

In dit document staan allerlei vragen die de hoofdstukken van 4 havo combineren.

Azijnzuur

De schattingen lopen uiteen, maar jaarlijks wordt er ongeveer 5,0 miljoen ton azijnzuur geproduceerd. 75% wordt geproduceerd met behulp van het Monsanto-proces. Hierbij reageert methanol met koolstofmonoxide tot azijnzuur. Het proces maakt gebruik van rodium als katalysator.

- 1 Geef de molecuulformules en structuurformules van methanol en azijnzuur.

Methanol en azijnzuur zijn bij kamertemperatuur allebei vloeistoffen.
- 2 Geef een verklaring op microniveau waarom beide stoffen vloeistoffen zijn.
- 3 Geef de reactievergelijking voor het Monsanto-proces.
- 4 Bereken de reactiewarmte voor het Monsanto-proces in $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$ azijnzuur.
- 5 Leg met behulp van het antwoord van vraag 4 uit of de reactie exotherm of endotherm is.
- 6 Teken een energiediagram voor deze reactie. Laat hierin zien wat de invloed van het rodium is.
- 7 Bereken hoeveel m^3 methanol nodig is voor de jaarlijkse productie van azijnzuur dat via het Monsanto-proces wordt vervaardigd. Geef je antwoord in de juiste significante cijfers.

Azijnzuur kun je gebruiken om kalk te verwijderen; ontkalken. Hiervoor kun je schoonmaakazijn gebruiken. Dit is een oplossing van azijnzuur in water.

- 8 Leg op microniveau uit waarom azijnzuur goed oplosbaar is in water. Illustreer je antwoord met een tekening met daarin één molecuul azijnzuur en twee moleculen water.

250 mL schoonmaakazijn bevat zo'n 2,0 gram azijnzuur en heeft een zuurtegraad van $\text{pH} = 2,82$.

- 9 Bereken de molariteit van het azijnzuur in schoonmaakazijn.
- 10 Bereken $[\text{H}^+]$ in schoonmaakazijn. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Wanneer schoonmaakazijn wordt gebruikt om kalk te verwijderen, treedt de volgende reactie op:



- 11 Leg uit dat het hier gaat om een zuur-basereactie. Geef ook aan welke deeltje reageert als het zuur en welk deeltje reageert als de base.

Je kunt de reactie ook uitvoeren met tafelazijn. In tafelazijn is de molariteit van azijnzuur $[\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})] = 0,067 \text{ M}$.

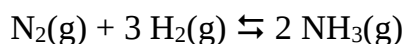
- 12 Leg met behulp van het botsende-deeltjesmodel uit of het ontkalken langer of korter duurt met tafelazijn.

Na de reactie bevat de oplossing $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$.

- 13 Teken een gehydrateerd Ca^{2+} ion.
- 14 Geef het aantal protonen en elektronen in een Ca^{2+} ion.

Ammoniak

De stof die wereldwijd het meest geproduceerd wordt op industriële schaal, is ammoniak. De productie voor het jaar 2020 werd geschat op zo'n 160 miljoen ton. Het meeste hiervan wordt geproduceerd met behulp van het Haber-Bosch-proces, waarbij stikstof en waterstof in een evenwichtsreactie wordt omgezet tot ammoniak:



- 15 Bereken de reactiewarmte voor de reactie naar rechts in $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1} \text{NH}_3$ en leg daarmee uit of de reactie naar rechts exotherm of endotherm is.

Voor de productie van ammoniak zou het logisch zijn om het evenwicht zo veel mogelijk naar rechts te krijgen, zodat er veel NH_3 ontstaat.

- 16 Leg met behulp van het antwoord van vraag 15 uit of het voor de productie van ammoniak gunstig is om een hoge of een lage temperatuur te kiezen.

In het Haber-Bosch-proces wordt voor een hoge temperatuur gekozen.

- 17 Leg met het botsende-deeltjesmodel uit waarom er voor een hoge temperatuur wordt gekozen.

In het Haber-Bosch-proces wordt in de reactor gekozen voor een hoge druk. Dit is vergelijkbaar met een reactor met een klein volume.

- 18 Geef twee redenen waarom de keuze voor een hoge druk gunstig voor de productie van ammoniak. Eén reden moet gebaseerd zijn op het botsende-deeltjesmodel en één reden moet gebaseerd zijn op een evenwichtsverklaring. Noteer je antwoord als volgt:

Verklaring botsende-deeltjesmodel: ...

