

Beoordelingsmodel

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

Bacteriën maken aniline uit suiker

1 maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

$$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$$
$$\frac{93,1}{78,1 + 63,0 + 3 \times 2,02} = 0,633 \text{ (63,3\%)}$$

of

$$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$$
$$\frac{93,1}{93,1 + 3 \times 18,0} = 0,633 \text{ (63,3\%)}$$

- optellen van reactie 1 en 2 in de verhouding 1:1 1
- gelijke deeltjes voor en na de pijl weggestreept 1
- de molaire massa's juist 1
- consequente verwerking van de coëfficiënten en de rest van de berekening 1

Opmerking

Als, bij een ontbrekend antwoord op de eerste deelvraag, de atoomeconomie van reactie 2 juist is berekend, deze berekening van de atoomeconomie goed rekenen.

2 maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Deze stof is bijtend/corrosief.
- Deze stof geeft brand- en explosiegevaar.

3 maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

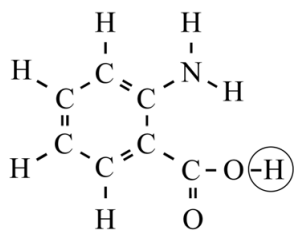
$$\text{pOH} = 14,00 - 7,5 = 6,5$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-6,5} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}.$$

- berekening van de pOH 1
- omrekening naar de $[\text{OH}^-]$ 1
- significantie 1

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

4 maximumscore 1



5 maximumscore 2

- waterstofbrug
- vanderwaalsbinding/molecuulbinding

1
1

6 maximumscore 1

(verschil in) dichtheid

7 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:
De kookpunten zijn verschillend dus destillatie.

- uitleg aan de hand van de kookpunten
- consequente conclusie

1
1

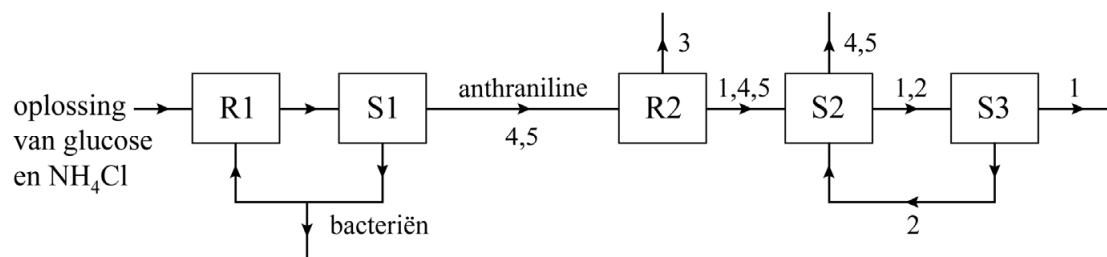
indien het volgende antwoord is gegeven:
De kookpunten zijn verschillend dus indampen.

1

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

8 maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- de blokken S2 en S3 getekend en juist verbonden met R2 1
- nummers 1 en 3 juist weergegeven 1
- nummers 4 en 5 juist weergegeven 1
- nummer 2 juist weergegeven, inclusief gesloten recirculatie van nummer 2 1

Opmerkingen

- Als in plaats van nummers, juiste formules of stofnamen zijn gegeven, dit niet aanrekenen.
- Als nummers zijn gezet bij de reeds weergegeven stofstromen, dit niet beoordelen.
- Als bij S2 ook een instroom van nummer 2 van buiten is getekend, dit niet aanrekenen mits elders in het blokschema een uitstroom van nummer 2 is getekend.

Zeewater-accu

9 maximumscore 2

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

De molariteit Na^+ -ionen is $470 \times 10^{-3} = 4,70 \cdot 10^{-1} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$.

