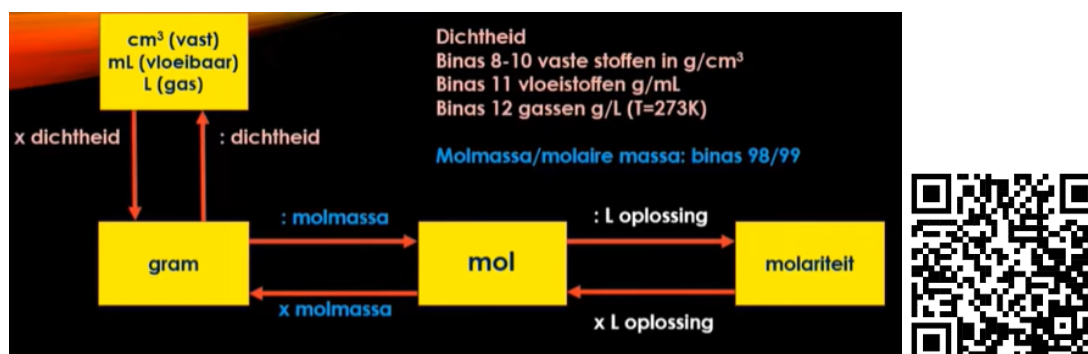


Voorbeeldexamen vragen chemisch rekenen

[Het molschema, rekenen in de scheikunde met molaire massa, molariteit en dichtheid \(youtube.com\)](#)



[uitleg van onderstaande opgaven](#)



Opgave 1 (2015 I 16+17+30 +21)

Thermoplastisch zetmeel (in deze opgave verder TPS genoemd) is een kunststof die onder andere als verpakkingsmateriaal voor groenten wordt gebruikt. TPS wordt bereid uit aardappelzetmeel, water en een weekmaker. In een extruder wordt het zetmeel grondig gemengd met water en de weekmaker. De gemiddelde molaire massa van zetmeel neemt hierbij door hydrolyse af van $3,7 \cdot 10^7 \text{ g mol}^{-1}$ tot $1,9 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$ in TPS. Het gevormde TPS kan worden gesmolten en verwerkt.

a Bereken het gemiddelde aantal monomeereenheden in een molecuul zetmeel met een gemiddelde molaire massa van $3,7 \cdot 10^7 \text{ g mol}^{-1}$. Ga er bij de beantwoording van deze vraag van uit dat zetmeel alleen uit amylose bestaat.

b Bereken hoeveel gram water wordt verbruikt als 100 g zetmeel wordt omgezet tot TPS.

TPS kan worden toegepast als verpakkingsmateriaal. Veel verpakkingen zijn gemaakt van polystyreen (polyfenyletheen). De uitstoot van CO₂ bij de productie en het gebruik van een bepaald verpakkingsmateriaal is veel lager wanneer TPS wordt toegepast in plaats van polystyreen. Dit verschil wordt onder andere veroorzaakt door een veel groter energieverbruik tijdens de productie van polystyreen uit de grondstof aardolie. Ook in het stadium dat de verpakking als afval wordt weggegooid, is er een verschil. Wanneer polystyreen wordt verbrand, levert dat een veel grotere uitstoot van CO₂ op dan wanneer een even grote massa TPS wordt verbrand. Bij volledige verbranding van 1,0 kg TPS bedraagt de CO₂-uitstoot 1,6 kg.

c Geef de vergelijking voor de volledige verbranding van polystyreen. Gebruik molecuulformules.

d Bereken hoeveel procent de theoretische besparing in CO₂-uitstoot bij volledige verbranding is wanneer men 1,0 kg polystyreen vervangt door 1,0 kg TPS.

