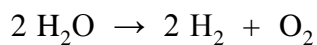


Power-to-gas

21 maximumscore 2



- uitsluitend H₂O voor de pijl en juiste coëfficiënten 1
- uitsluitend H₂ en O₂ na de pijl 1

22 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Met behulp van (groene) stroom (wordt water ontleed tot waterstof en zuurstof). Het is dus een endotherme reactie.
- Voor de elektrolyse/ontleding is elektrische energie/stroom nodig, dus het proces is endotherm.

- er is elektrische energie/stroom nodig 1
- (dus) endotherm 1

Indien een antwoord is gegeven als: „endotherm, want er is energie nodig.” 1

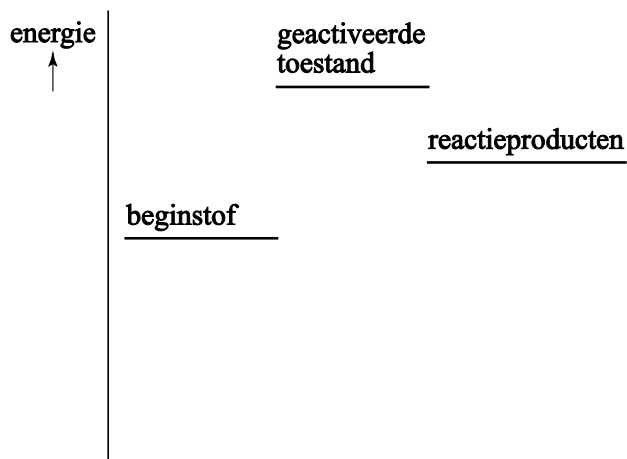
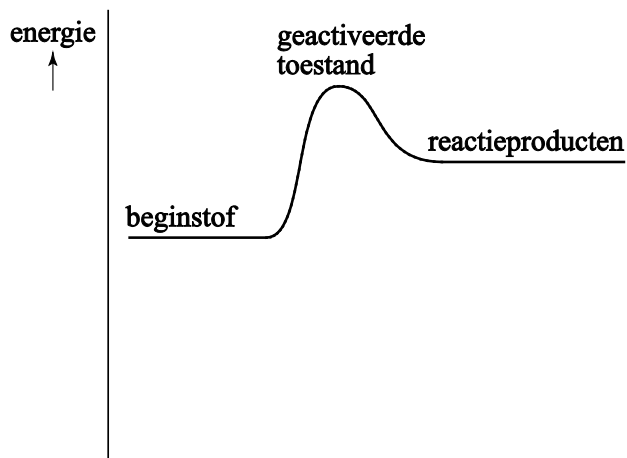
Indien een antwoord is gegeven als: „elektrische energie wordt omgezet in chemische energie, dus endotherm.” 1

Indien het antwoord „endotherm” is gegeven zonder toelichting of met een onjuiste toelichting 0

Indien een antwoord is gegeven als: „exotherm, want er komt energie vrij.” 0

23 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



- het niveau van de reactieproducten hoger weergegeven dan het niveau van de beginstof 1
- het niveau van de geactiveerde toestand als hoogste niveau weergegeven 1

Indien in een overigens juist antwoord bij één of meer van de zelf getekende energieniveaus geen bijschrift of een onjuist bijschrift is gezet 1

Opmerkingen

- Wanneer in plaats van het bijschrift „reactieproducten” de namen of formules van de reactieproducten zijn gegeven, dit niet aanrekenen.
- Wanneer in plaats van het bijschrift „geactiveerde toestand” het bijschrift „overgangstoestand” is gegeven, dit niet aanrekenen.
- Wanneer een onjuist antwoord op vraag 23 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 22, dit antwoord op vraag 23 goed rekenen.

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

24 maximumscore 3

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

$$\{(3,935 \cdot 10^5) - (0,75 \cdot 10^5) - (2 \times 2,42 \cdot 10^5)\} : 4 = -4,1 \cdot 10^4 \text{ (J per mol H}_2\text{)}$$

of

$$\{(-0,75 \cdot 10^5) + (2 \times -2,42 \cdot 10^5) - (-3,935 \cdot 10^5)\} : 4 = -4,1 \cdot 10^4 \text{ (J per mol H}_2\text{)}$$