De concentratie Na^+ -ionen is dan $4,70 \cdot 10^{-1} \times 23,0 = 10,8 \text{ (g L}^{-1}\text{)}$.

of

De concentratie Na^+ -ionen is $470 \times 23,0 = 1,08 \cdot 10^4 \text{ (mg L}^{-1}\text{)}$.

De concentratie Na^+ -ionen is dan $1,08 \cdot 10^4 \times 10^{-3} = 10,8 \text{ (g L}^{-1}\text{)}$.

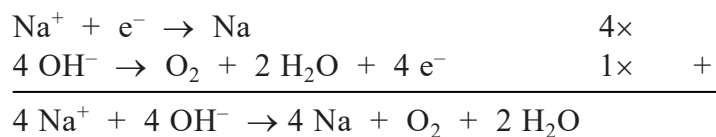
- juiste verwerking van de molaire massa van Na^+ 1
- de rest van de berekening 1

10 maximumscore 1

CF_3SO_3^-

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

11 maximumscore 2



- de halfreactie van Na^+ juist 1
- beide halfreacties in de juiste verhouding opgeteld en elektronen weggestreept 1

12 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

In halfreactie 1 staan elektronen na de pijl en reageert dus een reductor.

Bij opladen reageert dus een oxidator aan de koolstofelektrode.

- juist verband gegeven tussen opnemen/afstaan van elektronen en oxidator/reductor 1
- inzicht dat halfreactie 1 moet worden omgekeerd en consequente conclusie 1

of

Bij stroomlevering draait halfreactie 1 om. Aan de koolstofelektrode worden dan elektronen opgenomen en reageert dus een oxidator.

- inzicht dat bij stroomlevering halfreactie 1 moet worden omgekeerd 1
- juist verband gegeven tussen opnemen/afstaan van elektronen en consequente conclusie 1

13 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



H220 is van toepassing op de stof: waterstof/ H_2

- de reactie juist 1
- waterstof/ H_2 1

Opmerking

Als NaOH is genoteerd als $\text{Na}^+ + \text{OH}^-$, dit goed rekenen.

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

14 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

(Het deeltje dat in halfreactie 3 elektronen opneemt:) Na^+

In Na_3Sb is een metaalrooster aanwezig.

- Na^+ 1
- metaalrooster 1

indien het volgende antwoord is gegeven: 1

(Het deeltje dat in halfreactie 3 elektronen opneemt:) Sb

In Na_3Sb is een ionrooster aanwezig.

15 maximumscore 4

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Per mol Sb_2S_3 wordt 12 mol elektronen overgedragen. De energie die per mol Sb_2S_3 wordt geleverd, is $12 \times 51 = 6,12 \cdot 10^2$ (Wh mol⁻¹).

De energie die per gram Sb_2S_3 wordt geleverd, is $\frac{6,12 \cdot 10^2}{340} = 1,80$ (Wh g⁻¹).

De energiedichtheid van Sb_2S_3 is $1,80 \times 10^3 = 1,8 \cdot 10^3$ (Wh kg⁻¹).

- inzicht dat 12 mol elektronen per mol Sb_2S_3 worden overgedragen 1
- juiste verwerking van de hoeveelheid energie van 1 mol elektronen 1
- de rest van de berekening 1
- significantie 1

of

De chemische hoeveelheid Sb_2S_3 per kilogram is $\frac{1,0 \cdot 10^3}{340} = 2,94$ (mol).

De chemische hoeveelheid elektronen die per kg Sb_2S_3 kan worden geleverd is $2,94 \times 12 = 3,53 \cdot 10^1$ (mol).

De energiedichtheid van Sb_2S_3 is $3,53 \cdot 10^1 \times 51 = 1,8 \cdot 10^3$ (Wh kg⁻¹).

- berekening van de chemische hoeveelheid Sb_2S_3 per kg Sb_2S_3 1
- inzicht dat 12 mol elektronen per mol Sb_2S_3 worden overgedragen 1
- de rest van de berekening 1
- significantie 1

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

16 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De dikte van het naaldje bij letter k is 10,5 mm ($10,0 \leq \text{dikte} \leq 11,0$).