Opgave 2 (2015 I 22 +23)

Beton wordt gemaakt uit cement, water, zand en grind. Het cement gaat een reactie aan met water, waardoor onder andere calciumhydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ontstaat. Er ontstaat een hard materiaal. Door een overmaat aan water bevat beton ook met water gevulde poriën. De poriën in beton bevatten onder andere een verzadigde oplossing van calciumhydroxide. Er stelt zich het volgende evenwicht in: $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^-$ (evenwicht 1)

a Geef de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1.

b Bereken de pH van dit poriewater ($T = 298 \text{ K}$). Neem aan dat alleen het opgeloste calciumhydroxide de pH bepaalt. Gebruik Binas-tabel 46; de onder K_s gegeven waarden zijn de waarden voor de betreffende evenwichtsconstanten.

Opgave 3 (2015 I)

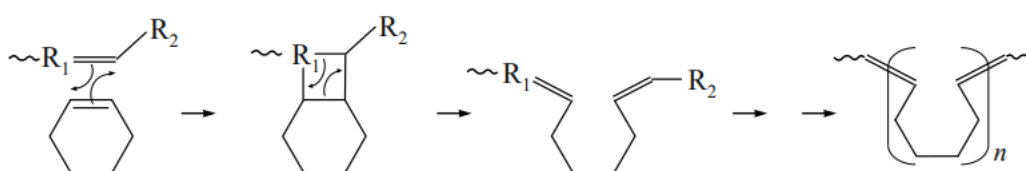


norborneen

Norborneen polymeriseert volgens een zogeheten ROMP-reactie. Deze polymerisatie van norborneen verloopt hierbij op vergelijkbare wijze als de polymerisatie van cyclohexeen. De polymerisatie van cyclohexeen volgens een ROMP-reactie is in figuur 2 schematisch weergegeven.

De atoomgroep $\sim\text{R}_1=\text{CH}-\text{R}_2$ katalyseert de polymerisatie.

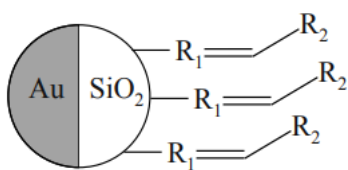
figuur 2



a. Geef een gedeelte uit het midden van een molecuul polynorborneen in schematische structuurformule weer. Dit gedeelte moet zijn ontstaan uit twee norborneen-eenheden.

In figuur 3 is een onderzochte nanomotor weergegeven. Een nanomotor bestaat uit een klein bolletje siliciumdioxide. Op 50% van het oppervlak zijn de katalysatormoleculen bevestigd waar zich polymeerketens vormen. Het andere deel is bedekt met goud. De polymerisatiereactie zorgt voor de voortbeweging van de nanomotor.

figuur 3



Een student brengt een hoeveelheid nanomotors in een oplossing van norborneen. Na verloop van 25 seconden analyseert hij het gevormde polymeer en stelt vast dat de gemiddelde ketenlengte van de polymeerketens $3,6 \cdot 10^2$ eenheden bedraagt.

b Bereken de gemiddelde molecuulmassa van de gevormde polymeerketens. Neem aan dat de massa van de katalysatordeeltjes verwaarloosd mag worden.

De omzettingsfrequentie geeft aan hoeveel moleculen norborneen er per seconde worden gekoppeld per nanomotor. Hoe hoger de omzettingsfrequentie, hoe sneller de motor kan bewegen.

c Bereken de gemiddelde omzettingsfrequentie voor de onderzochte nanomotor tussen 0 en 25 seconden. Maak gebruik van eerder in deze opgave verstrekte gegevens en onderstaande gegevens.

- Het totale oppervlak van het siliciumbolletje is $2,90 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$
- Er bevindt zich $1,0 \cdot 10^{-10} \text{ mol cm}^{-2}$ katalysatoren op het SiO_2 deel van een nanomotor.

