 33 mV .

- Bestem koncentrationen af bromidjoner i opløsningen.

for Cu^+/Cu er i dette tilfælde $e' = 0,030 \text{ V} - R \cdot T \cdot F^{-1} \cdot \ln[\text{Br}^-]$

$U_0 = e_{\text{Cu}} - e_{\text{kalomel}}$; dvs $0,033 \text{ V} = 0,030 \text{ V} - (0,0257 \text{ V}) \cdot \ln[\text{Br}^-] - 0,244 \text{ V}$, hvoraf $[\text{Br}^-] \approx \mathbf{6,7 \cdot 10^{-5} \text{ M}}$

D:\PJ\KEMI\OLYM\indien\opgaver2runde.doc

[1] den samlede mængde af carbondioxid i havvand (som hydrogencarbonat) er meget større end den samlede mængde af carbondioxid i atmosfæren

[2] et chiralt center kaldes i nogle kemibøger for et asymmetrisk atom