

Universitetet i Oslo

Det matematisk -naturvitenskapelige fakultet

Løsningsforslag

Eksamen i KJM1100 Generell kjemi

Fredag 8. desember 2017

kl. 14.30 - 18.30 (4 timer)

Alle 17 oppgaver skal besvares. Hver oppgave tillegges ulik vekt.

Poengsum er oppgitt for hver oppgave.

Maksimal poengsum for hele oppgavesettet er 100 poeng.

Tillatte hjelpemidler: Kalkulator

Periodesystem ligger som informasjonsdokument i slutten av oppgavesettet.

Konstanter du kan få bruk for:

$$R = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/(K}\cdot\text{mol)} = 0,0821 \text{ L atm/(K}\cdot\text{mol)}, F = 96500 \text{ J/(V}\cdot\text{mol)}$$

Nernst ligning er:

$$E = E^\circ - (RT/nF) \ln Q = E^\circ - (0,0257 \text{ V}/n) \ln Q$$

To regneregler for logaritmer: $\log(1/a) = -\log a$, $\log a^n = n \log a$

Oppgave 1 (7 poeng)

Hver 1,75 poeng

a) Hvilket grunnstoff har elektronkonfigurasjonen $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$?

Angi kjemisk symbol her: **Ar**

b) Hvilket ion har den største ioneradien?

Mg^{2+} **Br^-** Be^{2+} Na^+ F^-

c) Hvilket av disse grunnstoffene har lavest elektronegativitet?

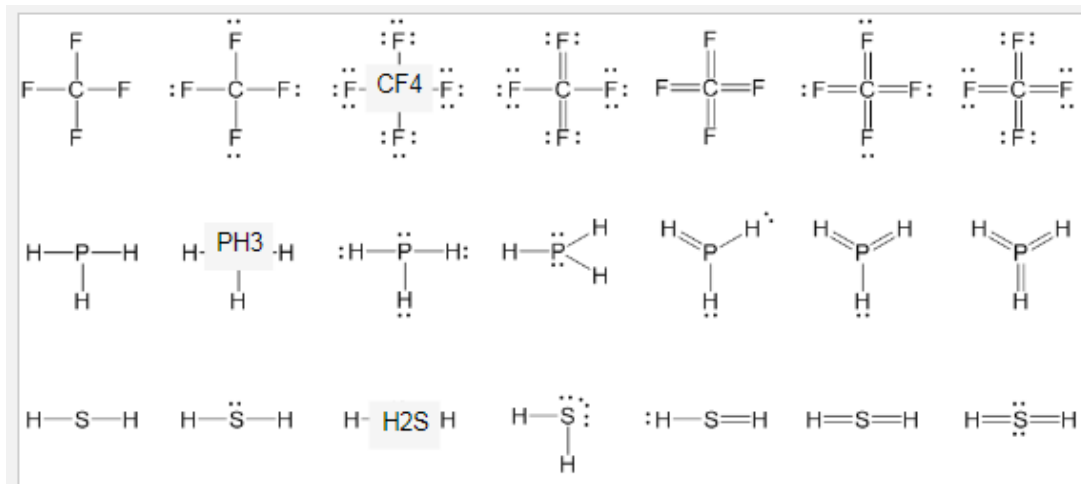
Cl Si Sn **K** O

d) I hvilken av forbindelsene er sentralatomet sp^3d hybridisert?

NH_3 **PCl_5** SF_6 CCl_4 NO_2

Oppgave 2 (3 poeng)

Dra hvert av de tre molekylene CF_4 , PH_3 og H_2S til den figuren som viser riktig Lewis-struktur.



