

Beoordelingsmodel

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

Okselgeur

1 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

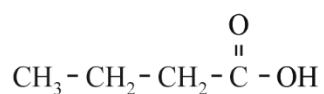
- Bij het verdampen van water (vindt afkoeling plaats, dus er) is energie nodig. Het is dus een endotherm proces.
- Bij het verdampen van water worden vanderwaalsbindingen/waterstofbruggen/bindingen tussen moleculen verbroken en dat kost energie. Het is dus een endotherm proces.

- inzicht dat er energie nodig is 1
- consequente conclusie 1

2 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

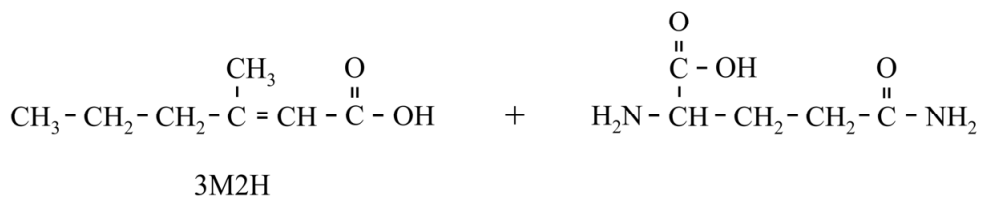
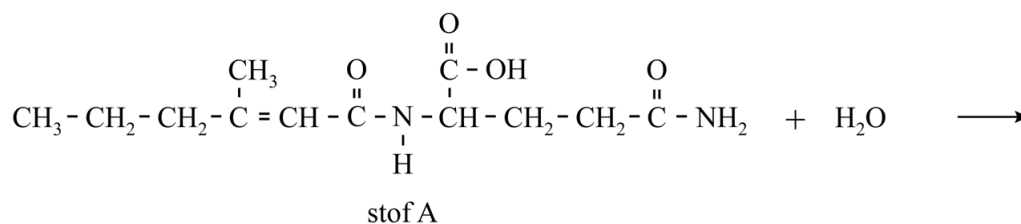
(De systematische naam van boterzuur is butaanzuur.)



- carboxylgroep juist weergegeven 1
- rest van de structuurformule juist 1

3 maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- H₂O voor de pijl 1
- NH₂-groep getekend aan het tweede koolstofatoom van de zelf getekende structuurformule na de pijl 1
- rest van de zelf getekende structuurformule na de pijl en elementbalans juist 1

4 maximumscore 1

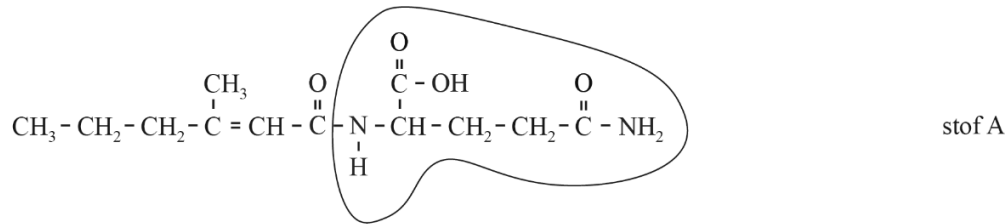
Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- De lage(re) pH is niet het optimum voor de werking van ACY / van het enzym dat 3M2H vormt.
- Een lage(re) pH veroorzaakt veranderingen aan de vorm van ACY / aan de vorm van het enzym (dat stof A omzet, waardoor het niet meer kan hechten aan stof A).
- ACY gaat kapot bij een lage(re) pH.

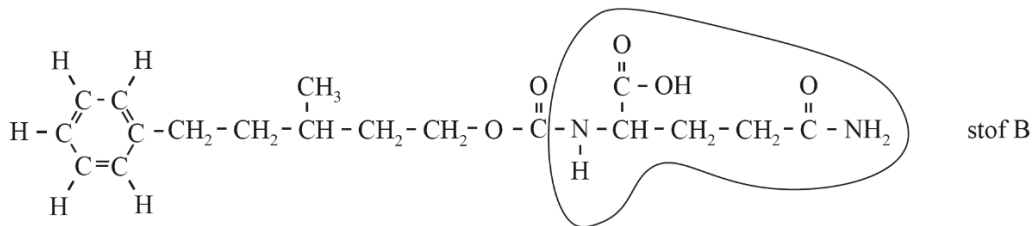
Uit het antwoord moet blijken dat de pH invloed heeft op de vorm van het enzym / dat het enzym een pH-optimum heeft.

