

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: KJE100 Miljøkjemi og HMS

DATO: 2 desember 2016

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDDEL : Kategori C: Kalkulator av type Citizen SR-270X, HP-30S, Alle Casio FX82 typer, Alle Texas Instruments TI-30 typer, Texas BA ii Plus eller HP17bii, Tabell og Formelsamling kun av Cappelen.

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 7 OPPGAVER

MERKNADER: Hver av oppgavene 1-4 (kjemi) teller 6 poeng, og hver av oppgavene 5-7 (miljø) teller 8 poeng.

Kjemidelen

Oppgave 1

- a) Skriv formlene til følgende stoffer: litiumhydrid, ammoniumnitritt, krom(III)dihydrogenfosfat. Sett navn på følgende stoffer: Mn_2O_7 , $Sr(ClO_2)_2$, P_2O_5 .
- b) En prøve som veier 2,40g inneholder en ukjent mengde kobber(II)nitrat. Prøven ble oppvarmet og følgende reaksjonen skjedde:



Hva er prosentvis mengde kobbernitratt i prøven hvis 265ml gass ble dannet ved 160°C og 1,0 atmosfære trykk? Resten av stoffet i prøven avgir ikke gass ved oppvarming. (Hint: Bruk Tabell og Formelsamlingen).

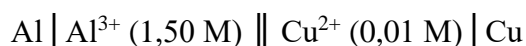
Oppgave 2

- a) Jeg blander 12,00g ren svovelsyre og 6,00g ren salpetersyre med vann til totalvolumet blir 600ml. Hva blir pH til sluttløsningen hvis vi antar fullstendig spaltning av alle protoner fra begge de sterke syrene?
- b) Hva er pH til en mettet løsning av magnesiumhydroksid, $Mg(OH)_2$, gitt $K_{sp} = 2,0 \times 10^{-11}$?

Oppgave 3

- a) Hvorfor er 1-propanol (også kalt propan-1-ol, med formel C_3H_8O) løselig i vann men propan er tungtløselig i vann? Forklar svaret med strukturtegninger. Tegn strukturen og navngi en annen strukturisomer av 1-propanol (som også har formel C_3H_8O). Tegn strukturene til 3 kjemikalier som har bruttoformel C_3H_6O . Du trenger ikke gi navnet til disse.

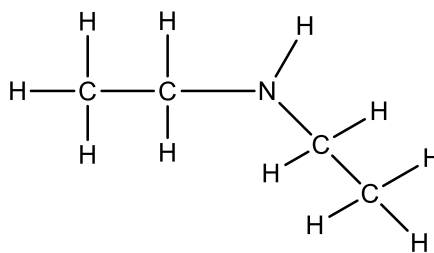
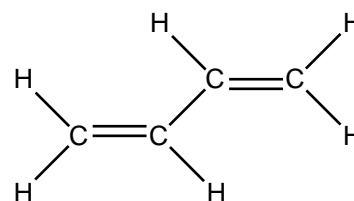
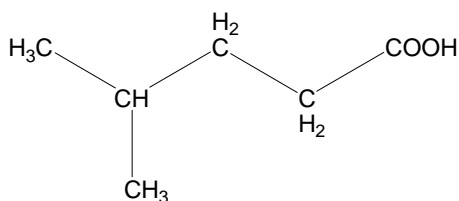
- b) Gitt følgende oppsett for en galvanisk celle:



Hvilket stoff blir oksidert og hvilket stoff blir redusert? Beregn cellepotensialet.

Oppgave 4

- a) Gi navn til følgende organiske molekyler:



I tillegg, tegn strukturene til følgende stoffer:

1,3-dimetylsykloheptan, 5-metylheksan-2-on, 2,4-dinitro-1-propyl-benzen.

- b) Et stoff inneholder 20,0% C, 1,7% H, 11,7% N, og 66,6% Br. Formelmassen til stoffet er 359,84 g/mol. Finn den enkleste formelen til stoffet.