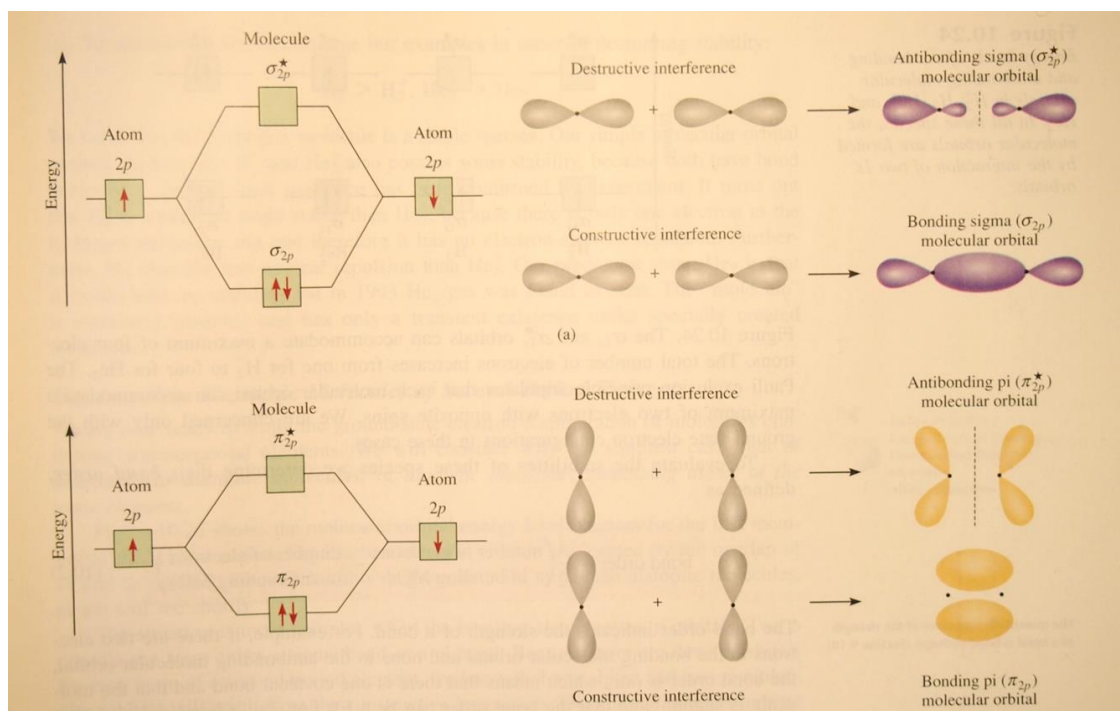
Oppgave 3 (3 poeng)

Bruk VSEPR-modellen til å forutsi geometrien til CF_4 , PH_3 og H_2S .

Hver 1 poeng

Stoff	Vinklet	Lineær	Plan trigonal	Pyramidal	T-formet	Tetraedrisk
CF_4						
PH_3						
H_2S						

Oppgave 4 (4 poeng)



Figuren over er hentet fra læreboken. Bruk den til å formulere korte svar på følgende spørsmål:

- Hva er forskjellen på en bindende og en antibindende orbital?
- Hva er forskjellen på en σ -binding og en π -binding?

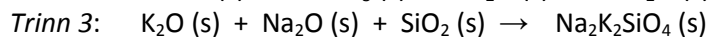
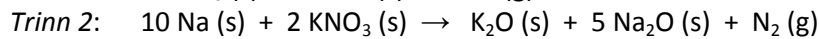
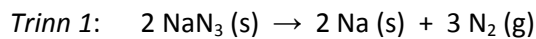
Svar:

a) I en bindende orbital er det *elektrontetthet mellom atomene*, for en antibindende er det ikke det. I tillegg har de bindende orbitalene alltid lavere energi.

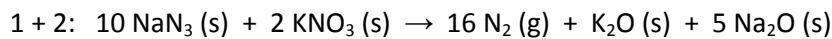
b) En σ -binding går *direkte mellom atomkjernene*, en π -binding går *over og under* (eller foran og bak) *aksen mellom atomene* («pølse-i-brød modell», pølse = σ , brød = π , det er én av hver).

Oppgave 5 (8 poeng)

Når en luftpute (airbag) utløses i forbindelse med at en bil kolliderer, skjer det tre ulike kjemiske reaksjoner:



Vi skal ikke se på trinn 3, men summen av trinn 1 og 2:



Hvor mange liter nitrogengass får du fra 60,0 g natriumazid, NaN_3 , når trykket er 1,000 atm. og temperaturen er 22,0 °C? Vi antar at kaliumnitrat er til stede i overskudd.

