



## PROVET I KEMI 24.3.2017 BESKRIVNING AV GODA SVAR

Examensämnetts censorsmöte har godkänt följande beskrivningar av goda svar.

I kemien är målet för bedömningen förståelsen och tillämpningen av den kemiska kunskapen enligt grunderna i gymnasiets läroplan. Vid bedömningen beaktas även de färdigheter med vilka man tillägnat sig experimentell kunskap och förmåga att behandla den. Till sådan kunskap hör till exempel planering av experiment, säker hantering av arbetsredskap och reagens, presentation och tolkning av resultat och förmåga att dra slutsatser samt tillämpa dem.

Vid bedömningen av uppgifterna i kemi läggs vikten vid ett framställningssätt som betonar läroämnets karaktär samt precision i begreppen och språkbruket. Reaktionsformlerna uppställs utan oxidationstal med minsta möjliga heltalskoefficienter och med aggregationstillstånden angivna. I organiska reaktionslikheter används strukturformler men aggregationstillstånd krävs inte. Olika sätt att skriva strukturformler godkänns.

I beräkningsuppgifter ska storhetsekvationer och formler användas på ett sätt som visar att examinanden förstått uppgiften rätt samt i sin lösning tillämpat korrekt princip eller lag. I svaret framgår entydigt hur man når slutresultatet. Om uppgiften kräver mellanresultat presenteras de med enheter och med tillräcklig noggrannhet. Slutresultaten ges med enheter och med den noggrannhet som utgångsvärdena kräver, och slutsatserna motiveras.

Grafer uppritas omsorgsfullt och tillräckligt stora. Rekommendationen är att man använder millimeterpapper, men det är inte obligatoriskt. I grafen anges namn och enheter för axlarna. Till mätpunkterna anpassas en vederbörlig rät linje eller en kontinuerlig böjd linje. I grafen anges sådana punkter som är väsentliga för slutsatserna, till exempel ekvivalenspunkten för en titrerkurva eller den tangent som används när man beräknar en hastighet i ett givet ögonblick.

I essäsvor och förklarande svar kompletteras texten vanligen med reaktionsformler, ekvationer eller ritningar. Ett gott svar är disponerat och innehållsmässigt konsekvent. För högsta poäng i jokeruppgifterna förutsätts förmåga att tillämpa kunskapsfakta också i vidare sammanhang.

I kemiprovet är alla funktionsräknare, grafiska räknare och symbolräknare tillåtna. Lösningar som gjorts med en symbolräknare godkänns förutsatt att det i lösningen framgår på vilken situation och vilka ekvationer lösningen med symboler baseras. Räknaren kan också användas för att lösa en ekvation eller för att bestämma efterfrågade värden i en graf.

Uppgifternas delmoment bedöms med noggrannheten 1/3 poäng och slutsumman avrundas till närmsta heltalpoäng.

Ur kemisk synvinkel inexact språkbruk, slarvigt ritade strukturformler för organiska molekyler eller slarvigt skrivna formler samt felaktiga namn ger avdrag på 0–1 p. Ett litet räknefel eller slarvigt använda närmevärden ger avdrag på 1/3–1 poäng. Resultatets noggrannhet bestäms enligt det minst noggranna utgångsvärdet.

1. a) 4 eller 4 och 5 (1 p.)  
 b) 3 eller 3 och 5 (1 p.)  
 c) 1 eller 2 eller 1 och 2 eller föregående och 5 (1 p.)  
 d) 5 eller 4 och 5 (1 p.)  
 e) 2 eller 2 och 5 (1 p.)  
 f) 4 eller 4 och 5 (1 p.)

2. a)  $n(\text{Cu}^{2+}) = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot V(\text{Cu}^{2+}) = 0,0500 \text{ mol/l} \cdot 0,5 \text{ l} = 0,0250 \text{ mol}$   
 $n(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}) = n(\text{Cu}^{2+}) = 0,0250 \text{ mol}$   
 $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O})$   
 $= 0,0250 \text{ mol} \cdot 249,7 \text{ g/mol} = 6,2425 \text{ g} (\approx 6,24 \text{ g})$  (2 p.)

