

1. uttak til den 37. Kjemiolympiaden, 2005.

Fasit og poengberegning.

Oppgave 1

- | | | | | | |
|------|------|------|-------|-------|-------|
| 1) C | 2) B | 3) D | 4) A | 5) B | 6) A |
| 7) D | 8) C | 9) B | 10) C | 11) A | 12) B |

Oppgave 2

- a) Litiumoksid og litiumhydroksid
- b) 80 kg vann er 4440 mol, 4440 mol Li_2O er ca. 133 kg
- c) Basisk/alkalisk da LiOH(s) er løselig i vann

Oppgave 3

- a) 538 g/mol
- b) $0,000000050 \text{ g} / 538 \text{ g/mol} = 9,3 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$
- c) $9,3 \cdot 10^{-11} \text{ mol} / 6 \text{ L} = 1,5 \cdot 10^{-11} \text{ M (mol/L)}$

Oppgave 4

A.

- a) $[\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4]$ (konsentrasjon) eller $p(\text{NO}_2)^2 / p(\text{N}_2\text{O}_4)$ (gasstrykk)
- b) Blandingen blir lysere, altså øker mengden av fageløs N_2O_4 . Av dette slutter vi at likevekten skyves mot venstre.
- c) Av de to forsøkene ser vi at tilførsel av varme fører til at likevekten skyves mot dannelse av mer farget NO_2 . Vi kan sette opp følgende reaksjonslikning inkludert energiregnskap:
- $$\text{N}_2\text{O}_4 + \text{varme} \leftrightarrow 2 \text{NO}_2 \quad \text{Endoterm reaksjon}$$
- d) Når gassvolumet minker vil trykket øke og likevekten vil forskyves i den retning som gir et mulig lavere gasstrykk. Likevekten vil altså forskyves mot venstre siden 2 NO_2 molekyler danner 1 N_2O_4 molekyl og trykket synker.

B.

- a) $K = [\text{C}] [\text{D}]^2 / [\text{A}] [\text{B}]$
- b) Når $[\text{C}] = 1\text{M}$ må $[\text{D}] = 2\text{M}$
- c) Tilsvarende må $[\text{A}] = 1\text{M}$ og $[\text{B}] = 2\text{M}$ så dermed får vi at $K = 1\text{M} \times (2\text{M})^2 / 1\text{M} \times 2\text{M} = 2\text{M}$ (evt. uten benevning)

Oppgave 5

- a) Siden vi har bare vannfritt CuSO_4 ved 9,576 mg må differansen som er lik mengde avdampet vann være $15,403 - 9,576 \text{ mg} = 5,827 \text{ mg}$
- b) 9,576 mg CuSO_4 tilsvarer 0,0600 millimol. 5,827 mg vann tilsvarer 0,3234 millimol. Forholdet vann:sulfat blir $0,3234 / 0,0600 = 5,39$. Saltets virkelige sammensetning er derfor $\text{CuSO}_4 \cdot 5,39 \text{ H}_2\text{O}$
- c) Massen til gassen er $9,576 - 4,773 \text{ mg} = 4,803 \text{ mg}$. Siden dette skal tilsvare 0,0600 millimol gassmolekyler blir molekylmassen for gassen $4,803 \text{ mg} / 0,0600 \text{ millimol} = 80,05 \text{ g/mol}$
- d) Det er naturlig å tenke på en gass som inneholder svovel siden den lukter (ren oksyngengass er luktfri). Mulige gasser er SO_2 og SO_3 . Av disse to er det SO_3 som stemmer med molekylmasse rundt 80.

Oppgave 6

- a) $[\text{H}^+] = 0,050\text{M}$ så $\text{pH} = -\log 0,050 = 1,30$
- b) $[\text{H}^+] = 0,100\text{M}$ så $\text{pH} = -\log 0,100 = 1,00$
- c) $\text{pH} = 1,17$ tilsvarer $[\text{H}^+] = 10^{-1,17} = 0,068\text{M}$
- d) Det første trinn bidrar med 0,050M til H^+ så trinn to må bidra med 0,018M H^+ . Dette utgjør 36% av 0,050M som er det maksimale bidraget med H^+ for trinn 2.

Fasit - Kjemiolympiaden 2005

2. uttakingsprøve

Oppgave 1 (24 poeng)

1 = B

2 = C

3 = A

4 = A

5 = C

6 = D

7 = A

8 = C

9 = B

10 = B

11 = C

12 = D

Oppgave 2 (8 poeng)

a) Likevektsuttrykket er $[A_2] / [A]^2 = 1,5 \cdot 10^2$.

Fra balansert likning får vi at hvis $[A] = 0,1M - 2x$ vil $[A_2] = x$ ved likevekt. Innsatt gir dette $x / (0,1 - 2x)^2 = 1,5 \cdot 10^2$.