Utgangspunkt:

$M(\text{NaN}_3) = 22,99 + 3 \times 14,01 = 65,02 \text{ g}$

$n(\text{NaN}_3) = m/M = 60,0 \text{ g}/65,02 \text{ g/mol} = \underline{0,923 \text{ mol}}$ 2,25 poeng

Fra reaksjonsligningen ser vi at 10 mol $\text{NaN}_3(\text{s})$ gir 16 mol $\text{N}_2(\text{g})$, molforholdet er 1:1,6

$n(\text{N}_2) = 1,6 \cdot n(\text{NaN}_3) = 1,6 \cdot 0,923 \text{ mol} = \underline{1,476 \text{ mol}}$ 2,25 poeng

Finner gassvolumet fra den ideelle gassligning $PV = nRT \rightarrow V = nRT/P$ der $T = 22,0 + 273,15 = 295,15 \text{ K}$

$V(\text{N}_2) = 1,476 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot 295,15 \text{ K} / 1,000 = \underline{35,8 \text{ L}}$ 3,5 poeng

Oppgave 6 (7,5 poeng)

Hver 1,5 poeng

Følgende system er i likevekt ved 600 K: $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$ $\Delta H^\circ = -46 \text{ kJ/mol}$

Bruk Le Chateliers prinsipp til å avgjøre hvordan det går med mengden H_2 i gassblandingen hvis vi

	øker	avtar	uendret
setter til mer N_2			
minsker trykket ved å øke volumet			
endrer temperaturen til 700 K			
tilsetter en katalysator			
øker trykket ved å tilsette litt argon			

Oppgave 7 (4 poeng)

Verken CuO(s), Cu(s) eller H₂O(l) vil være med i likevektskonstanten, av dette ser man da at $K_c = K_p$ for den gitte reaksjonen:

$$\Rightarrow K_c = K_p = 1 / [\text{H}_2]$$

Ved eksamen i KJM1100 H-2015 var en av oppgavene utformet slik:

Gitt likevekten $\text{CuO (s)} + \text{H}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{Cu (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$
Skriv opp et uttrykk for likevektskonstanten.

Én av kandidatene leverte svaret vist over. Maksimalt uttelling for denne oppgaven var 4 poeng. Hvor mange poeng tror du dette svaret ga? Hvis du mener det er feil, hva er riktig svar?

Svar:

Riktig svar er $K_p = 1/p_{\text{H}_2}$ eller $K_c = 1/[\text{H}_2]$

Kandidaten har fått med seg at faste stoffer og væsker ikke skal med i likevektskonstanten, og det er bra, men tror at $K_p = K_c$, som i dette tilfellet er feil. Vi ga 2,5 poeng for dette.

Dere kan svare 2 – 3 poeng hvis begrunnelsen er OK.

Oppgave 8 (7 poeng)

En prøve av ren NO₂ (g) dekomponerer ved 1000 K: $2 \text{NO}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO (g)} + \text{O}_2 \text{(g)}$ $K_p = 158$.

En analyse viser at partialtrykket til O₂, P_{O_2} , er 0,25 atm. ved likevekt. Beregn P_{NO} og P_{NO_2} .

Utrekning:

Det dannes 2 NO-molekyler for hvert O₂-molekyl, følgelig må P_{NO} være dobbelt så stort som P_{O_2}

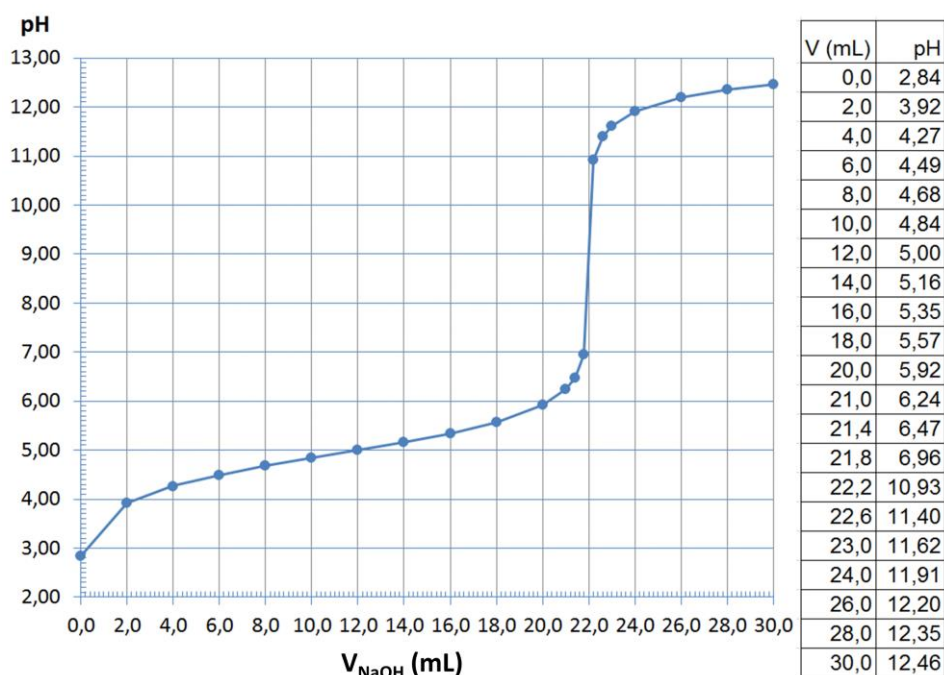
$$P_{\text{NO}} = 2 \cdot P_{\text{O}_2} = 2 \cdot 0,25 \text{ atm} = \underline{0,50 \text{ atm}} \quad 2,5 \text{ poeng}$$