Hvis jeg har en $1 \cdot 10^{-3}$ M løsning av dette stoffet i vann, hva er konsentrasjonen i ppm?

Miljødelen

Oppgave 5

- Hvordan dannes ozon i ozonlaget? Hva menes med KFKer? Hvorfor og hvordan er KFKer ødeleggende for ozonlaget? Bruk reaksjonsligninger eller kjemiske strukturtegninger til å forklare ditt svar. Hvorfor er «hullet» i ozonlaget størst ved Sydpolen?
- Forklar forskjellen mellom grunnvann og overflatevann fra en innsjø når det gjelder kvalitet som drikkevann.

Hva menes med hardt vann? Hvilket problem oppstå ofte i oljeindustrien pga. hardt vann? Forklar svaret ditt.

Oppgave 6

- Hva er eutrofiering? Forklar hvordan en innsjø kan bli selvforsynt med de viktigste næringsstoffene.
- Nevn i rekkefølge, med økende grad av energiutnyttelse, alle de 5 kategorier for avfallsbehandling.

Hvilke 3 kjemikaliekategorier som finnes i farlig avfall er det mest fokus på i Norge for tiden pga. faren for spredning av disse som miljøgifter?

Nesten alt farlig avfall som Norge importerer er av en type. Hvilken type avfall er dette og hvordan blir det behandlet i Norge?

Tungmetaller deponeres i Norge på NOAH anlegget på Langøya. Hvordan deponeres tungmetaller på Langøya?

Oppgave 7

- Hva skjer i et fisjons kjernekraftverk ? Oppsummer kort fremtidsmulighetene for alle typer kjernekraft.
- Hvordan kan hydrogen fremstilles kjemisk industrielt? Hydrogen brukes i brenselceller. Bortsett fra ren hydrogen (flytende eller komprimert H_2) foreslå minst to andre forbindelser som kan brukes som en kilde til hydrogen i en brenselcelle. Diskuter kort fordeler og ulemper med biler som går på hydrogen gass.

FASIT

Oppgave 1

- a) LiH, NH_4NO_2 , $\text{Cr}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$. Mangan(VII)oksid, strontiumkloritt, difosforpentoksid.

(3 poeng)

- b) $pV = nRT$

$$\text{Antall mol gass} = pV/RT = 1 \cdot 0,265 / (0,08206 \cdot 433) = 0,00746 \text{ mol}$$

$$5 \text{ mol gass dannes fra } 2 \text{ mol } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$$

$$\Rightarrow 1 \text{ mol gass dannes fra } 2/5 \text{ mol } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$$

$$\Rightarrow 0,00746 \text{ mol gass dannes fra } 0,00746 \cdot 2/5 \text{ mol } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 0,002984 \text{ mol}$$

$$F_m \text{ for } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 63,55 + 14,01 \cdot 2 + 6 \cdot 16 = 187,57$$

$$\text{Mol} = \text{masse} / F_m$$

$$\Rightarrow 0,002984 \text{ mol} = \text{masse} / 187,57$$

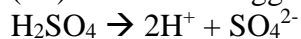
$$\Rightarrow \text{Masse } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 0,002984 \cdot 187,57 = 0,560 \text{ g}$$

$$\Rightarrow \% \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2 = 0,560 / 2,40 \cdot 100 = 23,3\%$$

(3 poeng)