- juiste verwerking van de vormingswarmte van koolstofdioxide:
+ $3,935 \cdot 10^5$ (J) 1
- juiste verwerking van de vormingswarmtes van methaan en (gasvormig) water: $-0,75 \cdot 10^5$ (J) en $2 \times -2,42 \cdot 10^5$ (J) 1
- de som van de verwerkte vormingswarmtes delen door 4 1

Indien in een overigens juist antwoord de factor 10^4 niet is vermeld 2

Indien in een overigens juist antwoord één of meer fouten zijn gemaakt in de plustekens en/of mintekens bij de verwerking van de vormingswarmtes 2

Indien in een overigens juist antwoord een andere waarde dan $0 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$ is gebruikt voor de vormingswarmte van waterstof 2

Opmerkingen

- *Wanneer een antwoord is gegeven als:
„ $\{(-0,75) + (2 \times -2,42) - (-3,935)\} : 4 = -4,1 \cdot 10^4 \text{ (J per mol H}_2\text{)}$ ”, dit goed rekenen.*
- *Bij deze berekening de significantie niet beoordelen.*

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

25 maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{(4 \times 2,016 + 44,010) - (80 : 10^2 \times 16,043)}{(80 : 10^2 \times 16,043)} = 3,1$$

of

$$\frac{((100 - 80) : 10^2 \times 16,043) + (2 \times 18,015)}{(80 : 10^2 \times 16,043)} = 3,1$$

- berekening van de massa van het gewenste product: 80(%) delen door 10²(%) en vermenigvuldigen met de molecuulmassa van methaan (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: 16,043 u) 1
- berekening van de massa van alle beginstoffen: de molecuulmassa van waterstof (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 2,016 u) vermenigvuldigen met 4 en optellen bij de molecuulmassa van koolstofdioxide (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: 44,010 u) 1
- berekening van de E-factor: de massa van het gewenste product aftrekken van de massa van alle beginstoffen en delen door de massa van het gewenste product 1

of

- berekening van de massa van het gewenste product: 80(%) delen door 10²(%) en vermenigvuldigen met de molaire massa van methaan (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: 16,043 g mol⁻¹) 1
- berekening van de massa van het verlies: 100(%) verminderd met 80(%) delen door 10²(%) en vermenigvuldigen met de molaire massa van methaan (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: 16,043 g mol⁻¹) en optellen bij de molaire massa van water (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 18,015 g mol⁻¹) vermenigvuldigd met 2 1
- berekening van de E-factor: de massa van het verlies delen door de massa van het gewenste product 1

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

26 maximumscore 3

- A: water
- B: zuurstof
- C: waterstof
- D: biomassa
- E: synthesegas / waterstofgas en koolstofmonoïoxide
- F: koolstofdioxide
- G: methaan

- A, B en C juist 1
- D en E juist 1
- F en G juist 1

Opmerkingen

- Wanneer bij G „aardgas” is gegeven in plaats van „methaan”, dit niet aanrekenen.
- Wanneer in plaats van de juiste namen de juiste formules zijn gegeven, dit niet aanrekenen.

27 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist argument voor Pia zijn:

- Bij elke omzetting treden (energie)verliezen op.
- Methanisering is exotherm, dus er raakt energie verloren (bij de energieopslag).

Voorbeelden van een juist argument voor Koen zijn:

- Methaan is gemakkelijk op te slaan in het aardgasnet (terwijl het opslaan van waterstof kostbaar is en veel energie kost).
- Het opslaan van waterstof (is kostbaar en) kost veel energie (terwijl methaan gemakkelijk is op te slaan in het aardgasnet).
- Methaan kan zowel voor vervoersmiddelen als voor (huishoudelijke) gastoestellen worden gebruikt (terwijl waterstof alleen voor vervoersmiddelen wordt ingezet als brandstof).
- Er is geen opslagnetwerk voor waterstof beschikbaar (en wel voor methaan).
- Methaan kan gemakkelijk worden opgeslagen en vervoerd in het aardgasnet (en voor waterstof is zo'n netwerk niet beschikbaar).

- juist argument voor Pia 1
- juist argument voor Koen 1

Indien een argument voor Pia is gegeven als: „Waterstof geeft geen CO₂ bij verbranding (en methaan wel).”, hiervoor geen scorepunt toekennen.

Opmerking

Wanneer een argument voor Koen is gegeven als: „Bij de omzetting van waterstof in methaan wordt CO₂ vastgelegd (en CO₂ is een broeikasgas).”, dit beoordelen als een juist argument.