Finner P_{NO_2} fra likevektskonstanten $K_p = (P_{\text{NO}})^2 \cdot P_{\text{O}_2} / (P_{\text{NO}_2})^2 = 158$

$$(P_{\text{NO}_2})^2 = (P_{\text{NO}})^2 \cdot P_{\text{O}_2} / K_p = (0,50)^2 \cdot 0,25 / 158 = 3,96 \cdot 10^{-4}$$

$$P_{\text{NO}_2} = \underline{0,020 \text{ atm}} \quad 4,5 \text{ poeng}$$

Oppgave 9 (3 poeng)



Vi titrerer 25,00 mL av en ukjent, énpotisk organisk syre HA med 0,2000 M NaOH mens vi fortløpende måler pH. Dette gir titerkurven vist over der punktene viser faktiske pH-målinger. Hva er konsentrasjonen til syren? Bruk fire desimaler i svaret.

Utgning (ikke spurt om):

Anslår titer volumet av lut til 22,00 mL, kan regne ut antall mol tilsatt:

$$n_{\text{NaOH}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 0,2000 \text{ mol/L} \cdot 0,02200 \text{ L} = \underline{4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}$$
 (det er mulig å regne direkte uten å gå om antall mol)

Antall mol syre og antall mol lut forholder seg 1:1, dvs

$$n_{\text{HA}} = 4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Kjenner volumet, kan finne konsentrasjonen fra $n_{\text{HA}} = c_{\text{HA}} \cdot V_{\text{HA}} \rightarrow c_{\text{HA}} = n_{\text{HA}} / V_{\text{HA}}$

$$c_{\text{HA}} = 4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 25,00 = \underline{0,1760 \text{ mol/L}}$$

Svar i intervallet 0,1742 – 0,1778 er automatisk godkjent, andre svar kan gi noe uttelling etter manuell retting.

Oppgave 10 (10 poeng)

a) Bruk titerkurven (den samme som i Oppgave 9) til å anslå en verdi for syrens syrekonstant, K_a .

b) Beregn pH i ekvivalenspunktet ved hjelp av K_a -verdien du fant i a). Dersom du ikke fant et svar i a), kan du bruke verdien $K_a = 2,0 \cdot 10^{-5}$. NB: Dette er ikke riktig svar på a). Dersom du ikke klarer å regne ut pH-verdien, kan du bruke titerkurven til å gjøre et anslag.

Utgning:

a) Titer volumet er fortsatt 22,00 mL, før vi kommer til ekvivalenspunktet har vi en buffer der man finner pH med bufferligningen:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log(c_{\text{A}^-} / c_{\text{HA}})$$

Ved halvtitrepunktet, dvs. 11,00 mL er $c_{\text{A}^-} = c_{\text{HA}}$ og $\text{pH} = \text{p}K_a$

Har pH-avlesninger ved 10,00 mL = 4,84 og ved 12,00 mL = 5,00. Vi er midt mellom disse.

$$\text{p}K_a = 4,92 \rightarrow \underline{K_a = 1,20 \cdot 10^{-5}}$$

4 poeng

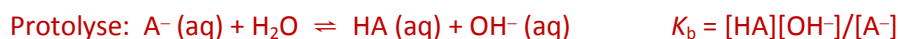
$K_a = 1,45 \cdot 10^{-5}$ og $K_a = 1,00 \cdot 10^{-5}$, som man får ved å bruke henholdsvis 4,84 og 5,00 som pH ved halvtitrepunktet, gir 2 poeng

b) Fra Oppgave 9 fant vi at $n_{HA} = 4,40 \cdot 10^{-3}$ mol, ved ekvivalenspunktet er alt dette overført til den korresponderende basen A^- og vi har $n_{A^-} = 4,40 \cdot 10^{-3}$ mol.