Opgave 4 (2014 I)

De mercaptopropylgroep ($\sim \text{C}_3\text{H}_6\text{-SH}$) is geschikt om metaalionen te binden. In een experiment is gemeten hoeveel procent van de aanwezige metaalionen uit een oplossing werd gebonden aan deze aerogel. Bij dit experiment werden oplossingen gebruikt die $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cu}^{2+}$ of $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ Hg}^{2+}$ bevatten. Uit de resultaten van dit experiment bleek dat voor het volledig uit de oplossing verwijderen van deze ionen per mL oplossing ongeveer drie keer zoveel aerogel nodig is voor het verwijderen van de Cu^{2+} ionen als voor de Hg^{2+} ionen.

a Leg uit waarom per mL oplossing ongeveer drie keer zoveel aerogel nodig is voor het verwijderen van Cu^{2+} als voor Hg^{2+} . Neem aan dat Cu^{2+} en Hg^{2+} op eenzelfde manier aan de mercaptopropylgroepen binden.

Voor het verwijderen van de kwikionen uit 1,0 mL oplossing was in het experiment 0,60 mg aerogel nodig. De verhoudingsformule van de gebruikte aerogel is $(\text{C}_3\text{H}_7\text{S})\text{Si}_4\text{O}_7$. Eén kwik(II)ion bindt aan twee mercaptopropylgroepen.

b. Bereken hoeveel procent van het maximale aantal bindingsplekken in deze aerogel bezet is, wanneer de kwik(II)ionen uit 1,0 mL van een oplossing van $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ Hg}^{2+}$ zijn verwijderd. Neem aan dat 100% van de kwik(II)ionen is verwijderd.

Antwoorden

Opgave 1

a

$$\frac{3,7 \cdot 10^7}{162,1} = 2,3 \cdot 10^5 \text{ (monomeereenheden)}$$

b

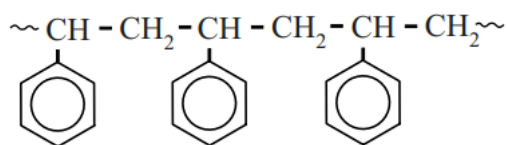
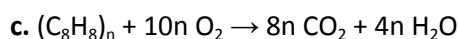
Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

$$\left(\frac{100}{3,7 \cdot 10^7} \times \left(\frac{3,7 \cdot 10^7}{1,9 \cdot 10^6} - 1 \right) \right) \times 18,02 = 9,0 \cdot 10^{-4} \text{ (g)}$$

en

$$\left(\frac{100}{3,7 \cdot 10^7} \times \left(\frac{2,3 \cdot 10^5}{\frac{1,9 \cdot 10^6}{162,1}} - 1 \right) \right) \times 18,02 = 9,0 \cdot 10^{-4} \text{ (g)}$$

- berekening van het aantal mol zetmeel in 100 g: 100 (g) delen door de molaire massa van zetmeel 1
- berekening van het aantal mol water dat wordt gebruikt om 1 mol zetmeel om te zetten tot TPS: de gemiddelde molaire massa van zetmeel delen door de gemiddelde molaire massa van TPS en de uitkomst verminderen met 1 1
- berekening van het aantal mol water dat wordt gebruikt om 100 g zetmeel om te zetten tot TPS: het aantal mol zetmeel in 100 g vermenigvuldigen met het aantal mol water dat nodig is om 1 mol zetmeel om te zetten tot TPS 1
- berekening van het aantal gram water dat wordt gebruikt om 100 g zetmeel om te zetten tot TPS: het aantal mol water dat wordt gebruikt om 100 g zetmeel om te zetten tot TPS vermenigvuldigen met de molaire massa van water (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: $18,02 \text{ g mol}^{-1}$) 1



is polystyreen, de repeterende eenheid: C_8H_8

d.

$$\frac{\frac{1,0 \cdot 10^3}{104,1} \times 8 \times \frac{44,01}{10^3} - 1,6}{\frac{1,0 \cdot 10^3}{104,1} \times 8 \times \frac{44,01}{10^3}} \times 10^2 = 53(\%)$$