De lengte van het maatbalkje is 13,0 mm ($12,5 \leq \text{lengte} \leq 13,5$).

De dikte van het naaldje is $\frac{200}{13,0} \times 10,5 = 1,62 \cdot 10^2$ (nm).

De dikte is $\frac{1,62 \cdot 10^2}{0,37} = 4,4 \cdot 10^2$ (atomen).

- berekening van de dikte van het naaldje 1
- omrekening naar het aantal atomen 1

17 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Bij gebruik van naaldjes ontstaat een open structuur. / Er zit ruimte tussen de naaldjes. Hierdoor kunnen Na^+ -ionen een groter gedeelte van de elektrode bereiken en worden in totaal meer elektronen opgenomen. De accu kan dus meer energie opslaan.
- Het gedeelte van de elektrode waarin Na^+ -ionen kunnen doordringen is bij gebruik van naaldjes in verhouding groter, zodat er in totaal meer elektronen kunnen worden opgenomen. De accu kan dus meer energie opslaan.
- Het gedeelte van de elektrode waarin Na^+ -ionen niet kunnen doordringen is bij gebruik van naaldjes kleiner geworden. Er vinden meer reacties plaats tussen Na^+ -ionen en het elektrodemateriaal (en dus wordt er meer energie opgeslagen). De accu kan dus meer energie opslaan.
- inzicht dat Na^+ -ionen een groter gedeelte van de elektrode kunnen bereiken 1
- inzicht dat er meer elektronen kunnen worden opgenomen en conclusie 1

Stikstofbindende bacteriën maken etheen

18 maximumscore 1

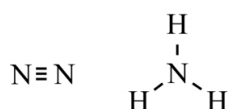
eiwitten

Opmerking

Het volgende antwoord hier goed rekenen: aminozuren.

19 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



per structuurformule

1

Opmerking

De bindingshoeken niet beoordelen.

20 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- De omzetting verloopt bij een lagere temperatuur dan in de industrie. De activeringsenergie van de reactie is dus verlaagd. Dit komt door de aanwezigheid van enzymen / een (bio)katalysator (die de reactie katalyseren/katalyseert).
- (De omzetting van stikstof (en waterstof) tot ammoniak heeft een zeer hoge activeringsenergie.) De omzetting in de bacteriën verloopt onder invloed van enzymen, waardoor de activeringsenergie wordt verlaagd.

- inzicht dat de activeringsenergie wordt verlaagd

1

- inzicht dat enzymen / een (bio)katalysator de reactie mogelijk maken/maakt

1

Indien een antwoord is gegeven als:

1

De omzetting in de bacteriën verloopt onder invloed van enzymen, waardoor de activeringsenergie kan worden overbrugd.

21 maximumscore 2

Voorbeelden van een goed te rekenen reactievergelijking zijn:

- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

- NH_3 en H_2O voor de pijl en NH_4^+ na de pijl

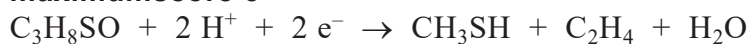
1

- OH^- na de pijl en de elementbalans

1

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

22 maximumscore 3



- H^+ voor de pijl 1
- e^- aan dezelfde kant van de pijl als H^+ 1
- elementbalans en ladingsbalans juist bij uitsluitend juiste formules voor en na de pijl 1

indien het volgende antwoord is gegeven: 2



23 maximumscore 3

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Het volume etheen dat in het buisje ontstaat, is

$$3 \cdot 10^{-2} \times 10^{-6} \times 24 \times 10^3 = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Het volume grond waarbij de wortelgroei net niet wordt verstoord, is

$$\frac{7,2 \cdot 10^{-4}}{0,1} \times 10^3 = 7 \text{ (dm}^3\text{)}.$$

- berekening van het volume etheen dat ontstaat 1
- omrekening naar het volume grond 1
- omrekening van μmol naar mol en omrekening van volume-eenheden 1