5 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



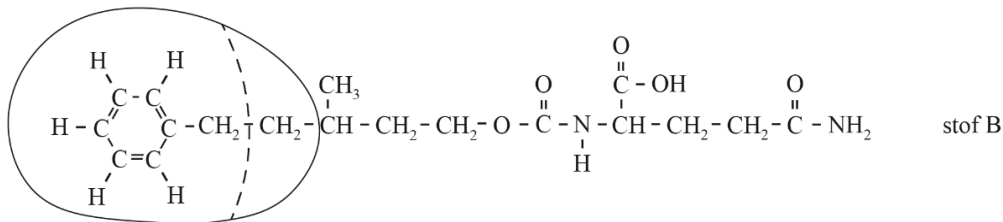
en/of



Het 3-lettersymbool van deze aminozuureenheid: Gln.

- eenmaal/tweemaal de juiste aminozuur-eenheid omcirkeld 1
- consequente conclusie met betrekking tot het 3-lettersymbool van het aminozuur 1

Indien een antwoord als het volgende is gegeven



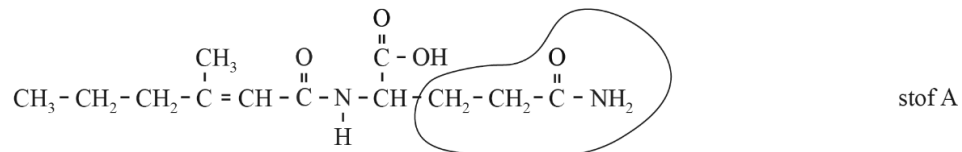
Het 3-lettersymbool van deze aminozuureenheid: Phe.

1

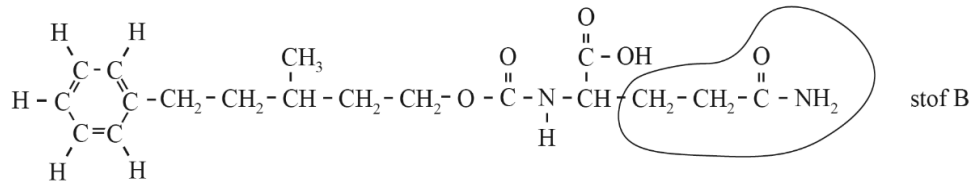
Opmerkingen

- Als de naam glutamine of het 1-lettersymbool Q is gegeven, dit goed rekenen.

- *Het volgende antwoord hier goed rekenen:*



en/of



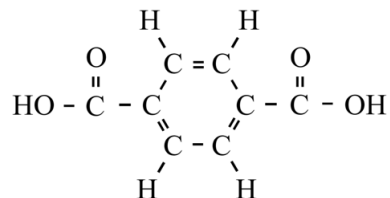
Het 3-lettersymbool van deze aminozuureenheid: Gln.

- *Als een onjuist antwoord op vraag 5 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 3, dit antwoord op vraag 5 goed rekenen. Een voorbeeld van zo'n onjuist antwoord is het hydrolyseren van de peptidebinding op de verkeerde plek.*
- *Als behalve een juiste aminozuur-eenheid ook een onjuiste eenheid is omcirkeld, het tweede scorepunt niet toekennen.*

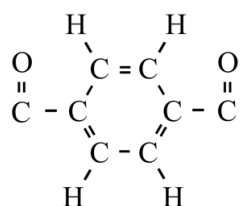
Afval van PET

6 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



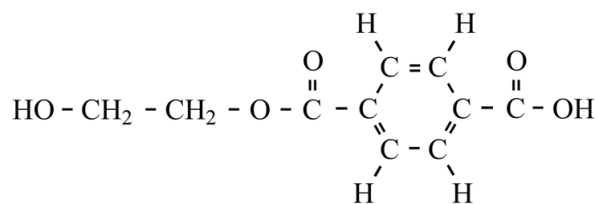
- de gegeven structuurformule bevat het volgende gedeelte:



- twee carboxylgroepen

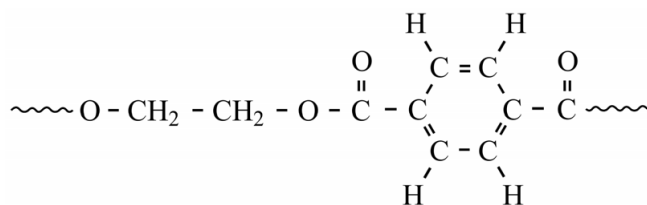
1
1

Indien het volgende antwoord is gegeven:



1

Indien een antwoord als het volgende is gegeven:



0

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

7 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- PET bestaat uit losse ketens / PET is een ketenpolymeer. PET is dus een thermoplast (en die kan worden verwerkt in een extruder).
- PET bevat geen extra reactieve groepen (om crosslinks te vormen), / In PET zijn geen crosslinks aanwezig, dus PET is een thermoplast (en die kan worden verwerkt in een extruder).
- (Bij extruderen wordt een vloeibaar polymeer gebruikt.) PET kan worden gesmolten, want het bestaat uit losse ketens (dus het kan worden verwerkt in een extruder).

- PET bestaat uit losse ketens / PET is een ketenpolymeer / PET bevat geen extra reactieve groepen / PET bevat geen crosslinks 1
- PET is een thermoplast / PET kan worden gesmolten 1

8 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Door (herhaaldelijk) extruderen neemt de molaire massa af. De vanderwaalskracht (tussen de ketens) neemt dus af en de aantrekkingskracht tussen de moleculen dus ook.
- Door (herhaaldelijk) extruderen (neemt de molaire massa af en) worden de polymeerketens korter. Hierdoor wordt de vanderwaalsbinding/molecuulbinding (tussen de ketens) minder sterk en neemt de aantrekkingskracht tussen de polymeermoleculen dus af.

- inzicht dat de gemiddelde molaire massa/ketenlengte afneemt 1
- relatie gelegd met de vanderwaalsbinding/molecuulbinding en consequente conclusie 1

9 maximumscore 1

adsorberen/adsorptie

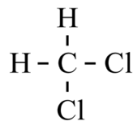
10 maximumscore 1

destilleren/destillatie

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

11 maximumscore 3

Voorbeeld van een juiste structuurformule is:



Voorbeelden van een juiste uitleg zijn:

- Hydrofobe kleurstoffen lossen het best op in een hydrofoob oplosmiddel. (Een molecuul) dichloormethaan bevat geen OH-groep (en geen NH-groep). / (Een molecuul) methanol bevat een OH-groep. Dichloormethaan is (het meest) hydrofoob (en daardoor het meest geschikt).
- (Een molecuul) methanol bevat een OH-groep en is dus hydrofiel. / (Een molecuul) dichloormethaan bevat uitsluitend C-H-bindingen en C-Cl-bindingen en is dus hydrofoob. (Dichloormethaan is het meest hydrofoob en dus het meest geschikt.)

- structuurformule juist 1
- methanol bevat een OH-groep / dichloormethaan bevat geen OH-groep / dichloormethaan bevat uitsluitend C-H-bindingen en C-Cl-bindingen 1
- dichloormethaan is (het meest) hydrofoob / methanol is hydrofiel 1

12 maximumscore 1

water en ethaan-1,2-diol

Ammoniak en mest

13 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

(Ureum bevat stikstofatomen.) Eiwitten zijn de enige van de drie voedingsstoffen die (altijd) stikstofatomen bevatten. Het is dus het meest waarschijnlijk dat eiwitten de bron van ureum zijn.

- eiwitten 1
- uitleg aan de hand van het element stikstof/N 1

Indien een antwoord is gegeven als:

Het koolhydraat chitine bevat (net als ureum) stikstofatomen. Het is dus het meest waarschijnlijk dat koolhydraten de bron van ureum zijn. 1

Indien een antwoord is gegeven als:

Fosfolipiden zijn vetten en bevatten (net als ureum) stikstofatomen. Het is dus het meest waarschijnlijk dat vetten de bron van ureum zijn. 1

Opmerking

Het volgende antwoord goed rekenen:

Vetten en koolhydraten bevatten uitsluitend C- en H-atomen (en geen N-atomen). Het is dus het meest waarschijnlijk dat eiwitten de bron van ureum zijn.