- berekening van het aantal mol CO₂ dat ontstaat als 1,0 kg polystyreen volledig wordt verbrand: 1,0(kg) vermenigvuldigen met 10³ (g kg⁻¹) en delen door de molaire massa van een styreen-eenheid (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 104,1 g mol⁻¹) en vermenigvuldigen met 8 1
- berekening van het aantal kg CO₂ dat kan ontstaan bij de volledige verbranding van 1,0 kg polystyreen: het aantal mol CO₂ vermenigvuldigen met de molaire massa van CO₂ (bijvoorbeeld via Binas-tabel 98: 44,01 g mol⁻¹) en delen door 10³ (g kg⁻¹) 1
- berekening van de procentuele besparing in CO₂-uitstoot: 1,6 (kg) aftrekken van het aantal kg CO₂ dat ontstaat uit 1,0 kg polystyreen, vervolgens delen door het aantal kg CO₂ dat ontstaat uit 1,0 kg polystyreen en vermenigvuldigen met 10²(%) 1

Opgave 2

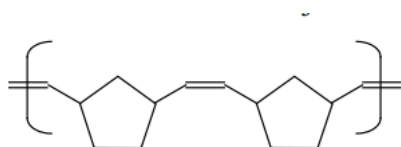
a $K = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2$

b

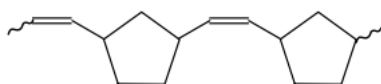
$$14,00 - \left(-\log \sqrt[3]{2 \times 4,7 \cdot 10^{-6}} \right) = 12,32$$

Opgave 3

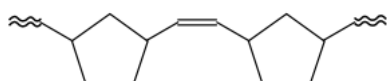
a



of



of



b

$$94,15 \times 3,6 \cdot 10^2 = 3,4 \cdot 10^4 \text{ u}$$

c

$$\frac{2,90 \cdot 10^{-8} \times \frac{50}{10^2} \times 1,0 \cdot 10^{-10} \times 6,02214 \cdot 10^{23} \times 3,6 \cdot 10^2}{25} = 1,3 \cdot 10^7 \text{ (moleculen}$$

norborneen per nanomotor per seconde)

Opgave 4

a. De molaire massa van koper is (ongeveer) drie keer zo klein als die van kwik. Dus als een even grote massa koper als kwik wordt gebonden, zijn er ongeveer drie keer zo veel koper- als kwikionen aanwezig. Dus is er driemaal zoveel aerogel nodig voor het verwijderen van alle koperionen per mL oplossing als voor het verwijderen van alle kwikionen.

b

$$\frac{\frac{50 \times 10^{-3} \times 1,0 \times 10^{-3}}{200,6} \times 2}{\frac{0,60 \times 10^{-3}}{299,5}} \times 10^2 = 25(\%)$$

- berekening van het totaal aantal mol mercaptopropylgroepen in de gebruikte hoeveelheid aerogel: 0,60 (mg) vermenigvuldigen met 10^{-3} (g mg^{-1}) en delen door de molaire massa van de aerogel (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 299,5 g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal gram kwik(II)ionen in 1,0 mL oplossing: 50 (mg L^{-1}) vermenigvuldigen met 10^{-3} (g mg^{-1}) en met 1,0 (mL) en met 10^{-3} (L mL^{-1}) 1
- berekening van het aantal mol door kwik(II)ionen bezette mercaptopropylgroepen: het aantal gram kwik(II)ionen in 1,0 mL oplossing delen door de molaire massa van kwik (bijvoorbeeld via Binas-tabel 99: 200,6 g mol^{-1}) en vermenigvuldigen met 2 1
- berekening van het percentage bezette mercaptopropylgroepen: het aantal mol bezette mercaptopropylgroepen delen door het totaal aantal mol mercaptopropylgroepen en vermenigvuldigen met $10^2(\%)$ 1