of

De chemische hoeveelheid etheen per m^3 grond bij de drempelwaarde is

$$\frac{0,1 \times 10^{-3}}{24} = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ (mol)}. \text{ Dit komt overeen met } 4,2 \mu\text{mol per m}^3, \text{ ofwel}$$

$$4,2 \cdot 10^{-3} \mu\text{mol per dm}^3.$$

Het volume grond waarbij de wortelgroei net niet wordt verstoord, is

$$\frac{3 \cdot 10^{-2}}{4,2 \cdot 10^{-3}} = 7 \text{ (dm}^3\text{)}.$$

- omrekening van de drempelwaarde van etheen naar de chemische hoeveelheid etheen 1
- omrekening naar het volume grond 1
- omrekening van mol naar μmol en omrekening van volume-eenheden 1

Opmerking

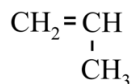
Een fout in de omrekening van eenheden hier slechts eenmaal aanrekenen.

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

Mondkapjes

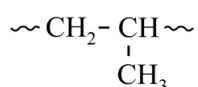
24 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- de structuurformule bevat het fragment C=C 1
- de rest van de structuurformule 1

Indien het volgende antwoord is gegeven: 1



25 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De ketens van polymeer A bevatten alleen C- en H-atomen / bevatten geen OH- en geen NH-groepen. De stof is dus / De ketens zijn dus hydrofoob/apolair (waardoor watermoleculen niet kunnen binden).

- Ketens van polymeer A bevatten alleen C- en H-atomen / bevatten geen OH- en geen NH-groepen. 1
- inzicht dat polymeer A / dat de ketens hydrofoob/apolair is/zijn 1

26 maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- $\text{Mg}(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2$
- $\text{Mg}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$

27 maximumscore 2

Voorbeelden van een juiste stofeigenschap zijn:

- Polymeer A kan smelten/vloeibaar worden.
- Polymeer A wordt vervormbaar bij verwarmen.

Voorbeelden van een juist kenmerk op microniveau zijn:

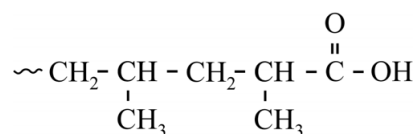
- Polymeer A is een ketenpolymeer / bestaat uit losse ketens.
- Er zijn geen crosslinks aanwezig (in polymeer A) / Moleculen/ketens van polymeer A vormen geen netwerk.

- juiste stofeigenschap 1
- juist kenmerk op microniveau 1

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

28 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- de carboxylgroep juist 1
- de rest van het fragment en het begin van de keten weergegeven met ~ 1

29 maximumscore 3

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Een mondkapje bevat $\frac{2,45}{42,1} = 5,82 \cdot 10^{-2}$ (mol) eenheden polymeer A.

Bij verbranding ontstaat per mondkapje $5,82 \cdot 10^{-2} \times 3 = 1,75 \cdot 10^{-1}$ (mol) CO_2 .

De massa CO_2 per mondkapje is $1,75 \cdot 10^{-1} \times 44,0 = 7,68$ (g).

De totale massa CO_2 is $7,68 \times 2,0 \cdot 10^9 \times 10^{-6} = 1,5 \cdot 10^4$ (ton).

of

De totale massa van polymeer A die werd verbrand is

$2,0 \cdot 10^9 \times 2,45 = 4,90 \cdot 10^9$ (gram).

De chemische hoeveelheid repeterende eenheden in polymeer A is

$\frac{4,90 \cdot 10^9}{42,1} = 1,16 \cdot 10^8$ (mol).

Bij verbranding ontstaat $3 \times 1,16 \cdot 10^8 = 3,49 \cdot 10^8$ (mol) CO_2 .