Fast kopparsulfat med kristallvatten vägs upp enligt vågens precision. Kopparsulfatet överförs i en 500 milliliters mätflaska. Destillerat vatten tillsätts i flaskan, saltet upplöses och flaskan fylls med destillerat vatten till strecket på flaskan. Flaskan tillsluts med en kork och lösningen blandas. (1 p.)

- b)  $c_1V_1 = c_2V_2$   
 $V(\text{kopparlösning}) = \frac{c(\text{standardlösning}) \cdot V(\text{standardlösning})}{c(\text{kopparlösning})} = \frac{0,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,10 \text{ l}}{0,050 \text{ mol/l}} = 1,0 \text{ ml}$  (1 p.)

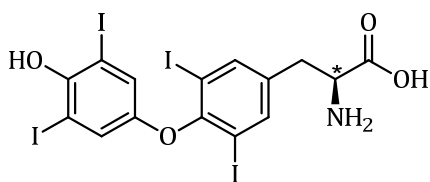
1,0 milliliter av kopparlösningen från moment a i uppgiften pipetteras med en helpipett till en 100 ml mätflaska. Flaskan fylls med vatten till strecket på flaskan. Flaskan tillsluts med en kork och lösningen blandas. (1 p.)

- c) Kopparkoncentrationen för en 0,50 mmol/l lösning som framställts av fast kopparsulfat enligt moment b i uppgiften är inte exakt eftersom den mängd som ska vägas upp är så liten att också små vägningsfel får en större relativ betydelse. (1 p.)

3. a) De funktionella grupperna i tyroxinmolekylen är:

- karboxylgrupp, 1/3 p.)
- aminogrupp, (1/3 p.)
- jod, (1/3 p.)
- etergrupp, (1/3 p.)
- fenolisk hydroxylgrupp eller aromatisk ring och hydroxylgrupp (1/3 p. + 1/3 p.)

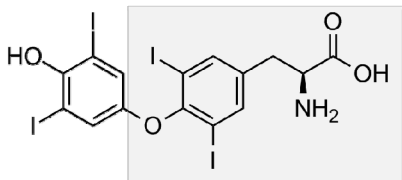
b) I tyroxinmolekylen förekommer optisk isomeri, det vill säga spegelbilsisomeri. Kolatomen bredvid aminogruppen är kiral/asymmetrisk för att fyra olika atomer eller atomgrupper är bundna till den (det kirala kolet är utmärkt i bilden med en stjärna). Svaret kan motiveras med en strukturformel i vilken den asymmetriska kolatomen är utmärkt, eller i ord.



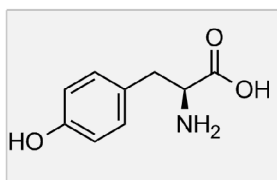
(1 p.)

c) Tyroxin bildas av tyrosin.

I tyroxinets strukturformel återfinns en struktur som motsvarar tyrosin (se bilden). Motivering krävs inte.



tyroxin



tyrosin

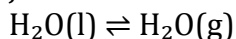
(1 p.)

d) Jod är ett grundämne som lätt reduceras till jodidjoner.

Eller: Jodet löser sig bättre ur näringen (och tas bättre upp av organismen) om det är i jonform som jodidjoner. (1 p.)

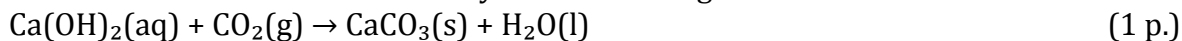
Jod erhålls ur jodiderna genom en oxidationsreaktion:  $2 \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$  (1 p.)

4. a) Om luften är mättad med vattenånga är mängden svett (vatten) som avdunstar som ånga lika stor som mängden vatten som kondenseras ur ångan. Det är fråga om ett jämviktstillstånd.



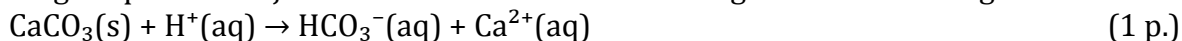
(1 p.)