Vi skal beregne pH i en svak base, trenger konsentrasjonen og dessuten basekonstanten K_b .

$$c_{A^-} = n_{A^-} / V_{\text{total}} = n_{A^-} / (V_{\text{syre}} + V_{\text{base}}) = 4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / (0,02500 + 0,02200) \text{ L} = \underline{0,0936 \text{ mol/L}}$$

$$K_a \cdot K_b = K_w \rightarrow K_b = K_w / K_a = 1,00 \cdot 10^{-14} / 1,20 \cdot 10^{-5} = \underline{8,33 \cdot 10^{-10}}$$



konsentrasjoner	$[A^-]$	$[HA]$	$[OH^-]$
start	0,0936	0	≈ 0
endring	-x	+x	x
slutt	0,0936-x	x	x

$$\text{Innsetting i uttrykket for } K_b \text{ gir: } K_b = x \cdot x / (0,0936 - x) = x^2 / (0,0936 - x) = 8,33 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{Antar } x \ll 0,0936 \rightarrow 0,936 - x \approx 0,936 \rightarrow x^2 / 0,0936 = 8,33 \cdot 10^{-10} \rightarrow x^2 = 7,80 \cdot 10^{-11}$$

$$[OH^-] = x = 8,83 \cdot 10^{-6} \rightarrow \text{pOH} = 5,05 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 14,00 - 5,05 = \underline{8,95}$$

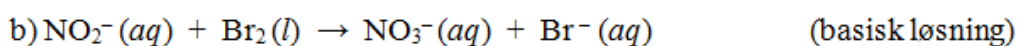
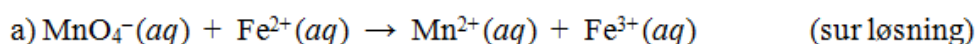
6 poeng

Antagelsen gjort over er god.

Dersom man benytter den alternative K_a -verdien på $2,0 \cdot 10^{-5}$ blir svaret i b) pH = 8,84. Dette gir også 6 poeng.

Dersom man ikke regner ut, men korrekt anslår pH til i underkant av 9 fra titrérkurven, gir dette 2 poeng.

Oppgave 11 (6 poeng)



Balanser de to ligningene vist over.



Det er ikke nødvendig å ta med tilstander gitt i parenteser.

Oppgave 12 (8 poeng)

Løselighetsproduktet til bariumsulfat er $K_{sp} = 1,0 \cdot 10^{-10}$.

a) Regn ut den molare løseligheten x av $BaSO_4$ i rent vann.

Angi først siffer, deretter eksponent, f.eks. **2,3** og **-5** for **$2,3 \cdot 10^{-5}$** .

$$x = \underline{1,0 \cdot 10^{-5}}$$

4 poeng

b) Regn ut den molare løseligheten x av $BaSO_4$ i en 1,00 M $Ba(NO_3)_2$ -oppløsning.

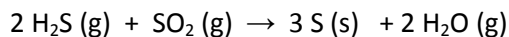
$$x = \underline{1,0 \cdot 10^{-10}}$$

4 poeng

Oppgave 13 (8 poeng)

Stoff	ΔH_f° (kJ/mol)	S° (J/(mol·K))
H ₂ O (g)	-241,8	188,7
H ₂ S (g)	-20,2	205,6
S (s)	0,0	31,9
SO ₂ (g)	-296,4	248,5

Nær vulkaner finnes det noen ganger elementært svovel, S (s), som man antar er dannet ved følgende reaksjon:



Reaksjonen kan også brukes til å fjerne svoveldioksid fra avgassene til olje- og gasskraftverk.

a) Bruk tabellverdier fra figuren over til å beregne ΔG° ved 25,0 °C.

b) Finn likevektskonstanten K for reaksjonen. Dersom du ikke har funnet et svar i a), kan du bruke at $\Delta G^\circ = -100,0$ kJ/mol. NB: Dette er ikke riktig svar på a).

Utrekning:

a) Beregner først ΔH° og ΔS° , deretter ΔG° .