De massa CO_2 is $3,49 \cdot 10^8 \times 44,0 = 1,54 \cdot 10^{10}$ (g).

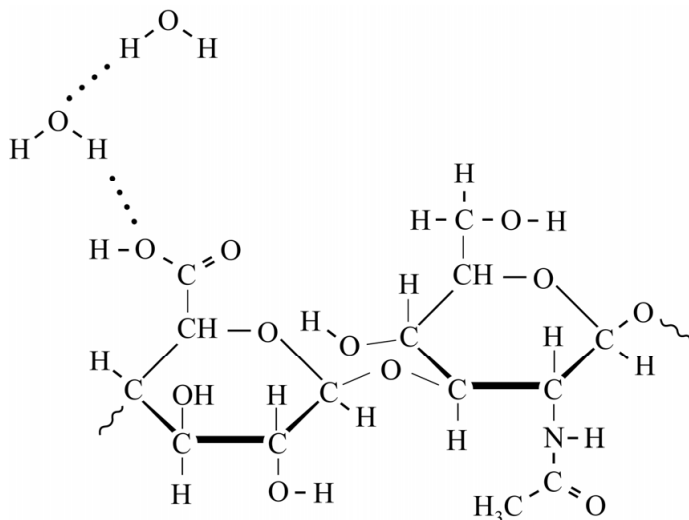
Het aantal ton CO_2 is dus $1,54 \cdot 10^{10} \times 10^{-6} = 1,5 \cdot 10^4$ (ton).

- juiste verwerking van de molaire massa van de repeterende eenheid van polymeer A en van de molaire massa van CO_2 1
- juiste verwerking van de molverhouding 1
- de rest van de berekening 1

Hyaluronzuur in fillers

30 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- watermolecuul getekend dat met een waterstofbrug direct gebonden is aan het fragment hyaluronzuur 1
- tweede watermolecuul getekend dat met een waterstofbrug gebonden is aan het andere watermolecuul 1

Opmerking

Als meer dan twee waterstofbruggen zijn getekend, per onjuiste waterstofbrug één scorepunt in mindering brengen.

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

31 maximumscore 2

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

De chemische hoeveelheid repeterende eenheden in 1,0 gram HyZ is

$$\frac{1,0}{379} = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ (mol)}.$$

De chemische hoeveelheid water die gebonden wordt, is $\frac{44}{18,0} = 2,44 \text{ (mol)}$.

Dus het aantal watermoleculen dat elke repeterende eenheid kan binden, is

$$\frac{2,44}{2,64 \cdot 10^{-3}} = 9,3 \cdot 10^2.$$

- berekening van de chemische hoeveelheid water en repeterende eenheden in HyZ 1
- omrekening naar het aantal moleculen water per repeterende eenheid HyZ 1

of

De massa van watermoleculen die worden gebonden aan één repeterende eenheid HyZ, is $44 \times 379 = 1,67 \cdot 10^4 \text{ (u)}$.