Oppgave 2

- a) H_2SO_4 (svovelsyre) spalter 2 protoner (2H^+) og HNO_3 (salpetersyre) spalter 1 proton (H^+). Du kan i tillegg skrive reaksjonsligninger slik:



$$\text{Antall mol} = \text{masse} / F_m$$

$$F_m (\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,076 \text{ g/mol}$$

$$F_m (\text{HNO}_3) = 63,018 \text{ g/mol}$$

$$\text{Antall mol } \text{H}_2\text{SO}_4 = 12 \text{ g} / 98,076 \text{ g/mol} = 0,122$$

$$0,122 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ danner } 2 \cdot 0,122 = 0,245 \text{ mol } \text{H}^+ \text{ ioner}$$

$$\text{Antall mol } \text{HNO}_3 = 6 \text{ g} / 63,018 \text{ g/mol} = 0,0952$$

$$0,0952 \text{ mol } \text{HNO}_3 \text{ danner } 0,0952 \text{ mol } \text{H}^+ \text{ ioner}$$

$$\text{Totalmengde } \text{H}^+ \text{ ioner} = 0,245 + 0,0952 = 0,340 \text{ mol}$$

$$\text{Mol } n = V \cdot C$$

$$[\text{H}^+] = C = n/V = 0,340 / (600/1000) = 0,567 \text{ M (eller mol/liter)}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 0,567 = 0,25$$

(3 poeng)

- b) $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 2,0 \times 10^{-11}$$

La konsentrasjon av løst $\text{Mg}(\text{OH})_2$ være x mol/l

$$\begin{aligned} \text{Derfor } K_{sp} &= x \cdot (2x)^2 = 2,0 \times 10^{-11} \\ &= 4x^3 = 2,0 \times 10^{-11} \end{aligned}$$

$$x = \sqrt[3]{0,5 \times 10^{-11}} = 0,171 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$[\text{OH}^-] = 2 \times 0,171 \times 10^{-3} = 0,342 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$= 14 - (-\log[\text{OH}^-])$$

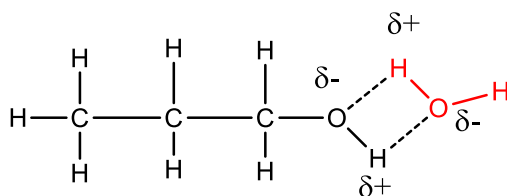
$$= 14 + \log[\text{OH}^-]$$

$$= 14 + \log 0,342 \times 10^{-3}$$

$$= 14 - 3,466 = 10,534 = \underline{10,53}$$

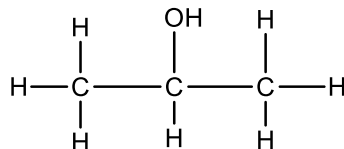
(3 poeng)

Oppgave 3



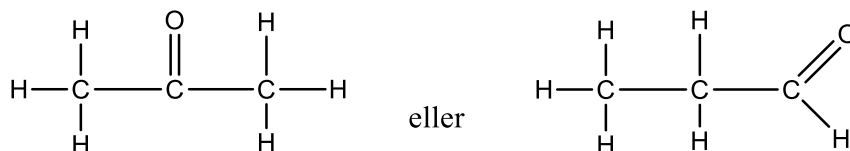
a)

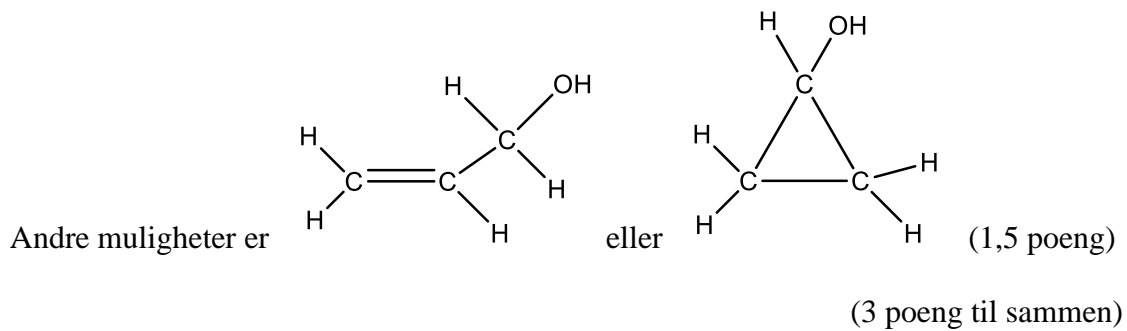
Hydrogen-binding mellom alkoholgruppen og vann (som vist) er en energimessig gunstig prosess. Selv om den upolare (hydrofile) propyl delen av strukturen er vannavstøtende slik som olje eller tyngre hydrokarboner., utgjør alkoholgruppen en såpass stor del av molekylet at det er hydrogen-binding som blir dominerende, og derfor blir 1-propanol (også kalt propan-1-ol) lett løselig i vannet. (1,0 poeng)



