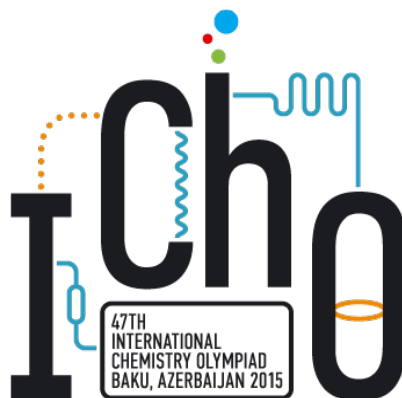


Fasit til norsk finale



Kvalifisering til den
47. Internasjonale Kjemiolympiaden 2015
i Baku, Aserbajdsjan



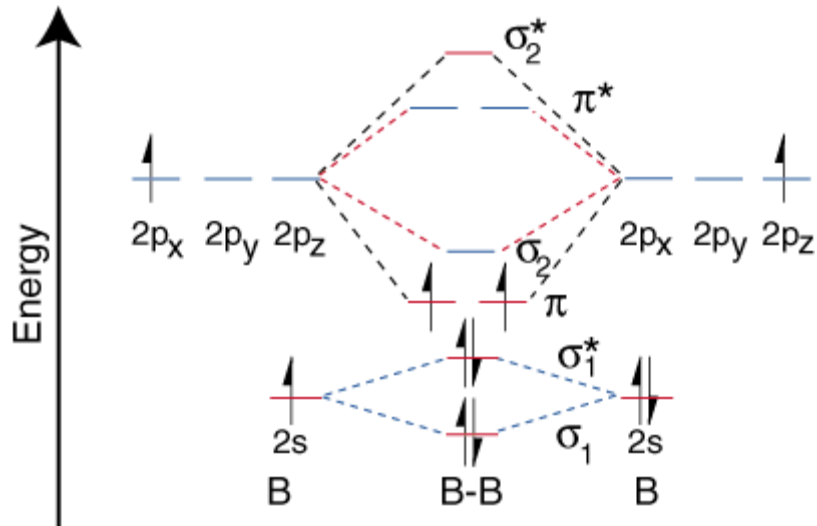
Oppgave 1

- 1) D
- 2) A
- 3) C
- 4) B
- 5) B
- 6) B
- 7) C
- 8) D

- 9) A
- 10) C
- 11) C
- 12) A
- 13) C
- 14) A
- 15) D

Oppgave 2 (15 poeng)

- a) 11,3%
- b) $[\text{He}]2s^22p^1$
- c)

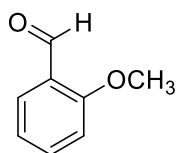


Alt som ligner på dette godkjennes. Viktig med uparrede elektroner og energirekkefølgen på orbitalene. Sigma- og pi må være riktig, samt stjerne for antibindende orbital.

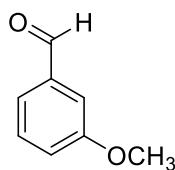
- d) Uparrede elektroner i pi-orbitalen gir paramagnetisme.
- e) Bruker formelen for energi i partikkel-i-boks-system for begge molekylene og finner energiforskjell på HOMO og LUMO ($n = 5 \rightarrow 6$ for venstre, $n = 6 \rightarrow 7$ for høyre). Finner at energigapet er minst hos molekylet til høyre, derav størst bølgelengde her. Systemet til venstre absorberer ved 588 nm (gult).

Oppgave 3 (15 poeng)

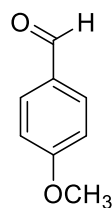
- a) Av oppgitte opplysninger og data fremgår det at det må være snakk om 4-metoksybenzaldehyd (*p*-anisaldehyd).
- b) De andre må være *o*-anisaldehyd og *m*-anisaldehyd.



o-Anisaldehyd

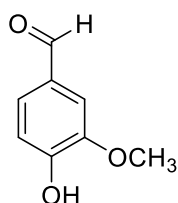


m-Anisaldehyd

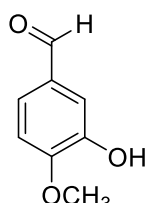


p-Anisaldehyd

- c) Av oppgitte opplysninger og data fremgår det at vanillin må være et benzaldehyd som også inneholder en metoksygruppe og en fenolfunksjonalitet. Hvis oksidasjon gir en 3,4-disubstituert benzosyre betyr det at metoksygruppen og fenolfunksjonaliteten må være plassert i posisjon 3 og 4 på den aromatiske ringen. Dette gir følgende muligheter:

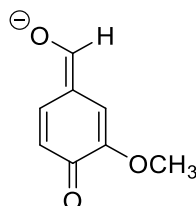


(Vanillin)



(Isovanillin)

- d) Vanillin er en sterkere syre enn isovanillin, noe som betyr at anionet av vanillin er mer stabilisert enn anionet til isovanillin. Ved å tegne resonansstrukturer ser man at det er kun for vanillin at vi kan få tegnet gunstige strukturer der den negative ladningen er plassert ute på oksygenatomet i karbonylgruppen.



Oppgave 4 (15 poeng)

- a) For bcc-strukturen berører jernatomene hverandre langs romdiagonalen. Denne består av $4 \cdot$ radien til jern ($4 \cdot 126$ pm). Romdiagonalen kan også uttrykkes som $\sqrt{3} \cdot a$, hvor a er enhetscelledimensjonen.

$$a = (4 \cdot 126 \text{ pm}) / \sqrt{3} = \underline{291 \text{ pm}}$$

- b) For fcc-strukturen berører jernatomene hverandre langs flatediagonalen. Denne består av $4 \cdot$ radien til jern ($4 \cdot 126$ pm). Flatediagonalen kan også uttrykkes som $\sqrt{2} \cdot a$, hvor a er enhetscelledimensjonen.

$$a = (4 \cdot 126 \text{ pm}) / \sqrt{2} = \underline{356 \text{ pm}}$$

- c) Tetthet = masse/volum = $(2 \cdot 55.85 \text{ g/mol}) / ((291^3 \text{ pm}^3) \cdot \text{Na}) = \underline{7.52 \text{ g/cm}^3}$

- d) Tetthet = masse/volum = $(4 \cdot 55.85 \text{ g/mol}) / ((356^3 \text{ pm}^3) \cdot \text{Na}) = \underline{8.22 \text{ g/cm}^3}$

- e) Avstanden mellom C og Fe er halvparten av enhetscellen = $356/2$ pm = 178 pm. Det er 6 stk slike like avstander. Siden Fe tar 126 pm av disse så er det 52 pm igjen til C.

- f) Det er 2 stk forskjellige avstander mellom C og Fe:

En mellom midtatomet (0,5 0,5 0,5) og flaten (0,5 0,5 0) som er halvparten av enhetscellen = $291/2$ pm = 145.5 pm. Det er 2 stk slike like avstander.

(siden Fe tar 126 pm av disse så er det 19.5 pm igjen til C)

En mellom hjørneatomet (0 0 0) og flaten (0,5 0,5 0) som er halvparten av flatediagonalen = $\sqrt{2} \cdot 291/2 \text{ pm} = 205.7 \text{ pm}$. Det er 4 stk slike like avstander. (siden Fe tar 126 pm av disse så er det 79.8 pm igjen til C)

Siden hulrommet bestemmes av de minste avstandene, så blir det bare på 19.5 pm i dette tilfellet.

- g) γ -Fe har de største hulrommene og vil derfor kunne løse mest karbon i strukturen. α -Fe har lavest tetthet, men ikke gunstige hull til å løse karbon.

Oppgave 5 (15 poeng)

- a) Stoffmengden superkritisk karbondioksid er gitt ved følgende tredjegradsligning:

$$p = \frac{nRT}{V - nb} - a \left(\frac{n}{V}\right)^2 \Rightarrow pV^2(V - nb) = nRTV^2 - an^2(V - nb)$$

$$pV^3 - pbV^2n = RTV^2n - aVn^2 + abn^3 \Leftrightarrow abn^3 - aVn^2 + (RTV^2 + pbV^2)n - pV^3 = 0$$

Fordi a og b er oppgitt med enhetene $\frac{\text{atm L}^2}{\text{mol}^2}$ og $\frac{\text{L}}{\text{mol}}$, må vi sette inn trykket, volumet og gasskonstanten i henholdsvis atm , L og $\frac{\text{Latm}}{\text{Kmol}}$. Trykket er

$$p = 92,1 \text{ bar} = 9,21 \cdot 10^6 \text{ Pa} = \frac{9,21 \cdot 10^6}{1,01325 \cdot 10^5} \text{ atm} = 90,90 \text{ atm}$$