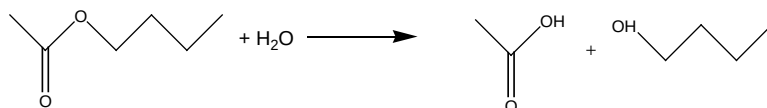
Løser likningen og får $x = 0,0416 M$ som løsning (den andre løsningen med $x = 0,06 M$ er ikke mulig).

Forholdet dimer/monomer blir da $[A_2] / [A] = x / 0,1 - 2x = 0,0416 / 0,1 - 0,0832 = 2,48$.

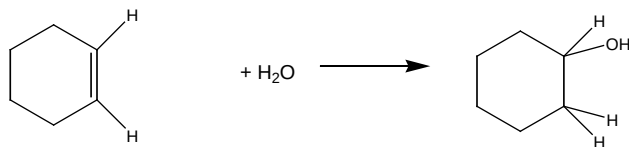
b) Benzen er upolart. Dannelse av dimere enheter fører til at de (i benzen ugunstige) polare syregruppene kan danne hydrogenbindinger og skjermes fra det upolare løsemiddelet.

Oppgave 3 (6 poeng)

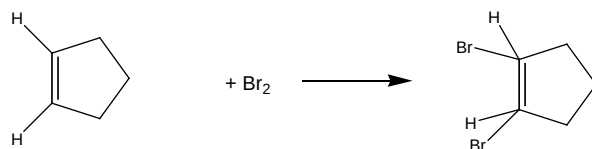
a)



b)



c)



Oppgave 4 (20 poeng)

A. a) Det må være edle metaller side de ikke løses opp i saltsyre.

b) Sølv (felles som sølvklorid, løses som sølv-ammoniakkompleks)

c) 0,37 gram AgCl tilsvarer 0,28 gram Ag, ergo 28 % av legeringen

d) Kobber (felles som CuS ved lav pH, og blåfargen er kobber-ammoniumkomplekset)

e) Legering (I) består av 50% kobber. Legering (II) inneholder 14% kobber

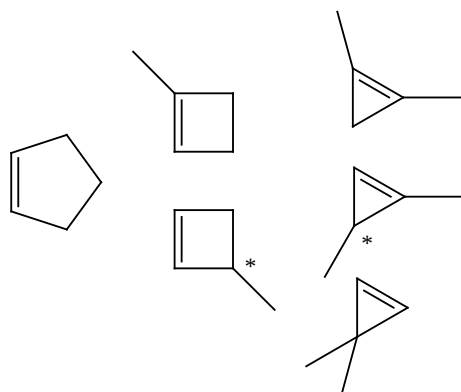
B. f) Jern (felles som FeS, farges som $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$, alternativt felles som $\text{Fe}(\text{OH})_3$ = rust eller FeOOH).

C. g) Kobber (felles som CuS ved lav pH, se over) og nikkel (felles som NiS ved høy pH, løses til Ni^{2+} og gir rød farge ved kompleksdannelse med dimetylglukosim)

h) 4,91 gram CuS tilsvarer 3,26 gram Cu, som er 75 % av total masse, mynten består av 75% kobber og 25 % nikkel (masseprosent)

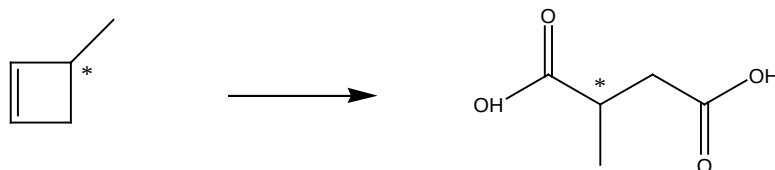
Oppgave 5 (12 poeng)

a)

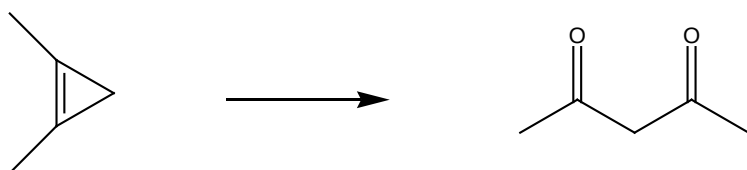


b og c) Oksidasjon av dobbeltbindinger med MnO_4^- gir enten keton eller karboksylsyre avhengig av om det sitter 2 eller 1 karbonatomer ut fra dobbeltbindingen (hvis dobbeltbindingen er såkalt terminal med 2 hydrogenatomer dannes CO_2 som produkt)

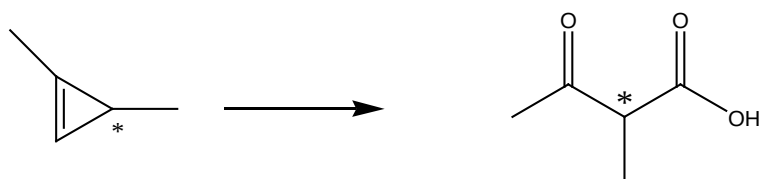
- Forbindelse A gir en dikarboksylsyre (D) som inneholder et kiralt (asymmetrisk) karbonatom:



- Forbindelse B danner et diketon (E) som ikke inneholder noen kirale karbonatomer:



- Forbindelse C danner forbindelsen (F) som inneholder både en karboksylsyre og en ketogruppe og som i tillegg inneholder et kiralt karbonatom:



Oppgave 6 (10 poeng)

- a) $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
- b) 1 kg glukose = 5,56 mol (molekylmassen til glukose er 180 gram/mol). Dette dannes fra 33,33 mol CO_2 . Så mye ren CO_2 gass ville tilsvare 747 liter gass. Siden sammensetningen av luft tilsvarer 0,035 % CO_2 må dette bli hele 747 liter $\cdot 100 / 0,035 = 2,13$ millioner liter, eller om lag 2100 kubikkmeter luft.
- c) Molekylmassen til byggestenen i cellulose er $180 - 18 = 162$ gram/mol. 1 kilo glukose vil tilsvare 900 gram cellulose.
- d) $900 \text{ gram cellulose} = (900 \text{ gram} / 162 \text{ gram mol}^{-1}) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3,44 \cdot 10^{24}$ molekyler som tilsvarer $3,44 \cdot 10^{24}$ molekyler $\cdot 6 \cdot 10^{-10} \text{ meter/molekyl} = 2,0 \cdot 10^{15} \text{ meter}$ eller 2000 milliarder kilometer (!) [Avstanden til nærmeste stjerne er ca. $40 \cdot 10^{15} \text{ meter}$]

Oppgave 7 (20 poeng)

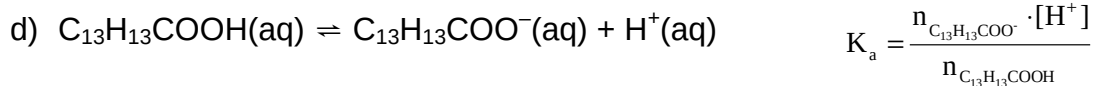
- a) $\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$.
Ved ekvivalenspunktet: $n_{\text{naproxen}} = n_{\text{NaOH(tilsatt)}} ; n_{\text{NaOHtilsatt}} = c \cdot V = 0,108 \cdot 19,83 = 2,14 \text{ mmol}$.
 $M_{\text{naproxen}} = 230,14 \text{ g/mol}$ så $m = n \cdot M = 2,14 \text{ mmol} \cdot 230,1 \text{ g/mol} = 492 \text{ mg}$ naproxen i tabletten.

- b) Ved ekvivalenspunktet: $n_{\text{naproxen(baseform)}} = n_{\text{NaOH(tilsatt)}} = 2,14 \text{ mmol}$
 $\text{C}_{13}\text{H}_{33}\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_{13}\text{H}_{33}\text{COOH}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$.

(Ved beregning: må ta hensyn til volumendring som følge av tilsatt lut:
 $[\text{C}_{13}\text{H}_{33}\text{COO}^-] = 2,14 / (25,00 + 19,83) = 0,0477 \text{ M}$)

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{[\text{C}_{13}\text{H}_{33}\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_{13}\text{H}_{33}\text{COO}^-]} \Leftrightarrow 1,59 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{0,0477 - x}, x \ll 0,0477$$
$$x = [\text{OH}^-] = 2,75 \cdot 10^{-6} \rightarrow \text{pOH} = 5,56 \rightarrow \underline{\underline{\text{pH} = 8,44}}$$

- c) Fenolftalein Omslagspunkt for BTB: pH 6,0-7,6 gul/blå og fenolftalein pH 8,2-10,0 klar/rosa. Fenolftalein slår om i det aktuelle området da pH ved ekvivalenspunktet er 8,4 og gir i tillegg et klarere omslag.



For å få en buffer med pH 4,8 tenkes tilsatt x mol NaOH til naproxenløsningen, og da vil $n_{\text{naproxen(baseform)}} = n_{\text{NaOH(tilsatt)}} = x$ og $n_{\text{naproxen(syreform)}} = 0,00214 - x$. Innsatt i uttrykk for K_a med ønsket pH-verdi gir

$$K_a = \frac{n_{\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{COO}^{\text{-}}} \cdot [\text{H}^+]}{n_{\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{COOH}}} \Leftrightarrow 6,3 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot 10^{-4,8}}{0,00214 - x}$$

$$3,97 = \frac{x}{0,00214 - x}$$

$$0,00856 - 4,0x = x \Rightarrow x = 0,00171 \text{ mol}$$

$$V = n/c = 1,71/0,108 = 15,9 \text{ mL NaOH må tilsettes}$$

e) Vann er et polart løsningsmiddel og dermed vil den mest polare formen av naproxen være mest løselig. Dette er baseformen ($\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{COO}^{\text{-}}$) på grunn av den negative ladningen (naproxen har ingen basiske grupper som ville bli positivt ladet ved lav pH). Ved høy pH vil naproxen foreligge på baseform med negativ ladning, så naproxen er mest løselig ved høy pH.