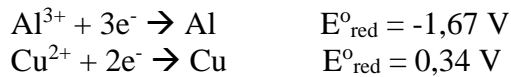
2-propanol (eller propan-2-ol)

(0,5 poeng)



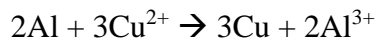


- b) Per definisjon er det stoffet som står først det stoffet som blir oksidert ved anoden. Al oksideres, Cu^{2+} reduseres. Eller man kan begrunne ut i fra spenningsrekka:



Regelen er at den høyeste E_{red}° er den som skjer (reagerer til høyre):
 $0,34 > -1,67$. Derfor Cu^{2+} blir redusert, Al blir oksidert.

Videre bruker man Nernst likning for beregning av cellepotensial:



$$E_{\text{celle}}^{\circ} = E_{\text{oks}} + E_{\text{red}} = -(-1,66) + 0,34 = 2,01 \text{ V}$$

$$E = E_{\text{celle}}^{\circ} - 0,059/n \cdot \lg[\text{Al}^{3+}]^2/[\text{Cu}^{2+}]^3$$

$$n = 6 \text{ (e}^- \text{ overført)}$$

$$E = 2,01 - 0,059/6 \cdot \lg(1,5)^2/(0,01)^3$$

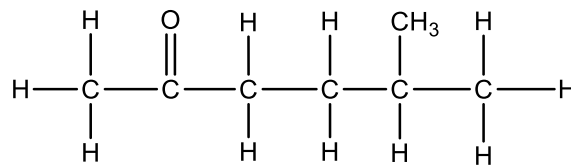
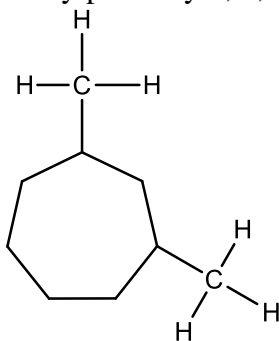
$$E = 2,01 - 0,059/6 \cdot \lg 2250000$$

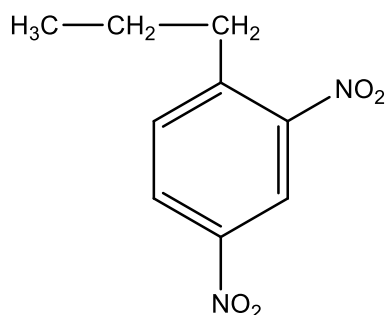
$$E = 2,01 - 0,0625 = 1,95 \text{ V}$$

(3 poeng)

Oppgave 4

- a) 4-metylpentansyre, 1,3-butadien, dietylamin.





(6 x 0,5 = 3 poeng)

- b) Tenk at du hadde 100g stoffet. Det inneholder 20g C, 1,68g H, 11,68g N og 66.6% Br.