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{produkter}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{reaktanter}) = 2\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) - [2\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{S}) + \Delta H_f^\circ(\text{SO}_2)]$$

$$\Delta H_f^\circ = 2(-241,8) - [2(-20,2) + (-296,4)] = \underline{-146,8 \text{ kJ/mol}} \quad 1,5 \text{ poeng}$$

$$\Delta S^\circ = \sum S^\circ(\text{produkter}) - \sum S^\circ(\text{reaktanter}) = 3S^\circ(\text{S}) + 2S^\circ(\text{H}_2\text{O}) - [2S^\circ(\text{H}_2\text{S}) + S^\circ(\text{SO}_2)]$$

$$\Delta S^\circ = 3(31,9) + 2(188,7) - [2(205,6) + 248,5] = \underline{-186,6 \text{ J/(mol·K)}} \quad 1,5 \text{ poeng}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad T \text{ må oppgis i K, } \Delta S^\circ \text{ omgjøres til kJ/(mol·K)}$$

$$\Delta G^\circ = -146,8 \text{ kJ/mol} - 298,15 \text{ K} \cdot [-0,1866 \text{ kJ/(mol·K)}] = \underline{-91,2 \text{ kJ/mol}} \quad 2 \text{ poeng}$$

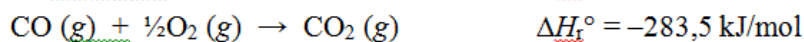
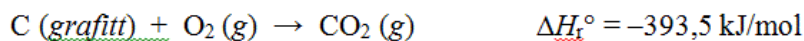
b) Bruker $\Delta G^\circ = -RT \ln K \rightarrow K = e^{-\Delta G^\circ/RT}$

$$K = e^{91,2/(8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 298,15)} = \underline{9,6 \cdot 10^{15}} \quad 3 \text{ poeng}$$

Svaret kan variere noe avhengig av hvor mange siffer man har tatt med i mellomregninger

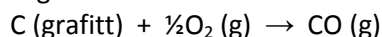
Benyttes $\Delta G^\circ = -100,0$ kJ/mol blir svaret $K = e^{100,0/(8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 298,15)} = \underline{3,4 \cdot 10^{17}}$. Dette gir også 3 poeng

Oppgave 14 (4 poeng)



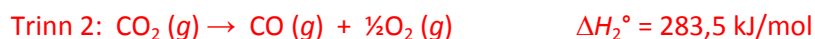
a) Bruk de oppgitte reaksjonsentalpiene, ΔH_f° , til å beregne dannelsesentalpien til CO, $\Delta H_f^\circ(\text{CO})$.

b) Hva kan grunnen være til at vi ikke bare bruker reaksjonen

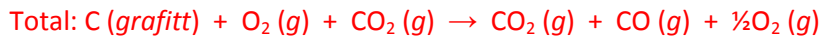


og måler ΔH_f° direkte for denne?

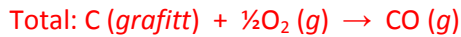
a) Bruker den første av de to oppgitte reaksjonene som den er, mens den andre snus bak frem (fortegnet for ΔH_f° blir da også snudd):



Legger sammen de to trinnene og får en totalreaksjon



CO₂(g) og ½O₂(g) forkortes bort, finner ΔH° som summen av de to trinnene:



$$\Delta H^\circ = \Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ = -393,5 \text{ kJ/mol} + 283,5 \text{ kJ/mol} = \underline{-110,5 \text{ kJ/mol} = \Delta H_f^\circ(\text{CO})}$$

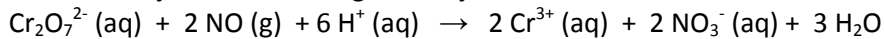
3 poeng

b) CO₂ har høyest entropiverdi fordi det er et større molekyl (tre atomer mot to) med mer komplisert geometri som gir større muligheter for å skape «uorden»

1 poeng

Oppgave 15 (8 poeng)

I en elektrokjemisk celle foregår reaksjonen



Standard cellepotensial (emf) er $E^\circ_{\text{cell}} = 0,37 \text{ V}$.

a) Regn ut ΔG° for denne cellen.

$$\Delta G^\circ = \underline{-214 \text{ kJ/mol}}$$

4 poeng

Utgning (ikke spurt om):

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ = -6 \cdot 96500 \cdot 0,37 = -2,142 \cdot 10^5 \text{ J/mol} = -214,2 \text{ kJ/mol}$$

Svar i intervallet -214,0 til -215,0 er automatisk godkjent, andre svar kan gi noe uttelling etter manuell retting.

