

FASIT



2. UTTAKSPRØVE

til den

53. Internasjonale kjemiolympiaden 2021

i Osaka, Japan



www.kjemiolympiaden.no

Oppgave 1 (20 poeng)

Oppgave nr	Svar
1	B
2	C
3	C
4	A
5	D
6	D
7	B
8	D
9	C
10	A

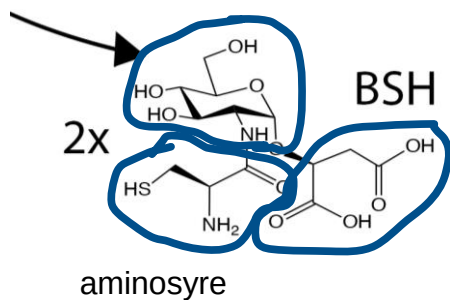
Oppgave 2 (14 poeng)

- a) Litium har oksidasjonstall +I i begge forbindelsene
- b) Kobolt har oksidasjonstall +III i LiCoO_2
- c) Gjennomsnittlig oksidasjonstall for kobolt er $+8/3$ i Co_3O_4
- d) De heltallige oksidasjonstallene er +II for CoO og +III for Co_2O_3
- e) $6 \text{Li}_2\text{CO}_3(\text{s}) + 4 \text{Co}_3\text{O}_4(\text{s}) + 1 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 12 \text{LiCoO}_2(\text{s}) + 6 \text{CO}_2(\text{g})$
- f) $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$
 $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$
- g) $\text{Li} + \text{CoO}_2 \rightarrow \text{LiCoO}_2$
- h) $E^0 = 4,5 \text{ V}$

Oppgave 3 (14 poeng)

- a) $\text{Bdr(oks)} + \text{NADPH} \rightarrow \text{Bdr(red)} + \text{NADP}^+ + \text{H}^+$
 $\text{Bdr(red)} + \text{BSSB} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Bdr(oks)} + 2 \text{BSH}$
- b) $\Delta E^{\circ'} = -242 + 324 = 82 \text{ mV}$, spontan
 $\Delta E^{\circ'} = -221 + 242 = 21 \text{ mV}$, spontan
- c) $\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_{10}\text{S}$ gir 398,39 g/mol
- d) Molekylmassen til BSSB er $2 \times 398,39 - 2 \cdot 0,02$ (for hydrogenene) = 794,76 g/mol
1 mg Bdr: $n = m/M = 1 \text{ mg} / 36736 \text{ g/mol} = 0,0000272 \text{ mmol}$
BSSB $m = n \cdot M = 0,0000272 \text{ mmol} \cdot 794,76 \text{ g/mol} = 0,0216 \text{ mg} = 21,6 \mu\text{g}$
- e) De to andre er karbohydrat og aminosyre (til info glukosamin og cystein)
Se figur for posisjoner

karbohydrat

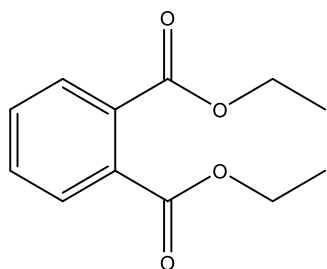


Oppgave 4 (15 poeng)

- a) Aceton = propan-2-on (eller bare propanon)
 Metyletylketon = butan-2-on (eller bare butanon)
tert-Butanol = 2-metylpropan-2-ol

- b) metylisobutylketon = 4-metylpentan-2-on

c)



d)

Forbindelse	Spektrum
Aceton	B
<i>tert</i> -Butanol	C
Dietylfthalat	D
Etylacetat	I
2-Propanol	A
<i>n</i> -Propanol	H
Metanol	G
Metyletylketon	F
Metylisobutylketon	E

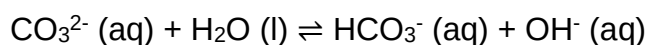
Oppgave 5 (15 poeng)