14 maximumscore 4

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Er moet $\frac{1,0 \cdot 10^3}{17,0} = 58,8$ (mol) NH_3 worden omgezet.

Het aantal mol H_2SO_4 dat nodig is, bedraagt: $\frac{58,8}{2} = 29,4$.

De massa van H_2SO_4 die nodig is, bedraagt: $29,4 \times 98,1 = 2,89 \cdot 10^3$ (g).

Het benodigde volume van H_2SO_4 is dus $\frac{2,89 \cdot 10^3}{1,84 \cdot 10^3} = 1,6$ (dm^3).

($1,6 \text{ dm}^3$ is nagenoeg 1,5 L)

- omrekening van de massa ammoniak naar de chemische hoeveelheid 1
- toepassing van de molverhouding: $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{NH}_3 = 1 : 2$ 1
- omrekening van de chemische hoeveelheid zwavelzuur naar de massa 1
- juiste verwerking van de dichtheid van geconcentreerd zwavelzuur 1

of

1,5 L H_2SO_4 heeft een massa van $1,5 \times 1,84 \cdot 10^3 = 2,76 \cdot 10^3$ (g).

Dit komt overeen met $\frac{2,76 \cdot 10^3}{98,1} = 28,1$ (mol) H_2SO_4 .

Hiermee wordt $28,1 \times 2 = 56,3$ (mol) NH_3 omgezet.

Dat is $56,3 \times 17,0 \times 10^{-3} = 9,6 \cdot 10^{-1}$ (kg) of $56,3 \times 17,0 = 9,6 \cdot 10^2$ (g).

($9,6 \cdot 10^{-1}$ kg is nagenoeg 1,0 kg.)

- juiste verwerking van de dichtheid van geconcentreerd zwavelzuur 1
- omrekening van de massa zwavelzuur naar de chemische hoeveelheid 1
- toepassing van de molverhouding: $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{NH}_3 = 1 : 2$ 1
- omrekening van de chemische hoeveelheid ammoniak naar de massa 1

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

15 maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Er verdampt per jaar aan water $1,3 \cdot 10^{-3} \times 35 \times 24 \times 365 = 4,0 \cdot 10^2$ (L).

Er wordt per jaar $3,0 \times 30,0 = 0,90 \cdot 10^2$ (L) waswater afgevoerd.

Er moet dus in totaal worden aangevuld: $4,0 \cdot 10^2 + 0,90 \cdot 10^2 = 4,9 \cdot 10^2$ (L) water.

- berekening volume water dat jaarlijks verdampt 1
- berekening volume water in L dat jaarlijks wordt afgevoerd en optellen bij het berekende volume water in L dat jaarlijks verdampt 1
- significantie 1

Opmerking

Als voor het aantal dagen in een jaar 365,25 of 366 is gebruikt, dit goed rekenen.

of

Per jaar wordt er aan stallucht geventileerd: $35 \times 24 \times 365 = 3,07 \cdot 10^5$ (m³).

Er verdampt per uur aan water: $1,3 \cdot 10^{-3} \times 3,07 \cdot 10^5 = 3,99 \cdot 10^2$ (L).

Dat is in totaal per jaar $3,99 \cdot 10^2 \times 24 \times 365 = 3,5 \cdot 10^6$ (L).

Er wordt per jaar $3,0 \times 30,0 = 90$ (L) waswater afgevoerd.

Er moet dus in totaal worden aangevuld: $(3,5 \cdot 10^6 + 90) = 3,5 \cdot 10^6$ (L) water.

- berekening volume water dat jaarlijks verdampt 1
- berekening volume water in L dat jaarlijks wordt afgevoerd en inzicht dat deze hoeveelheid verwaarloosbaar is ten opzichte van het berekende volume dat jaarlijks verdampt / berekening volume water in L dat jaarlijks wordt afgevoerd en optellen bij het berekende volume water in L dat jaarlijks verdampt 1
- significantie 1

Groen cement

16 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

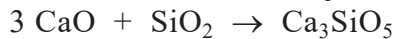
- Tot poeder vermalen steenkool heeft een groter (reactie-/contact)oppervlak. Hierdoor zijn er meer (effectieve) botsingen (per tijdseenheid, waardoor de verbranding sneller gaat).
- Poeder heeft een grotere verdelingsgraad. Hierdoor botsen de deeltjes vaker (effectief, waardoor de verbranding sneller gaat).