- b) Koldioxiden i utandningsluften bildar kalciumkarbonat då den reagerar med kalciumhydroxiden. Kalciumkarbonat är ett svårlösligt salt. Kalciumkarbonatets löslighet i vatten är mindre än kalciumhydroxidens löslighet.



(1 p.)

Då man fortsätter blåsa reagerar koldioxiden med vatten och det bildas kolsyra. Lösningens pH-värde sjunker och karbonatsaltet löser sig i den sura lösningen.



(1 p.)

- c) Enligt le Châteliers princip påverkas reaktionens jämvikt av att förhållandena förändras. Ett högt tryck förskjuter jämvikten mot reaktionsprodukternas riktning eftersom det i reaktionsformeln finns färre gasformiga reaktionsprodukter bland produkterna än bland utgångsämnen. (1 1/3 p.)

Reaktionen försnabbas då temperaturen höjs. Enligt le Châteliers princip förskjuts jämvikten mot den endoterma riktningen. Vid en hög temperatur finns det då mindre ammoniak vid jämviktstillståndet. Situationen är alltså ofördelaktig med tanke på utbytet av ammoniak. Vid industriell produktion används en hög temperatur så att reaktionen ska ske snabbt. En snabbare reaktion gör processen mer effektiv och motverkar den negativa effekten av att jämvikten förskjuts. (1 2/3 p.)

Då ammoniaken tas till vara och de utgångsämnen som inte reagerat återanvänds kan man effektivt producera ammoniak ur utgångsämnen. Då ammoniak tas till vara förskjuts jämvikten mot produkterna. (1 1/3 p.)

*Den maximala poängmängden 3 p. kan samlas ihop med olika förtjänster.*

5. a) Termoplaster kan omformas upprepade gånger genom uppvärmning då det mellan polymerkedjorna i termoplaster bara finns svaga krafter. Polymerkedjorna lossnar från varandra vid upphettningen och plasten blir mjukare. Då plasten kyls ned bildas de svaga bindningarna på nytt mellan kedjorna och plasten blir hård. (1 p.)

I hårdplaster binds polymerkedjorna samman till en stel, nätaktig struktur. Då hårdplasterna en gång fått sin form kan de inte längre omformas genom uppvärmning. (1 p.)

- b) Polyetentereftalat (PET) och nylon-6 kan sönderdelas till mindre molekyler eftersom estergruppen i PET och amidgruppen i nylon-6 kan genomgå hydrolys. Av PET bildas då reaktionsprodukterna karboxylsyra och alkohol och av nylon-6 bildas karboxylsyra och amin. Polyeten (PE) godkänns om spjälkningen motiveras med hjälp av termokatalys eller motsvarande. (2 p.)

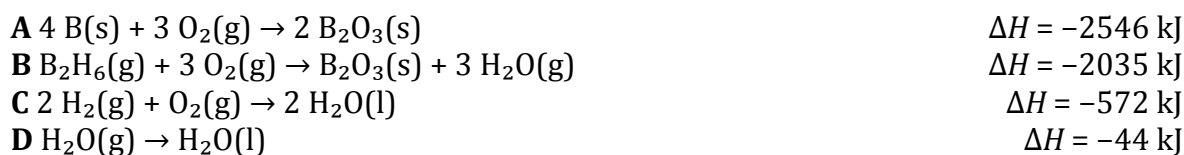
*Den maximala poängmängden 2 p. kan samlas ihop med olika förtjänster.*

- c) Plasten som används för livsmedelspåsar är:
- seg, elastisk, mjuk, böjbar, lätt, tät för vattenånga och, genomskinlig eller ogenomskinlig, brinner rent, och det är möjligt att tillverka folier av plasten. (2/3 p.)
- Plasten som används för läskedrycksflaskor är:
- stel, hård, seg och klar, håller i någon mån tryck, reagerar inte med innehållet, kan färgas och den släpper inte igenom koldioxid. (2/3 p.)
- Plasten som används för nylonkläder är:
- hållbar, kan tänjas, kan färgas, den brinner inte och det är möjligt att tillverka fiber (garn) av den.