A. Første kveld

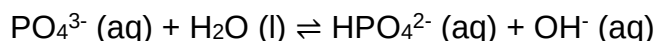
- a) Cellulose dannes ved at glukoseenheter ($C_6H_{12}O_6$) kondenseres til en polymer ved avspaltning av vann. Dermed er «molekylformelen» $C_6H_{12}O_6 - H_2O = C_6H_{10}O_5$ en god tilnærming for en «molekylær enhet» av cellulose.
- b) $30 \cdot 0,75 \text{ kg} \cdot 0,78 = 17,55 \text{ kg}$
- c) $C_6H_{10}O_5 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 5 H_2O$
- d) Vi ser at 1 mol cellulose krever 6 mol oksyngass. Molekylmassene er henholdsvis 162 g/mol og 32 g/mol. Massen oksygen som trengs er da gitt ved $m = (17,55 \text{ kg} / 162 \text{ g/mol}) \cdot 6 \cdot 32 \text{ g/mol} = 20,8 \text{ kg}$
- e) $20,8 \text{ kg } O_2$ tilsvarer $20,8 \text{ kg} / 32 \text{ g/mol} = 650 \text{ mol}$. Dette blir $650 \text{ mol} \cdot 24,5 \text{ L/mol} = 15925 \text{ L } O_2$, som igjen betyr $15925 \text{ L} \cdot (100\% / 21\%) = 75833 \text{ L} \approx 76 \text{ m}^3$ luft.
- f) $Q = \text{antall mol} \cdot \Delta H^\circ_{\text{forbrenning}} = (17,55 \text{ kg} / 162 \text{ g/mol}) \cdot (-2500 \text{ kJ/mol}) = -270833 \text{ kJ}$, det vil si rundt $270000 \text{ kJ} = 270 \text{ MJ}$ (megajoule).

B. Neste dag

- a) Karbonsyre (H_2CO_3) er en svak to-protisk syre og dermed vil anionet karbonat kunne ta opp proton fra vannet og gjøre løsningen basisk.



Tilsvarende for den tre-protiske fosforsyren;



De to siste anionene er avledet av de sterke syrene saltsyre og svovelsyre og har således ikke noe konjugert base som tar proton fra vann og danner hydroksidid.

- b) $30 \cdot 0,75 \text{ kg} \cdot 0,02 = 0,45 \text{ kg} = 450 \text{ gram}$
- c) 10 vekt-% kaliumkarbonat betyr 45 gram $K_2CO_3(s)$ i asken. $n_{\text{kaliumkarbonat}} = 45 \text{ g} / 138,2 \text{ g/mol} = 0,3256 \text{ mol}$. Konsentrasjon av karbonat før protolyse er da $[CO_3^{2-}] = 0,3256 \text{ mol} / 10 \text{ L} = 0,03256 \text{ M}$.

Vi setter opp følgende likevektsreaksjon og molregnskap for reaksjon mellom den konjugerte basen karbonat og vann:

	$CO_3^{2-} (aq) + H_2O (l) \rightleftharpoons HCO_3^- (aq) + OH^- (aq)$		
Før	0,03256	0	10^{-7}
Reaksjon	-x	x	x
Likevekt	$0,03256 - x$	x	$10^{-7} + x$

Likevektskonstanten for denne likevekten heter K_{b1} hvor $K_{b1} = K_w / K_{a2}$ og hvor K_{a2} er syrekonstanten til det 2. protolysetrinn (K_{a2}) til karbonsyre.

Innsetting gir da

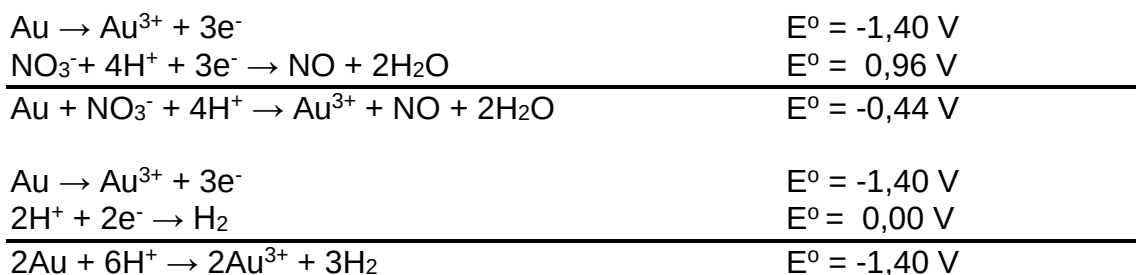
$$K_{b1} = K_w / K_{a2} = 10^{-14} / (4,7 \cdot 10^{-11}) = 2,13 \cdot 10^{-4} \text{ og fra molregnskapet får vi}$$

$$[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{CO}_3^{2-}] = x \cdot (10^{-7} + x) / (0,03256 - x) = 2,13 \cdot 10^{-4}$$