- juist verband gegeven tussen de tot poeder vermalen steenkool en het (reactie-/contact)oppervlak / de verdelingsgraad 1
- juist verband gegeven tussen het (reactie-/contact)oppervlak en het aantal botsingen / de verdelingsgraad en het aantal botsingen 1

Indien slechts een juist verband is gegeven tussen het tot poeder vermalen en het aantal botsingen / tussen de reactiesnelheid en het aantal botsingen 1

17 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- $3 \text{ CaO} + \text{SiO}_2$ voor de pijl 1
- Ca_3SiO_5 na de pijl 1

Indien een vergelijking is gegeven als:

- $\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3$
- $2 \text{ CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
- $\text{CaO} + 3 \text{ SiO}_2 \rightarrow \text{CaSi}_3\text{O}_7$ 1

Opmerkingen

- Een vergelijking als de volgende goed rekenen:
 $6 \text{ CaO} + 2 \text{ SiO}_2 \rightarrow \text{Ca}_6\text{Si}_2\text{O}_{10}$
- Een formule als $(\text{CaO})_3\text{SiO}_2$ hier goed rekenen.

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

18 maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- het verbranden van steenkool / Voor het verhitten van de oven wordt een fossiele brandstof gebruikt.
- In de klei (of in de kalksteen) kunnen organische resten zitten die ook verbranden (, hierbij ontstaat CO_2).

Opmerking

Het volgende antwoord goed rekenen:

Voor het ronddraaien van de buis is energie nodig. Als die door verbranding van fossiele brandstoffen wordt verkregen, ontstaat CO_2 .

19 maximumscore 2

Voorbeelden van een juiste uitleg zijn:

- NO_x ontstaat door de reactie van (het gas) stikstof (uit de lucht) met zuurstof.
- Wanneer stikstof verbrandt, ontstaat NO_x .
- De lucht is dan heet genoeg om NO_x te laten ontstaan.

Voorbeelden van een juist ongewenst effect zijn:

- zure depositie / zure regen / verzuring / pH-daling
- In de lucht ontstaat salpeterzuur.
- smogvorming
- aantasting van de ozonlaag
- eutrofiëring

- juiste uitleg waarom NO_x ontstaat 1
- juist ongewenst effect van NO_x 1

20 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Reactie 2 (is de zuur-basereactie).

H^+ is het zuur. / Het H^+ -ion is het zuur.

CO_3^{2-} is de base. / Het carbonaat-ion is de base.

- H^+ is het zuur 1
- CO_3^{2-} is de base en reactie 2 (is de zuur-basereactie) 1

Indien een antwoord is gegeven als:

- Reactie 2: H^+ is de base en CO_3^{2-} is het zuur.
- Reactie 2: CO_3^{2-} is de base en Ca^{2+} is het zuur.
- Reactie 3: OH^- is de base en Ca^{2+} is het zuur. 1

Opmerking

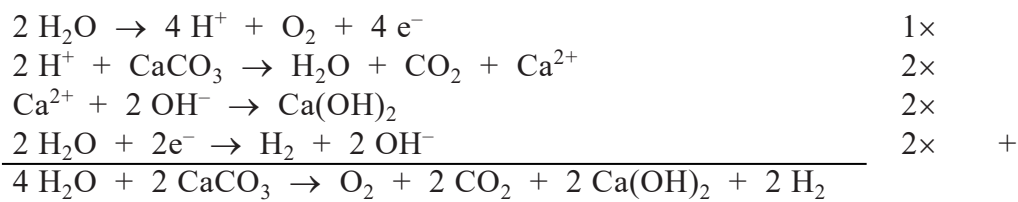
Een antwoord als het volgende goed rekenen:

Reactie 2 (is de zuur-basereactie). H^+ is het zuur en CaCO_3 is de base.

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

21 maximumscore 3

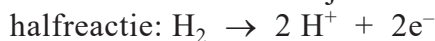
Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- gelijkmaken van de elektronen door reactie 1 en 4 in de juiste verhouding te laten verlopen 1
- de vier reacties in de juiste verhouding bij elkaar opgeteld 1
- gelijke deeltjes voor en na de pijl tegen elkaar weggestreept 1

22 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



Aan elektrode A worden elektronen afgestaan, dus elektrode A is de negatieve elektrode. / Elektrode A is de negatieve elektrode omdat hier de reductor reageert.