För varje ändamål passar egenskaperna giftfri, återvinningsbar, lätt, hållbar, tål värme/kyla. (2/3 p.)

*I svaret räcker det att ange två olika slags egenskaper för varje användningsändamål.*

6. a) Reaktionen  $2 \text{B(s)} + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{H}_6(\text{g})$  fås genom att kombinera de givna reaktionsformlerna:

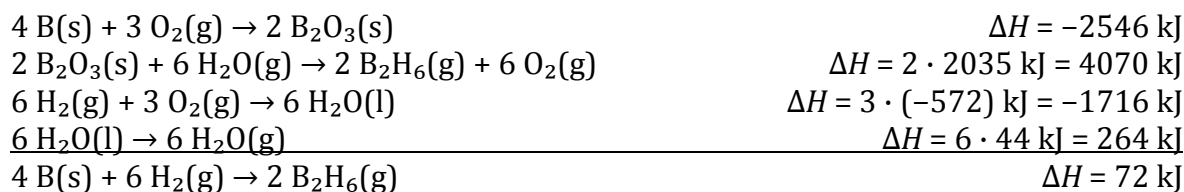


Reaktionsformlerna vänds om då det behövs, så att reaktionsprodukterna och utgångsämnenen är på rätt plats. Reaktionsformlerna multipliceras så att mellanprodukterna inte återfinns i totalreaktionen. Multiplikationen påverkar också  $\Delta H$ -värdena.

$$(A - 2 \cdot B + 3 \cdot C - 6 \cdot D)/2 \quad (3 \text{ p.})$$

Poängsättningen i detalj:

- |   |          |
|---|----------|
| Reaktionsformlerna B och/eller D har svängts om i svaret  | (2/3 p.) |
| I svaret har någon av reaktionslikheterna multiplicerats för att eliminera mellanprodukter ( $\text{O}_2$ , $\text{B}_2\text{O}_3$ , $\text{H}_2\text{O}$ ) | (2/3 p.) |
| I svaret har också motsvarande entalpier svängts om och multiplicerats  | (2/3 p.) |
| Rätt reaktionslikhet har erhållits  | (2/3 p.) |
| Entalpin har räknats rätt som multipel  | (2/3 p.) |
| Entalpin har räknats rätt   | (2/3 p.) |

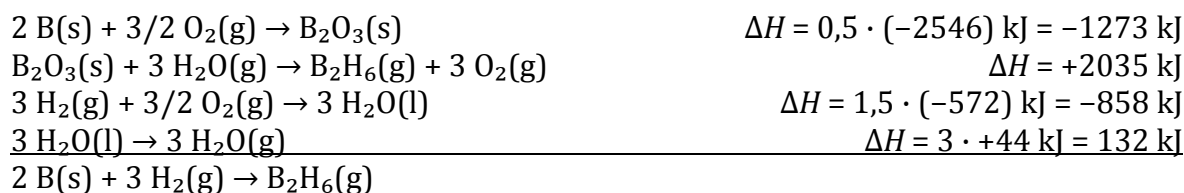


Den efterfrågade reaktionen fås genom att dividera med två:



**Entalpiförändringen  $\Delta H$  för den efterfrågade reaktionen är 36 kJ.** (1 p.)

En alternativ lösning:  $0,5 \cdot A - B + 1,5 \cdot C - 3 \cdot D$



Entalpiförändringen är  $(-1273 + 2035 + (-858) + 132) \text{ kJ} = 36 \text{ kJ}$ .

*Entalpiförändringen kan också beräknas med en insättningsmetod.*

**b)** Reaktionens  $\Delta H = \Sigma \Delta H_f^\circ$  (produkter) –  $\Sigma \Delta H_f^\circ$  (utgångsämnen)

$$\Delta H = (-1273 + (-285,8) + (-74,9) + 0 - [36 + 2 \cdot (-393,5)]) \text{ kJ} = -882,7 \text{ kJ} \approx -883 \text{ kJ}$$

(1 p.)

Enligt a-momentet [reaktionen  $\text{B}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ], frigörs 2035 kJ energi då en mol diboran brinner vid reaktionen med syre. (1/3 p.)