Mol = masse/Am:

$$20/12,01 = 1,66$$

$$1,67/1,008 = 1,66$$

$$11,7/14,01 = 0,835$$

$$66,6/79,9 = 0,833$$

Det enkleste forholdet er derfor C:H:N:Br = 2:2:1:1

$$\begin{aligned} \text{Et stoff } C_2H_2NBr \text{ har formelmasse} &= (12,01 \cdot 2) + (1,008 \cdot 2) + 14,01 + 79,9 \\ &= 119,946 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Men Formelmassen (Fm) til stoffet er 359,84 g/mol.

$$359,84/119,946 = 3,00$$

⇒ Formelen til stoffet må være 3 ganger C_2H_2NBr , som betyr $C_6H_6N_3Br_3$. (2 poeng)

[Alternativt kan formelen for stoffet beregnes ved å sette inn tallene for hvert grunnstoff i likningen under:

$$\text{Nærmeste heltall av } ((Fm_{\text{stoff}} \cdot \%_{\text{grunnstoff}}) / (100 \cdot Fm_{\text{grunnstoff}})) = n_{\text{grunnstoff}}$$

Eksempelvis med tallene for hydrogen satt inn i gir det:

$$\text{int}((359,84 \text{ g/mol} \cdot 1,7 \%) / (100 \cdot 1,008 \text{ g/mol})) = 6$$

Dermed vet man at det ukjente stoffets formel skal inneholde H_6 osv....]

10^{-3} M betyr 0,001 mol av stoffet løst per liter vann.

Mol = Masse/Fm

$$\text{Masse av stoffet per liter} = 0,001 \cdot 359,84 = 0,03598 \text{ g/liter} = 359,8 \text{ mg/liter}$$

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ g per } 10^6 \text{ ml} = 1 \text{ mg per } 10^3 \text{ ml} = 1 \text{ mg/liter}$$

Konsentrasjonen av stoffet er derfor 359,8 ppm.

(1 poeng)

(3 poeng til sammen)

Miljødelen

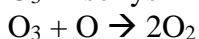
Oppgave 5

- a) Ozon dannes fra O_2 og sollyst:





Ozon spaltes ved sollys også:



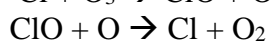
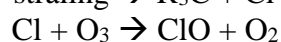
En likevekt instilles mellom O_2 og O_3 :



KFKer er kluorfluorkarboner (et eksempel er CF_3Cl) som har lang oppholdstid i lufta og er med på å ødelegge (minke) ozonlaget.

Ozonødeleggende gasser som for KFKer blir oppkonsentrert over polene pga. kald luft og sirkulære vindbaner rundt polene som trekker inn de forurensende gasser (slik som i en virvelvind). Den sirkulære vindbanen er sterkere over sørpolen hvor det er også kjøligere enn på nordpolen. KFK molekylene samles og oppkonsentreres i iskrystaller. Isen smeltes om våren, KFKene frigjøres til gassfasen og pga tilgjengelig sollys kan de da ødelegger ozonlaget.

Mekanismen til hvordan KFKer bryter ned ozonlaget er basert på bryting av C-Cl bindinger med UV-stråling til kloratomet. Kloratomet er katalysatoren for nedbrytning av ozon. Følgende reaksjoner skjer:



Konsekvensen er at likevekten mellom O_3 og O_2 skyves mer mot O_2 , og da blir det mindre O_3 i ozonlaget.

(4 poeng)

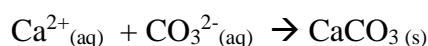
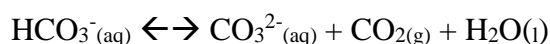
b) Grunnvannet (generelt bedre kvalitet som drikkevann enn overflatevann):

- Mineralholdig (inneholder relativt mye nyttige kationer som Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+)
- pH mot 7-8
- lite bakterier og humus (filtrert bort)
- Mindre O_2 enn overflatevann

Overflatevann

- Surt
- Humusholdig
- Kan inneholder sykdomsfremkallende bakterier
- Kan inneholder næringsalter basert på N og P hvis vannet er eutrof.

Hardt vann inneholder for mye Ca^{2+} ioner (Mg^{2+} er også med) og bikarbonationer, HCO_3^- , slik at de kan føre til kalsiumkarbonat avleiring når temperatur og trykk endres i vannsystemene:



Utfelling av kalsiumkarbonat som avleiring kan tette brønner og rørledninger i oljeindustrien som hindrer produksjon av olje.