- halfreactie juist 1
- uitleg en conclusie consequent met de gegeven halfreactie 1

Opmerking

Wanneer in de halfreactie in plaats van een enkele pijl het evenwichtsteken staat, dit goed rekenen.

23 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

toelichting uitgangspunt 3:

- (Om de reacties in de reactor te laten verlopen hoeft geen steenkool verbrand te worden, dus) bij het nieuwe proces ontstaat minder CO_2 .
- Bij het nieuwe proces ontstaat geen NO_x / ontstaat geen CO .

toelichting uitgangspunt 6:

De waterstof en zuurstof die ontwijken uit de reactor worden in een brandstofcel weer omgezet tot elektrische stroom, die hergebruikt kan worden om de reactor van energie te voorzien.

- toelichting uitgangspunt 3 juist 1
- toelichting uitgangspunt 6 juist 1

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

Booglassen

24 maximumscore 2

- bindingstype: metaalbinding 1
- soort deeltjes: elektronen 1

Indien het volgende antwoord is gegeven:

bindingstype: ionbinding

soort deeltjes: (vrije/beweeglijke) ionen 1

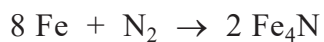
25 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$1811 - 273 = 1538 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

- smeltpunt ijzer juist: 1811 (K) 1
- omrekening naar $^\circ\text{C}$ juist 1

26 maximumscore 2



- juiste formules voor en na de pijl 1
- de elementbalans juist in een vergelijking met uitsluitend de juiste formules voor en na de pijl 1

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

27 maximumscore 2

Voorbeelden van juiste risico's zijn:

- brand/explosie veroorzaakt door waterstof
- brand/explosie veroorzaakt door koolstofmono-oxide
- vergiftiging veroorzaakt door koolstofmono-oxide / lichamelijke schade (na inademen) veroorzaakt door koolstofmono-oxide

- een risico met veroorzakende stof juist 1
- een tweede risico met veroorzakende stof juist 1

Opmerking

Als slechts twee risico's zijn gegeven zonder het bijbehorende gas, voor deze vraag geen scorepunten toekennen.

28 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Onderdeel A heeft een grootte van 0,35 cm.

Dit komt overeen met: $0,35 \times 73 = 25,6$ (nm).

$$25,6 \text{ nm} = 25,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Een ijzeratoom heeft een diameter van $252 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 0,252 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. (Een ijzeratoom is vele malen kleiner dan onderdeel A.) Onderdeel A is dus geen ijzeratoom.

- juiste berekening van de afmeting van onderdeel A: 25,6 nm, waarbij $21,9 \text{ nm} \leq A \leq 29,2 \text{ nm}$ 1
- vergelijken van de diameter van onderdeel A met die van een ijzeratoom in een gelijke eenheid en consequente conclusie 1

29 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Oxide-ionen hebben een lading van 2⁻ (en mangaan-ionen hebben een lading van 2⁺). Deze ionen hebben samen een lading van $(2+) + 4 \times (2-) = 6-$.

Een ijzer-ion in MnFe_2O_4 heeft daarom een lading van $\frac{6+}{2} = 3+$.

- berekening van de totale lading van een mangaan-ion en vier oxide-ionen 1
- consequente conclusie met betrekking tot de lading van een ijzer-ion 1

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

De ritmische-vlammenproef

30 maximumscore 2

- vanderwaalsbinding(en)/molecuulbinding(en) 1
- waterstofbrug(gen) 1

31 maximumscore 2

Voorbeelden van een juiste karakteristieke eigenschap zijn:

- Een katalysator wordt wel gebruikt, maar wordt niet verbruikt.
- Een katalysator verlaagt de activeringsenergie van een reactie.
- Een katalysator versnelt de reactie.

Voorbeelden van een juiste toelichting zijn:

- Waterstof, koolstofmono-oxide en koolstofdioxide bevatten geen platina-atomen (dus is platina bij deze reactie niet verbruikt).
- De reactieproducten zijn H₂, CO en CO₂.
Geen van deze reactieproducten bevat het element platina (dus platina zelf reageert netto niet mee).
- De reactieproducten bevatten uitsluitend de elementen C, H en O. (Platina wordt dus niet verbruikt.)