Därmed frigörs mindre energi då diboran reagerar med koldioxid. (2/3 p.)

7. **a)**  $K_s = [\text{Ca}^{2+}] [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$  eller utfällningens reaktionsformel (2/3 p.)

$$K_s = x \cdot x = 2,3 \cdot 10^{-9} \text{ (mol/l)}^2$$

(1 p.)

$$x = 4,796 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

(2/3 p.)

$$m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = cVM = 4,796 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot 0,50 \text{ l} \cdot 128,1 \text{ g/mol} = 0,003072 \text{ g} \approx 3,1 \text{ mg}$$

3,1 mg kalciumoxalat löser sig i vattnet. (2/3 p.)

**b)** Jonprodukten = löslighetsprodukten

$$1,3 \text{ mmol/l} \cdot [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 2,3 \cdot 10^{-9} \text{ (mol/l)}^2$$

(1 p.)

$$[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 1,7692 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

Oxalatjonkoncentrationen i vattenlösningen kan vara högst 1,7  $\mu\text{mol/l}$  (1 p.)

**c)** Vaniljsås och vispad grädde innehåller kalcium. Då man äter rabarber med dessa hindras kalciumet i kroppen från att bindas samman med oxalaten. (1 p.)

8. a) Ekvivalenspunkten för syra-bastitreringen är vid **14,0 ml** ( $\pm 0,3$  ml). (2/3 p.)  
Ekvivalenspunkten för den konduktometriska titreringen är vid **14,0 ml** ( $\pm 0,3$  ml). (1/3 p.)

b) I början är lösningens pH  $\approx 1$ . Det finns mycket oxoniumjoner i lösningen eftersom HCl är en stark syra. Då natriumhydroxid tillsätts i lösningen neutraliseras saltsyran och pH-värdet stiger. Till en början stiger pH långsamt eftersom det finns rikligt med oxoniumjoner i lösningen. Då man närmar sig ekvivalenspunkten stiger pH brant eftersom en mycket liten mängd basisk lösning räcker till för att neutralisera den syra som finns kvar och sedan förorsaka ett överskott av hydroxidjoner i lösningen. Efter ekvivalenspunkten reagerar den tillsatta basen inte längre med syran utan orsakar en ökning i lösningens natriumhydroxidkoncentration och pH stiger.

(1 p.)

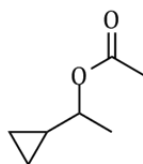
c) Vid titreringens ekvivalenspunkt finns det natriumjoner, kloridjoner, hydroxidjoner och oxoniumjoner i lösningen. (1 p.)

Då en stark syra titreras med en stark bas gäller vid ekvivalenspunkten  $[\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \cdot 10^{-7}$  mol/l. Vidare gäller  $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-]$ . (1 p.)

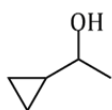
d) Efter ekvivalenspunkten växer lösningens ledningsförmåga då den NaOH som tillsätts i lösningen inte längre neutraliseras utan istället ger upphov till natriumjoner och hydroxidjoner i lösningen. (1 p.)

Då leder tillsatsen av NaOH till att mängden joner i lösningen blir större och jonkoncentrationen ökar, varvid ledningsförmågan växer. (Den elektriska ledningsförmågan för en elektrolytlösning påverkas förutom av jonernas koncentration också av jonernas laddning och mobilitet.) (1 p.)

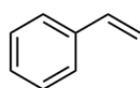
9.



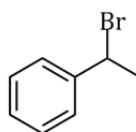
A



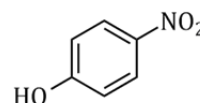
B



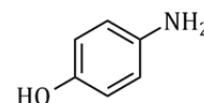
C



D



E

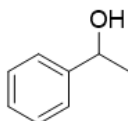


F

Olika sätt att skriva strukturformlerna godkänns.

(1 p./strukturformel.)