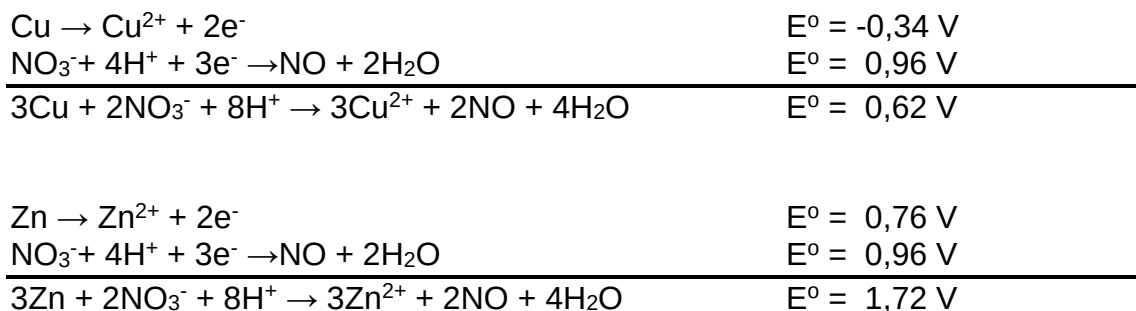
Det er rimelig å anta at $x \gg 10^{-7}$ og at $x \ll 0,03256$ slik at likningen forenkles til $x^2 / 0,03256 = 2,13 \cdot 10^{-4}$. Vi får $x = \sqrt{(0,03256 \cdot 2,13 \cdot 10^{-4})} = 0,00263$. Med $[\text{OH}^-] = x = 0,00263$ er $\text{pOH} = -\log 0,00263 = 2,58$ dvs $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2,58 = 11,42$. Vi ser at antagelsene $x \gg 10^{-7}$ og $x \ll 0,03256$ er OK (x er mindre enn 10% av 0,03256).

Oppgave 6 (15 poeng)

- a) Følgende hypotetiske redoksreaksjoner har negative standard cellepotensialer, noe som betyr at reaksjonene ikke er spontane (ved standard betingelser).



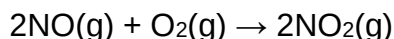
- b) Salpetersyre oksiderer metallisk kobber og sink til henholdsvis toverdige kobber(II)ioner og sink(II)ioner og blir selv redusert til **nitrogenmonoksid**.



Fortynnet salpetersyre kan dessuten oksidere sink ved å bli redusert til hydrogengass.



- c) Gassblandingen blir rødbrun når den kommer i kontakt med luft, fordi nitrogenmonoksid oksideres til **nitrogendioksid**, som er en rødbrun gass:



- d) Vi vet at kobber(II)ioner danner et kompleks med ammoniakk med dyp blå farge



M.a.o. indikerer fargeforandringen at mynten inneholdt kobber, noe som er i overensstemmelse med at den var laget av messing.

- e) Ifølge Lambert-Beers lov, er stigningstallet til et plott av absorbans mot konsentrasjon lik $\varepsilon \cdot l$, der ε er ekstinksjonskoeffisienten og l veilengden:

$$\varepsilon \cdot l = (A_2 - A_1) / (c_2 - c_1) = (4,61 - 1,15) / (0,100 \text{ mol/L} - 0,025 \text{ mol/L}) = 46,1 \text{ L/mol}$$

Med veilengde 1 cm får vi en ekstinksjonskoeffisient på $\varepsilon = 46,1 \text{ cm}^{-1} \text{ L mol}^{-1}$.

Konsentrasjonen av kobber i løsningen er derfor

$$c = A / (\varepsilon \cdot l) = 2,13 / (46,1 \text{ cm}^{-1} \text{ L mol}^{-1} \cdot 1 \text{ cm}) = 0,0462 \text{ M}$$

Oppgave 7 (7 poeng)

Forbindelse	Svar
Anetol	D
Eugenol	C
Gingerol	G
Isoeugenol	E
Kanelaldehyd	A
Safranal	F
Vanilin	B