Evenwichtsverklaring: ...

Nadat de reactie is voltooid, moet het ammoniak worden gescheiden van stikstof en waterstof. Dit kan worden gerealiseerd met "omgekeerde destillatie".

- 19 Leg uit van welke stofeigenschap er gebruik wordt gemaakt bij omgekeerde destillatie en leg op microniveau uit waarom het in dit geval kan worden toegepast.

Een oplossing van ammoniak in water wordt ammonia genoemd.
Huishoudammonia bevat zo'n 5,0 massa% ammoniak.

- 20 Leg op microniveau uit waarom ammoniak goed oplosbaar is in water.
Illustreer je antwoord met een tekening met daarin één moleculen ammoniak en twee moleculen water.
- 21 Leg op macroniveau uit waarom ammoniak goed oplosbaar is in water.
- 22 Bereken de molariteit van ammoniak. Maak hierbij onder andere gebruik van de volgende gegevens:
- een liter huishoudammonia heeft een massa van 1,03 kilogram
 - een mol ammoniak heeft een massa van 17,03 gram

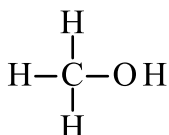
Huishoudammonia van een bepaald merk heeft een zuurtegraad van $\text{pH} = 10,0$

- 23 Bereken $[\text{OH}^-]$ in dit merk huishoudammonia. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

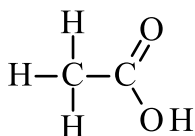
Uitwerkingen

- 1 Methanol: CH_4O of CH_3OH
Azijnzuur: CH_3COOH of $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

Structuurformules:

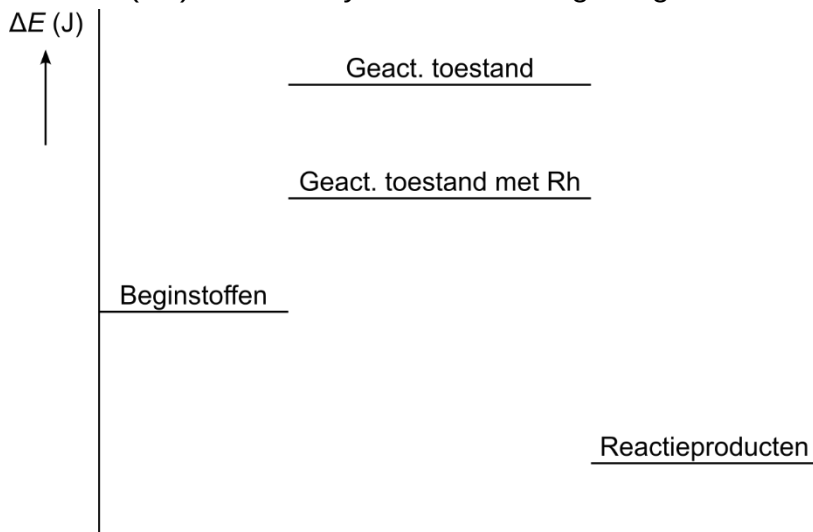


Methanol



Azijnzuur

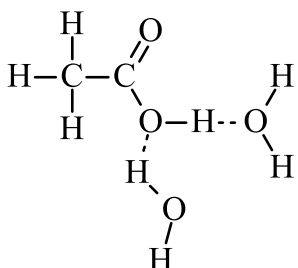
- 2 De **moleculen** van methanol en azijnzuur bevatten **OH-groepen**, waardoor er **waterstofbruggen** tussen de moleculen zijn. Deze waterstofbruggen zijn relatief sterk.
- 3 $\text{CH}_4\text{O} + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$
- 4 $\Delta E = (-4,84 \cdot 10^5) - (-2,39 \cdot 10^5 + -1,105 \cdot 10^5) = -1,35 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 5 $\Delta E < 0$, dus de reactie is exotherm
- 6 Rodium (Rh) is de katalysator en verlaagt de geactiveerde toestand:



7 CH_3COOH : $m = 0,75 \cdot 5,0 \cdot 10^6 \text{ ton} = 3,75 \cdot 10^6 \text{ ton} = 3,75 \cdot 10^{12} \text{ g}$
 $M = 60,053 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $n = \frac{m}{M} = \frac{3,75 \cdot 10^{12}}{60,053} = 6,2 \cdot 10^{10} \text{ mol}$

CH_3OH : $n = 6,2 \cdot 10^{10} \text{ mol}$ (1 : 1)
 $M = 32,042 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $m = n \cdot M = 6,2 \cdot 10^{10} \cdot 32,042 = 2,0 \cdot 10^{12} \text{ g} = 2,0 \cdot 10^9 \text{ kg}$
 $\rho = 0,79 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
 $V = \frac{m}{\rho} = \frac{2,0 \cdot 10^9}{0,79 \cdot 10^3} = \underline{\underline{2,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3}}$

- 8 Azijnzuurmoleculen bevatten **OH-groepen** waarmee ze **waterstofbruggen** kunnen vormen met watermoleculen.