Som förening C godkänns också:





10. Den totala substansmängden tillsatt HCl:  
 $n(\text{HCl})_{\text{tot.}} = 0,500 \text{ mol/l} \cdot 0,0500 \text{ l} = 0,0250 \text{ mol}$  (1/3 p.)

Överskottet HCl-lösning titreras med NaOH-lösning:  
 $n(\text{NaOH}) = cV = 0,500 \text{ mol/l} \cdot 24,93 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 0,012465 \text{ mol}$  (1/3 p.)  
 $n(\text{HCl})_{\text{översk.}} = n(\text{NaOH})$  (1/3 p.)

Substansmängden HCl som förbrukas vid upplösningen:  
 $n(\text{HCl})_{\text{upplösning}} = n(\text{HCl})_{\text{tot.}} - n(\text{HCl})_{\text{översk.}} = 0,0250 \text{ mol} - 0,012465 \text{ mol} = 0,012535 \text{ mol}$  (1 p.)

Upplösningsreaktionerna:  
 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$  (1/3 p.)  
 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  (1/3 p.)

Man får då ekvationssystemet:  
 $m(\text{CaCO}_3) + m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,553 \text{ g}$   
 $n(\text{HCl}) = 2 \cdot n(\text{CaCO}_3) + 2 \cdot n(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,012535 \text{ mol}$  (1 1/3 p.)

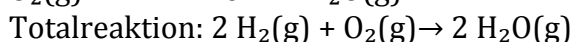
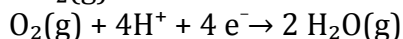
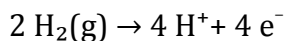
$$n(\text{HCl}) = 2 \cdot \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} + 2 \cdot \frac{m(\text{Mg}(\text{OH})_2)}{M(\text{Mg}(\text{OH})_2)} = 2 \cdot \frac{0,553 - x}{100,09} + 2 \cdot \frac{x}{58,326}$$
$$= 0,012535 \text{ mol}$$

$x = 0,10378 \text{ g}$  (1 p.)

Tablettens sammansättning:  
 $m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = x = 104 \text{ mg}$   
 $m(\text{CaCO}_3) = 0,553 - x = 449 \text{ mg}$   
I tablettens finns det 104 mg magnesiumhydroxid och 449 mg kalciumkarbonat. (1 p.)

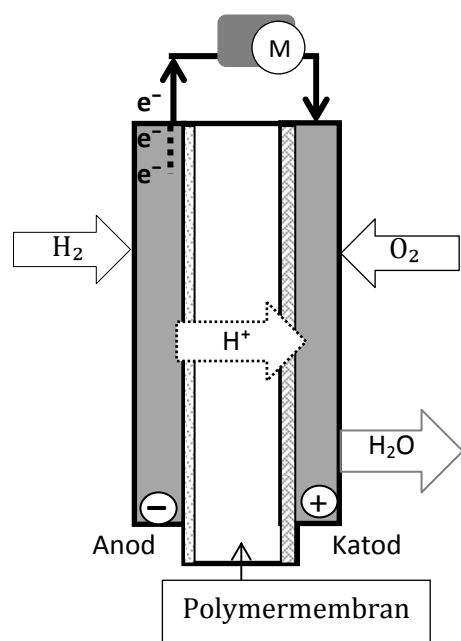
*Upplösningsreaktionernas reaktionsformler krävs inte om substansmängdernas förhållanden klart framgår av beräkningarna.*

+11. a) Elektrodreaktionerna:



(2 p.)

b) Vätgas  $\text{H}_2$  leds in till anoden från bilens bränsletank. Polymermembranet katalyserar joniseringen av väte till protoner och elektroner. Elektronerna leds via motorn från anoden till katoden. Vätejoner leds genom membranet. Luft leds till katoden där elektronerna reducerar syret  $\text{O}_2$  till oxidjoner,  $\text{O}^{2-}$ . Vätejoner som transporterats genom membranet reagerar med oxidjonerna och bildar vatten.



(3 p.)

Poängsättningen i detalj:

I schemat har anoden och katoden märkts ut

(1/3 p.)

Utgångsämnen och vattnet som avlägsnas har märkts ut vid anoden och katoden

(1 p.)