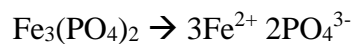
(4 poeng)

Oppgave 6

- a) Eutrofiering er betegnelsen på innsjøer eller kystområdet som inneholder større enn normale mengder av næringssaltene, fosfat og nitrat (P og N forbindelser). Det kllaes for overgjødning. Det vises synlig som store mengder algeoppblomstring.

Selvforsyning kan skje ved følgende prosesser:

1. Nedbryting av alger selv danner næringssalter. De viktigste næringstoffer for ny plantevekst i disse næringssalter er fosfor og nitrogen. Hvis disse saltene blir dannet i, eller brakt opp i, den fotiske sonen, vil de da inngå i ny algeproduksjon.
2. Under aerobiske betingelser er den tungtløselige forbindelsen FePO_4 (jern(III)fosfat) stabil i sedimentene. Når innsjøen er sterkt eutrof kan det utvikles anaerobe forhold i bunnelaget pga. oksygenforbruk knyttet til nedbrytning av organisk materiale og vanlig cellerespirasjon når det er mørkt og fotosyntesen dermed stopper. Under anaerobiske forhold blir Fe^{3+} i FePO_4 redusert til Fe^{2+} . Da dannes $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ som er lettere løselig. Dette frigjør PO_4^{3-} anionet slik:



Disse ionene kan sirkuleres opp til overflatelaget og inngå i ny algeproduksjon. (Disse ionene kan med strømminger fraktes opp til overflatelaget og inngå i ny algeproduksjon. Fosfat er ofte den begrensende faktoren i innsjøer, dermed er graden av eutrofi direkte avhengig mengden løst fosfat i vannmassene).

3. Blågrønnalger kan tilføre vannet nitrogenforbindelser ved nitrogenfiksering av løst N_2 fra luften. Dvs. omdanning av N_2 til nyttige nitrogenforbindelser.

(4 poeng)

- b) Avfallsdeponi, forbrenning, kompostering, gjenvinning og ombruk. (1 poeng)

Kvikksølvholdige ting, polyklorinerte bifenyl (PCBer), bromerte flammehemmere.

(1,5 poeng)

Norge importere aluminiums avfall (aluminiumsaltslagg, pluss noe flygeaske) som resirkuleres via elektrolyse prosessen til å lage ny aluminium metall. (0,5 poeng)

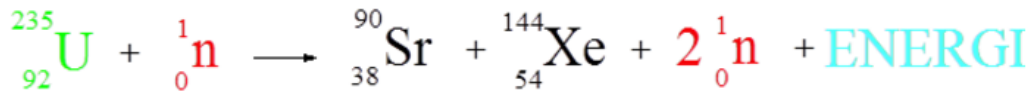
Tungmetaller blir utfelt som hydroksider eller sulfider eller overført til silikater i et glasssmelte. Disse materialene smeltes inn i betong for deponering (på NOAHs anlegg på Langøya).

(1 poeng)

(4 poeng til sammen)

Oppgave 7

a) Uran-235 isotop brukes slik som vist i reaksjonen under:



Massen avtar ved reaksjon og blir til energi ($E = mc^2$). Energi i form av varme tas opp av kjølevann (eller andre væske som smeltet natrium) som blir til damp som driver turbin og lage strøm.

Kjedereaksjon må unngås (pga. flere nøytroner dannet enn brukt). Derfor brukes det kontrollstaver laget av bor som fanger opp overskuddet av nøytroner.

(2 poeng)

Mulighetene innenfor fisjonskjernekraftverk:

I dag bruker vi isotop Uran-235 i kjernekraftverk. Dette har vi nok av for kanskje 100 år. Men 99,3% av uran på jorda er uran-238 isotop. Foreløpig har vi ikke utviklet en kjernekraftverk som kan baseres på uran-238 selv om det forskes aktivt på. Hvis det lykkes har vi nok uran-238 til kjernekraft for over 10 000 år. Det forskes mye på andre typer kjernekraftverk, som for eksempel bruk av thorium eller radioaktivt avfall. Disse nye kraftverkene vil være billigere, sikrere, ha bedre virkningsgrad, og danne mindre mengder radioaktivt avfall.