9 CH_3COOH : $m = 2,0 \text{ g}$
 $M = 60,053 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $n = \frac{m}{M} = \frac{2,0}{60,053} = 0,033 \text{ mol}$
 $V = 250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$
 $[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{n}{V} = \frac{0,033}{0,250} = \underline{\underline{0,13 \text{ M}}}$

10 $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,82} = \underline{\underline{0,0015 \text{ M}}}$ (twee sign cijfers)

11 Voor de pijl: CH_3COOH

Na de pijl: CH_3COO^-

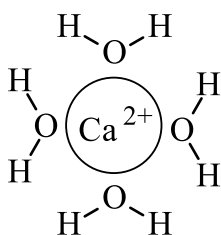
Er heeft dus overdracht van H^+ plaats gevonden, dus is het een zuur-basereactie.

Zuur: CH_3COOH

Base: CO_3^{2-}

- 12 De concentratie is lager, dus er zijn minder effectieve botsingen. Hierdoor is de reactiesnelheid lager en duurt het ontkalken langer.

- 13 Een gehydrateerd Ca^{2+} ion:

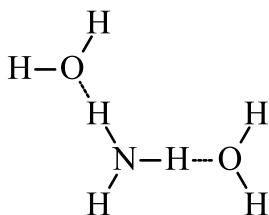


- 14 20 protonen en 18 elektronen

Ammoniak

- 15 In dit geval is de reactiewarmte gelijk aan de vormingswarmte van ammoniak:
 $\Delta E = -0,459 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 16 $\Delta E < 0$, dus de reactie naar rechts is exotherm. De reactie naar links dus endotherm. Bij hogere temperatuur verschuift de ligging van het evenwicht in de richting van de endotherme reactie, dus naar links. Zo ontstaat er dus minder ammoniak, dus ongunstig.
- 17 Bij een hogere temperatuur botsen moleculen harder én vaker, dus meer effectieve botsingen. Hierdoor is de reactiesnelheid hoger.
- 18 Verklaring botsende-deeltjesmodel: Bij samenpersen botsen de moleculen vaker, dus meer effectieve botsingen en dus een hogere reactiesnelheid. Dat is gunstig voor productie.
Evenwichtsverklaring: Bij samenpersen verschuift de ligging van het evenwicht in de richting van de minste gasdeeltjes, dus naar rechts. Zo ontstaat er meer ammoniak, dus gunstig.
- 19 Stofeigenschap: kookpunt.
 H_2 en N_2 moleculen zijn klein, dus zwakke vdW-bindingen, dus laag kookpunt.
 NH_3 moleculen hebben NH-groepen, dus relatief sterke waterstofbruggen, dus hoog kookpunt.
Door te koelen zal ammoniak condenseren en waterstof en stikstof niet.

- 20 Ammoniakmoleculen bevatten **NH-groepen**, dus kunnen **waterstofbruggen** vormen met watermoleculen.



- 21 Ammoniak is hydrofiel, water is hydrofiel. Daarom lost ammoniak goed op in water.

- 22 Neem een volume van $V = 1,0 \text{ L}$ (dus 1,03 kg oplossing)

$$\text{NH}_3: \quad m = \frac{5,0}{100} \cdot 1,03 = 0,0515 \text{ kg} = 51,5 \text{ g}$$

$$M = 17,031 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{51,5}{17,031} = 3,0 \text{ mol}$$

$$V = 1,0 \text{ L}$$

$$[\text{NH}_3] = \frac{3,0}{1,0} = \underline{\underline{3,0 \text{ M}}}$$

- 23 $\text{pOH} = 14,0 - 10,0 = 4,0$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-4,0} = \underline{\underline{1 \cdot 10^{-4} \text{ M}}} \quad (\text{één sign cijfer})$$