Polymermembranet är utmärkt i schemat

(1/3 p.)

Elektronernas riktning har märkts ut i schemat och/eller elektrontransporten längs en yttre ledare från anoden till katoden har förklarats

(2/3 p.)

Vätejонernas riktning har märkts ut i schemat och/eller vätejонtransporten genom polymermembranet från anoden till katoden har förklarats

(2/3 p.)

- c) I svaret bedöms vätebilteknologins fördelar och utmaningar i trafikbruk ur olika synvinklar. Sådana synvinklar kan till exempel vara miljövänlighet, naturtillgångarnas tillräcklighet, framställningen av väte, lagringen av väte, teknologikutvecklingen och distribueringsystem. (1/3 p.-1 p./aspekt)

*Den maximala poängmängden 4 p. kan samlas ihop med olika förtjänster.*

Då man vill begränsa utsläppen och förbättra energieffektiviteten i trafiken krävs nya sätt att producera energi. Vidare förutses att de fossila bränslena kommer att sina. Då man använder en vätebränslecell används väte som bränsle. Väte är i princip en outsinlig naturtillgång. I bränslecellen får man vatten som reaktionsprodukt. Då produceras inte oxider av kol eller av kväve och inte heller partiklar. Bränslecellen är också nästan ljudlös vilket minskar trafikens bullerstörningar.

Väte kan produceras genom att elektrolytiskt spjälka vatten till väte och syre med hjälp av elenergi. Om man använder sol-, vind- eller vågkraft för att producera elektriciteten kommer ingen koldioxid att frigöras vid produktionen. I framtiden kommer det att vara möjligt att tillverka väte genom att spjälka vatten i termokemiska processer genom att utnyttja de höga temperaturerna i kärnkraftverk eller solkraftverk. Biologisk produktion av väte utnyttjar alger och bakterier. Väte kan också framställas genom att förgasa fast biomassa och skilja vätet från produktgaserna. Väte bildas också som biprodukt i industrin.

I trafiken lämpar sig bränslecellsteknologin även för distribuerade system. Väte kan framställas och trycksättas nära distributionsstationen. Det går snabbt att tanka trycksatt väte och på en tank kan man köra upp till 600 km. Upplagringen av väte har förorsakat problem. Då man lagrar vätet i gasform måste man använda ett mycket högt tryck. Dessa lager kan också placeras i samband med distributionsstationerna. Väte kan också omvandlas till vätskeform genom att kyla ned det till  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Båda metoderna förbrukar energi. Det finns också metoder för att lagra väte vilka baseras på att väte binds i metallhydridpulver.

Ett hinder för att vätebilar ska bli mer allmänna är för närvarande höga priser på bränslecellsystemen (till exempel priset på katalysatorer). Nya billigare katalysatorer är dock redan i testbruk. Det krävs också ett distributionsnät för vätgas. I många länder har man redan distributionssystem för väte, men i de flesta länder håller man först nu på att bygga dem.

**+12. a)** Enligt tillståndsekvationen för idealgaser är trycket lika för kväve, koldioxid och ammoniak.

$$p_{\text{id.}} = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,20 \text{ mol} \cdot 0,0831451 \frac{\text{bar} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298,15 \text{ K}}{1,0 \text{ l}} = 4,96 \text{ bar}$$

(1/3 p.)

Enligt van der Waals tillståndsekvation

$$\left(p + \frac{n^2 \cdot a}{V^2}\right) \cdot (V - n \cdot b) = n \cdot R \cdot T$$

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{(V - n \cdot b)} - \frac{n^2 \cdot a}{V^2}$$

(2/3 p.)

$$p(\text{N}_2) = 4,94 \text{ bar}$$

$$p(\text{CO}_2) = 4,86 \text{ bar}$$

$$p(\text{NH}_3) = 4,83 \text{ bar}$$

(1 1/3 p.)

Trycken är lägre då de räknas enligt van der Waals tillståndsekvation än då de räknas enligt idealgasernas tillståndsekvation. (1/3 p.)