Innsatt gir dette

$$0,05816n^3 - 1,363n^2 + 64,20n - 90,90 = 0$$

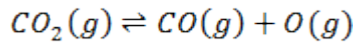
som gir

$$n = 1,458 \text{ mol} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{M_m n}{V} = \frac{44,01 \cdot 1,458}{1,00} \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} = 64,2 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

- b) Fordi prøven «langsomt utvider seg i takt med at atmosfæretrykket synker» og «termometeret hele tiden viser samme temperatur», kan vi anta at prøven utvider seg isotermt og reversibelt. Da er arbeidet prøven gjør på omgivelsene gitt ved

$$w = - \int_{V_0}^{V_1} p_{ex} dV = - \int_{V_0}^{V_1} p dV = - \int_{V_0}^{1,03V_0} \left(\frac{nRT}{V - nb} - a \left(\frac{n}{V}\right)^2 \right) dV$$

- c) Reaksjonsligningen for dannelse av karbonmonoksid og atomært oksygen fra karbondioksid er



Standard entalpiforandringen for reaksjonen er

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= \Delta H_f^\circ[\text{CO}(g)] + \Delta H_f^\circ[\text{O}(g)] - \Delta H_f^\circ[\text{CO}_2(g)] = [-110,53 + 249,17 - (-393,51)] \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \\ &= 532,15 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

Fordi $q_p = \Delta H^\circ > 0$, er reaksjonen (ikke overraskende) svært endoterm.

d) Standard entropiforandringen for reaksjonen er

$$\Delta S^\circ = S_{\text{CO}(g)}^\circ + S_{\text{O}(g)}^\circ - S_{\text{CO}_2(g)}^\circ = [197,67 + 161,06 - 213,74] \frac{\text{J}}{\text{Kmol}} = 144,99 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}}$$

Forandringen i standard Gibbs fri energi er

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = [532150 - (27 + 273,15) \cdot 144,99] \frac{\text{J}}{\text{mol}} = 488631,3 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

Likevektskonstanten blir derfor

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \Leftrightarrow K = e^{-\frac{\Delta G^\circ}{RT}} = e^{-\frac{488631,3}{8,3145 \cdot 300,15}} = e^{-195,80} = 9,23 \cdot 10^{-86}$$

e) Et volum V av atmosfæren med totaltrykk p og temperatur T med 96,5% (v/v) karbondioksid kan lages ved å blande et volum $V_{\text{CO}_2} = 0,965 V$ ren karbondioksid med trykk p og temperatur T med et volum $V_{\text{andre}} = 0,035 V$ andre gasser med trykk p og temperatur T . I blandingen blir partialtrykkene

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2} RT}{V} = \frac{p_{\text{total}} V_{\text{CO}_2}}{V} = 0,965 p_{\text{total}}, p_{\text{CO}} = 17 \cdot 10^{-6} p_{\text{total}} \text{ og } p_{\text{O}} = 1,0 \cdot 10^{-12} p_{\text{total}}$$

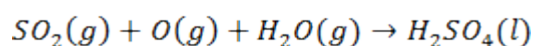
Det gir

$$\begin{aligned} \Delta G &= \Delta G^\circ + RT \ln Q = \Delta G^\circ + RT \ln \left(\frac{p_{\text{CO}} p_{\text{O}}}{p_{\text{CO}_2}} \right) \\ &= 488631,3 + 8,3145 \cdot 300,15 \cdot \ln \left(\frac{17,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1,00 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5314 \cdot 101325}{0,965} \right) \\ &= 419543,6 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \approx 420 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

Fordi $\Delta G > 0$, er reaksjonen ikke spontan.

(Kommentar: De små mengdene atomært oksygen som finnes i atmosfæren til Venus dannes i en fotokjemisk prosess.)

f) Totalreaksjonen er



Fordi antall molekyler/atomer i gassfase reduseres, reduseres entropien i systemet.

Oppgave 6 (10 poeng)

a) Det minker med 2

b) $K = k_1 / k_{-1} = 1000$

c) $\Delta G^\circ = -R T \ln K = -8,315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K} \cdot \ln(1000) = -17,125 \text{ kJ mol}^{-1}$

d) $E^\circ = -\Delta G^\circ / n F = -(-17,12 \text{ kJ mol}^{-1} / (2 \cdot 96485 \text{ C mol}^{-1})) = 0,089 \text{ V}$

e) Hastigheten vil bli 8 ganger høyere