b) Regn ut den elektromotoriske spenningen E_{cell} når pH er endret til 3,00 (alle andre betingelser like)

$$E_{\text{cell}} = \underline{0,19 \text{ V}}$$

4 poeng

Utgning (ikke spurt om):

Bruker Nernst ligning $E = E^\circ - (RT/nF) \ln Q$ med $n = 6$

$$E = E^\circ - (0,0257 \text{ V}/6) \ln \left(\frac{[\text{Cr}^{3+}][\text{NO}_3^-]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]\text{P}_{\text{NO}}^2[\text{H}^+]^6} \right)$$

pH = 3,00 gir $[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-3}$, alle andre konsentrasjoner og trykk er 1,00, $E^\circ = 0,37 \text{ V}$

$$E = 0,37 - (0,0257 \text{ V}/6) \ln 1/(1,00 \cdot 10^{-3})^6 \quad \text{eller fra regneregelen } \ln(1/a) = -n \ln a$$

$$E = 0,37 + (0,0257 \text{ V}/6) \ln (1,00 \cdot 10^{-3})^6 \quad \text{eller fra regneregelen } \ln a^n = n \ln a$$

$$E = 0,37 + 0,0257 \text{ V} \ln (1,00 \cdot 10^{-3}) = 0,192 \text{ V}$$

Svar i intervallet 0,19 til 0,20 V er automatisk godkjent, andre svar kan gi noe uttelling etter manuell retting.

Oppgave 16 (4,5 poeng)

Dra navnet til riktig boks (det kan plasseres to eller flere navn i samme boks).

238U → 234Th + α

Deuterium + Tritium → Helium + Neutron

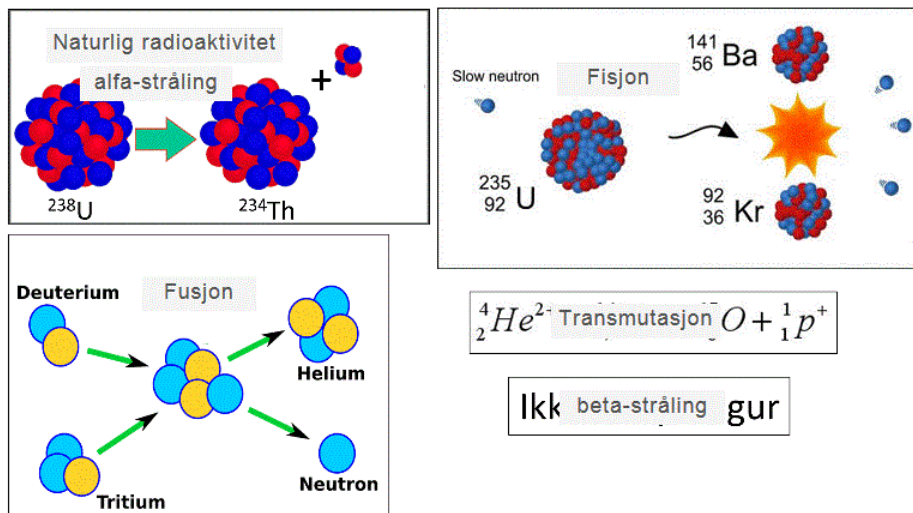
Slow neutron + 23592U → 14156Ba + 9236Kr + 11p+

Ikke vist på figur

Transmutasjon

Fusjon Fisjon beta-stråling Naturlig radioaktivitet alfa-stråling

Svar:



Det er også godkjent å plassere «alfa-stråling» i samme boks som fusjon

Oppgave 17 (5 poeng)

I en laboratorieøvelse skal atommassen til magnesium bestemmes ut fra den mengde hydrogen gass man får etter at en innveid magnesiumbit reagerer med saltsyre. I pdf-dokumentet er det gitt en enkel beskrivelse av eksperimentet (det viktige for denne oppgaven er uthevet i rødt). I videoen får du se en utførelse av dette eksperimentet. Kommenter, med inntil 15 linjer tekst, hva som utføres bra her og hva som blir glemt eller burde ha vært gjort annerledes.

Viktige ting å kommentere er disse:

- Pusse metallbiten
- Huske å tarere vekten
- Lukke døren under veiing
- Fylle røret helt med vann så det ikke er luftbobler til stede
- Vente til alt metall er oppløst
- Måle V_{gass} riktig, til bunnen av menisken ikke toppen.
- Måle h_{vann} riktig, til vannoverflaten og ikke mengden vann i røret