- juiste karakteristieke eigenschap gegeven 1
- juiste toelichting gegeven waaruit blijkt dat platina een katalysator is 1

32 maximumscore 4

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Het volume van formaldehyde in het lokaal is dan $156 \times 0,83 = 129 \text{ (cm}^3\text{)}$.

Het aantal mol formaldehyde is dan $\frac{129}{2,40 \cdot 10^4} = 5,40 \cdot 10^{-3} \text{ (mol)}$.

De massa in gram formaldehyde is dus $5,40 \cdot 10^{-3} \times 30,0 = 0,16 \text{ (g)}$

- juiste verwerking van het volume van het lokaal en de geurdrempel 1
- juiste verwerking van het volume van 1,00 mol formaldehydegas 1
- juiste verwerking van de molaire massa van formaldehyde 1
- significantie 1

of

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

De geurdrempel van $0,83 \text{ cm}^3$ per m^3 komt overeen met

$$\frac{0,83}{2,40 \cdot 10^4} = 3,46 \cdot 10^{-5} \text{ (mol) formaldehyde per } \text{m}^3.$$

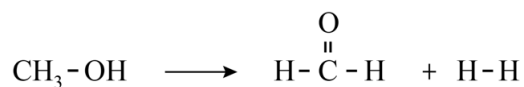
Dit komt overeen met $3,46 \cdot 10^{-5} \times 30,0 = 1,04 \cdot 10^{-3} \text{ (g) formaldehyde per } \text{m}^3$.

In het lokaal zit dus minimaal $1,04 \cdot 10^{-3} \times 156 = 0,16 \text{ (g) formaldehyde}$.

- juiste verwerking van het volume van $1,00 \text{ mol}$ formaldehydegas en de geurdrempel 1
- juiste verwerking van de molaire massa van formaldehyde 1
- juiste verwerking van het volume van het lokaal 1
- significantie 1

33 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- juiste structuurformule van formaldehyde na de pijl 1
- juiste structuurformules van methanol voor de pijl en van waterstof na de pijl en de coëfficiënten gelijk aan 1 1

34 maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

$$(2,39 - 1,09) \cdot 10^5 = 1,30 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}.$$

De bewering is dus juist.

of

De reactiewarmte van reactie 1 is:

$$-E_{\text{begin}} + E_{\text{eind}} = -(-2,39 \cdot 10^5) + (-1,09 \cdot 10^5) = 1,30 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

(De reactiewarmte is positief. / De reactie is endotherm.) De bewering is dus juist.

- juiste absolute waarden van de vormingswarmtes 1
- rest van de berekening 1
- consequente conclusie 1

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

35 maximumscore 2

Voorbeelden van een juiste waarneming zijn:

- De oplossing wordt troebel/wit.
- Er ontstaat een neerslag.
- Er wordt een vaste stof gevormd.

Een voorbeeld van een juiste verklaring is:

(Het ontstane) calciumcarbonaat is een slecht oplosbaar zout / lost slecht op in water.

- | | |
|-----------------------------|---|
| • juiste waarneming gegeven | 1 |
| • juiste verklaring gegeven | 1 |

Bronvermeldingen

Afval van PET

op basis van een artikel in het tijdschrift Waste Management, 2017 “Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste”, door K. Ragaert et al

De chemische recyclemethode: op basis van de United States Patent Application Publication (US 2018 / 0037710 A1) getiteld Polymer Degradation, door Hooghoudt et al

Ammoniak en mest

op basis van het document “Een luchtwasser, wat nu?” van Vemis

Groen cement

op basis van een artikel in het tijdschrift PNAS, 2020 “Toward electrochemical synthesis of cement - An electrolyzer-based process for decarbonating CaCO_3 while producing useful gas streams”, door L.D. Ellis et al

Booglassen

foto afkomstig uit The Welding Journal, 2005 “Chemical Analysis of Welding Fume Particles”, N.T. Jenkins, T. W. Eagar

Ritmische vlammenproef

naar nemokennislink.nl, 2017 “Studenten ontrafelen werking klassiek experiment”, door Renée Moezelaar

op basis van een artikel in het tijdschrift Journal of Chemical Education, 2017 “Misconceptions in the Exploding Flask Demonstration Resolved through Students’ Critical Thinking”, door R. Spierenburg et al

Overige figuren: Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023