Kvävgasens tryck är nästan lika enligt båda tillståndsekvationer. Ammoniakens tryck är 2,7 % större beräknat enligt idealgasernas tillståndsekvation än beräknat enligt van der Waals tillståndsekvation, eller motsvarande jämförelse mellan gasernas tryck. (1/3 p.)

**b)**  $T = 0 \text{ K}$  och  $p > 0 \text{ bar}$

Ur tillståndsekvationen för idealgaser

$$pV = nRT = nR \cdot 0 \text{ K} = 0$$

$$(p = 0 \text{ eller}) V = 0$$

(2/3 p.)

Ur van der Waals tillståndsekvation

$$\left(p + \frac{n^2 \cdot a}{V^2}\right) \cdot (V - n \cdot b) = n \cdot R \cdot T = 0$$

$$\left(p + \frac{n^2 \cdot a}{V^2}\right) = 0 \vee (V - n \cdot b) = 0$$

Den första ekvationen är osann, så det finns bara en lösning.

$$V = n \cdot b$$

Lösning med räknare godkänns också.

(2/3 p.)

Enligt tillståndsekvationen för idealgaser skulle gasen inte ha någon volym om temperaturen var 0 K. (1/3 p.)

Enligt van der Waals tillståndsekvation skulle gasens volym vara  $n \cdot b$  vid temperaturen 0 K. (1/3 p.)

- c) I van der Waals tillståndsekvation beaktas växelverkan mellan gaspartiklarna med korrigeringsfaktorn a och partiklarnas storlek med korrigeringsfaktorn b.

Skillnaderna i a-momentet beror speciellt på korrigeringsfaktorn a. Korrigeringsfaktorns a värde beror på växelverkningarna mellan molekylerna och den är större ju starkare bindningarna eller växelverkningarna är. Mellan partiklarna i verkliga gaser förekommer alltid dispersionskrafter. Det finns starkare växelverkningar mellan de polära ammoniakmolekylerna än mellan de opolära kvävemolekylerna.

	$a \left( \frac{\text{l}^2 \cdot \text{bar}}{\text{mol}^2} \right)$	
N <sub>2</sub>	1,370 minst	Kvävemolekylen är opolär så det finns tillfälligt dispersionskrafter mellan gasmolekylerna.
CO <sub>2</sub>	3,640	Koldioxidmolekylen är opolär så det finns tillfälligt dispersionskrafter mellan gasmolekylerna.
NH <sub>3</sub>	4,170 störst	Ammoniakmolekylen är polär och mellan gasmolekylerna finns det tillfälligt vätebindningar.

Skillnaden i resultaten i b-momentet beror på antagandena som görs i modellerna. Då man tillämpar tillståndsekvationen för idealgaser har partiklarna ingen storlek. Realgasers partiklar har däremot en storlek, vilken måste beaktas. Enligt van der Waals tillståndsekvation fyller en mol av gasen vid temperaturen 0 K den volym som anges av konstanten b. Det kan man också se ur b-konstantens enhet l/mol. Då partiklarna kräver mer utrymme är också korrigeringsfaktorn b större. (3 p.)

Tillståndsekvationen för idealgaser kan användas i situationer då växelverkningarna mellan gasens partiklar är svaga och partiklarnas egen storlek utgör en liten del av totalvolymen. Detta uppfylls för små, opolära molekyler vid låga tryck och vid tillräckligt höga temperaturer då tillfälliga bindningar bildas enbart i liten utsträckning. (1 p.)

Då man använder tillståndsekvationen för idealgaser antar man att det inte finns några bindningar eller växelverkningar mellan partiklarna och att partiklarna inte har någon storlek.

Noggrannare betraktat antar man att gaspartiklarna i en idealgas

- är sinsemellan likadana,
- är punktformade,
- rör sig i helt slumpmässiga riktningar som följd av värmerörelsen,
- kolliderar elastiskt med varandra,
- inte växelverkar med varandra på andra sätt än genom att kollidera,
- rör sig med jämn hastighet och längs räta linjer mellan kollisionerna. (1 p.)

*Den maximala poängmängden 4 p. kan samlas ihop med olika förtjänster.*