Dus het aantal watermoleculen dat elke repeterende eenheid kan binden, is

$$\frac{1,67 \cdot 10^4}{18,0} = 9,3 \cdot 10^2.$$

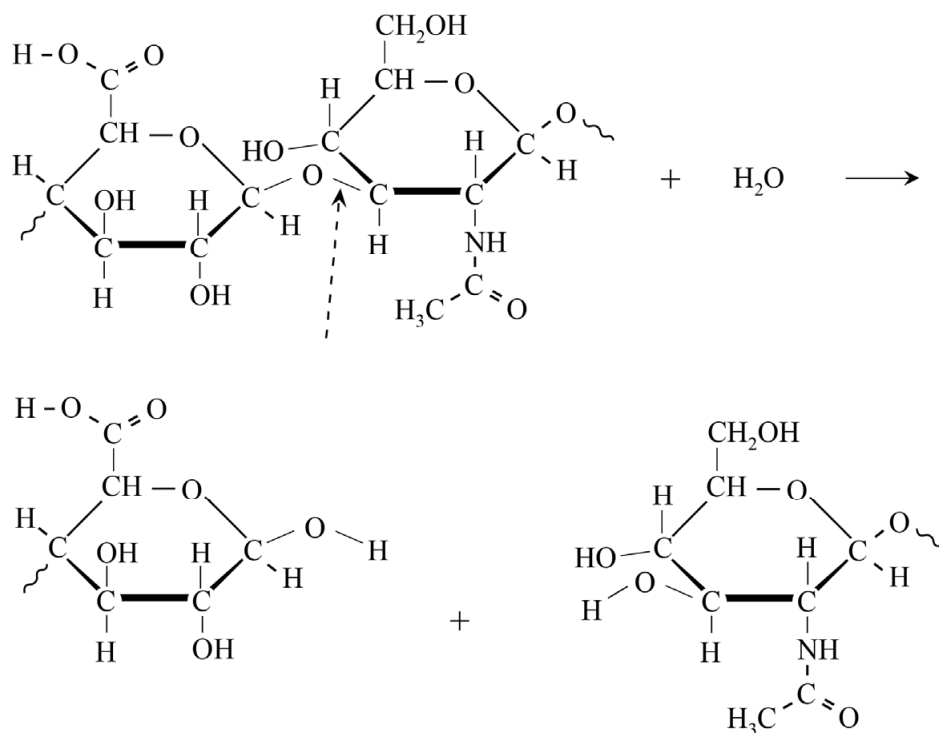
- berekening van de massa van watermoleculen die worden gebonden aan één repeterende eenheid HyZ 1
- omrekening naar het aantal moleculen water per repeterende eenheid HyZ 1

Opmerking

Als in de berekening van de chemische hoeveelheid repeterende eenheden HyZ ook de massa van de uiteinden wordt meegenomen, dit niet beoordelen.

32 maximumscore 3

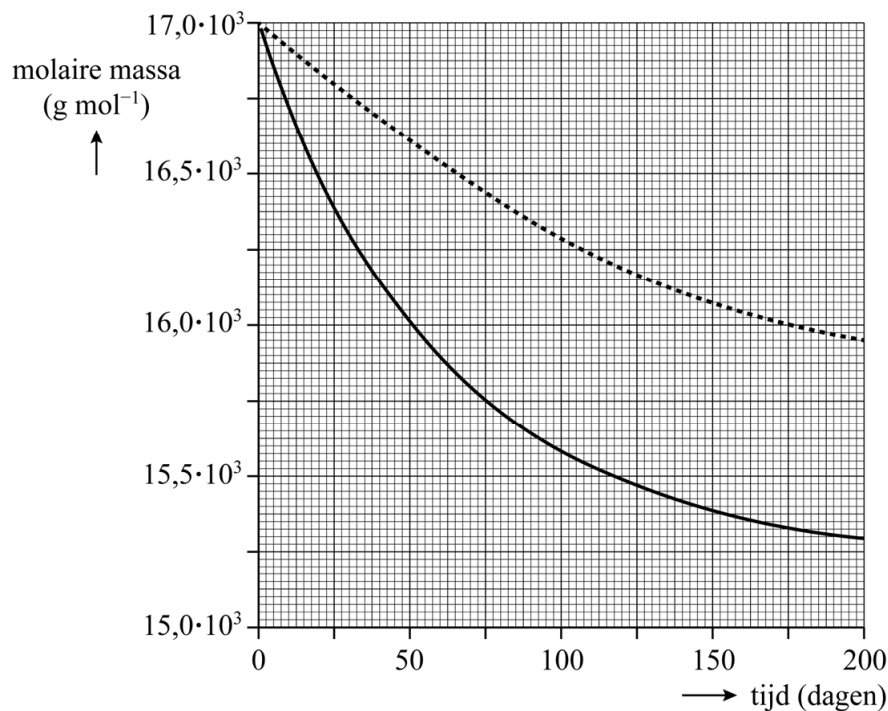
Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- de formule van water voor de pijl 1
- na de pijl de binding tussen de ringen verbroken en aan weerszijden van de verbroken binding een hydroxylgroep getekend 1
- de rest van de structuurformules na de pijl juist 1