Mulighetene innenfor fusjonskjernekraftverk:

Fusjon krever flere millioner grader Celsius. Dermed ligger utfordringen i å bygge stabile anlegg som kan kontrollere plasmaet og tåler både den ekstremt høye temperaturen i tillegg til den intense nøytronstrålingen over lengre tid uten å ta skade. Dette forskes på i flere land. Men det kan gå flere ti-år før vi har et kommersielt anlegg som kan levere stabil og økonomisk kraft.

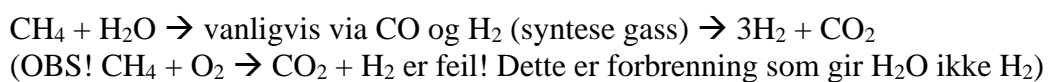
(2 poeng)

NB. Dette var ikke et spørsmål om fordeler/ulempes med kjernekraft.

(4 poeng til sammen)

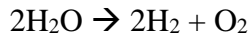
b) Hydrogen kan lages industrielt på 2 måter:

Metode 1. Enten fra naturgass (som stort sett består av metan, CH_4) ved høy temperatur:



(0,5 poeng)

Metode 2. Eller fra elektrolyse av vann i en redoksreaksjon:



(0,5 poeng)

Bortsett fra ren hydrogen (komprimert eller flytende gass) kan disse brukes i brenselceller:

- Metan, CH_4
- Metanol, CH_3OH
- Lette hydrider (for eks. $\text{NH}_3\text{:BH}_3$, LiAlH_4 , NaBH_4)
- Spesielle sidegruppemetallhydrider som adsorberer mye H_2 (1 poeng)

Hydrogen kan brukes i biler på 2 måter. 1) Direkte forbrenning med oksygen (i lufta) til vanndamp. 2) reaksjon i en brenselcelle med oksygen for å danne strøm. De fleste bilselskaper som satser på forbruk av hydrogen satser på brenselceller. Brenselceller har veldig høye virkningsgrader. Det blir ingen luftforurensing fra en brenselcelle i en bil (bare vanndamp dannes) men hvis hydrogenkilden er metan vil det bli noe CO_2 utslipp under dannelse av hydrogengass, noe som sannsynligvis påvirker klimaet gjennom drivhuseffekten. De kan ha veldig stor rekkevidde siden hydrogen veier lite og kan bære mest energi/vekt av alle stoffer utenom kjernekraft. Det går kjapt å fylle tanken. Ved lekkasje stiger hydrogen rett til værs og utgjør dermed ingen fare etter ulykker eller lekkasjer. Hydrogen er lett å fremstille lokalt og er ikke giftig, dermed unngår man vanskelig logistikk.

Brenselceller biler er ganske nye og prisen er fremdeles høy og er fremdeles under utvikling for å senke prisen. Hydrogen gass er kun tilgjengelig på noen få bensinstasjoner i dag. Turen må dermed planlegges godt. Hydrogen er ekstremt lettantennelig og må holdes under ekstremt høyt trykk noe som utgjør et risikomoment ift. eksplosjonsfare. Hydrogen har veldig spesielle egenskaper som fort leder til materialtretthet og lekkasjer, dette kan påvirke levetiden og utnyttelsesgraden betraktelig. Siden hydrogen under trykk og i flytende form ofte er ekstremt kald kan det kondensere oksygen ifra atmosfæren, på denne måten samler en flytende hydrogen og oksygen på samme plass, og ikke ulikt romferjene kan det ganske fort gå i luften. (2 poeng)

(4 poeng til sammen)

NB. Poeng gis også til andre gode svar til diskusjonsspørsmålene på miljødelen.