33 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- de geschetste lijn begint in $17,0 \cdot 10^3$ en eindigt hoger dan de lijn voor de afbraak bij kamertemperatuur 1
- de geschetste lijn heeft de juiste vorm 1

34 maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Hyaluronidase / Het enzym is specifiek voor hyaluronzuur (en kan dus niet hyaluronzuur met crosslinks afbreken).
- Hyaluronidase / Het enzym katalyseert maar één soort reactie (en kan dus de crosslink niet afbreken).
- De vorm van hyaluronzuur / de beginstof is veranderd, waardoor het enzym niet meer past.
- Er past alleen maar hyaluronzuur / één soort deeltje (de sleutel) op het enzym/hyaluronidase (het slot).

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

35 maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

De molaire massa van BDDE is 202 (g mol⁻¹).

De massa van 1,0 · 10⁻⁵ mol BDDE is 1,0 · 10⁻⁵ × 202 = 2,02 · 10⁻³ (g).

De massa van 1,0 liter filler is (1,0 × 10³ ⇒) 1,0 · 10³ (g).

De veilige grens in de filler is dus: $\frac{2,02 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 10^3} \times 10^6 = 2,0$ (massa-ppm).

of

De molaire massa BDDE = 202 (g mol⁻¹).

De massa van 1,0 · 10⁻⁵ mol BDDE is 1,0 · 10⁻⁵ × 202 × 10³ = 2,02 (mg).

De massa van 1,0 liter filler is (1,0 × 10³ × 10⁻³ ⇒) 1,0 (kg).

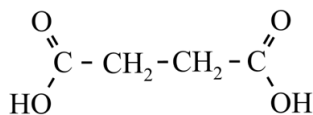
Massa-ppm is het aantal mg per kg.

De veilige grens in de filler is dus 2,0 (massa-ppm).

- de molaire massa van BDDE juist 1
- berekening van de massa BDDE 1
- omrekening naar het gehalte in massa-ppm 1

36 maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- een koolstofketen met vier koolstofatomen getekend 1
- de structuurformule bevat een carboxylgroep 1
- een tweede carboxylgroep en de rest van de structuurformule juist 1

Bronvermeldingen

Bacteriën maken aniline uit suiker

Opgave op basis van patent: <https://patents.google.com/patent/EP3470525B1/en>

Zeewater-accu

Opgave op basis van Arnold, S., Wang, L., & Presser, V. (2022). Dual-Use of Seawater Batteries for Energy Storage and Water Desalination. *Small*, 18(43).

figuur 2b Hou, H., Jing, M., Huang, Z., Yang, Y., Zhang, Y., Chen, J., Wu, Z., & Ji, X. (2015). One-Dimensional Rod-Like Sb₂S₃-Based Anode for High-Performance Sodium-Ion Batteries. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(34), 19362–19369.

Stikstofbindende bacteriën maken etheen

Opgave op basis van North, J. A., Miller, A. R., Wildenthal, J. A., Young, S. J., & Tabita, F. R. (2017). Microbial pathway for anaerobic 5'-methylthioadenosine metabolism coupled to ethylene formation. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 114(48).

Mondkapjes

figuur 1 Topuria Design, Shutterstock (1819609211)

Hyaluronzuur in fillers

Opgave op basis van Simulescu, V., Mondek, J., Kalina, M., & Pekař, M. (2015). Kinetics of long-term degradation of different molar mass hyaluronan solutions studied by SEC-MALLS. *Polymer Degradation And Stability*, 111, 257–262.

Alle overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2025