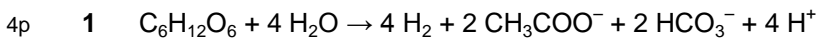
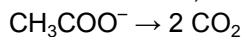


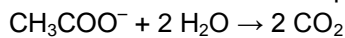
Waterstof uit afvalwater

4p 2 Hoeveelheid glucose = 250 g/l x 5,0 L = 1250 g
 Aantal mol glucose = 1250 g : 180,2 g/mol = 6,937 mol
 6,937 mol glucose \equiv 12 x 6,937 mol H_2 = 23,24 mol H_2
 23,24 mol H_2 x 24,5 L/mol = 2039,4 L
 Opbrengst aan H_2 = 15/100 x 2039,4 L = 3,1·10² L

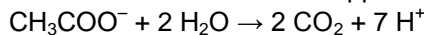
4p 3 Stel het koppel op en zorg dat het aantal atomen van elk element, met uitzondering van waterstof- en zuurstofatomen, links en rechts even groot is:



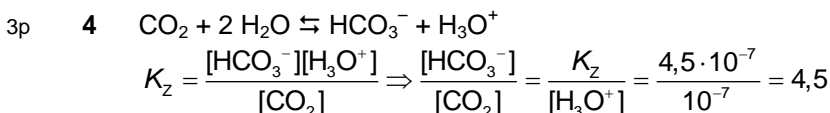
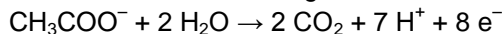
Maak de zuurstofbalans kloppend met H_2O -moleculen:



Maak de waterstofbalans kloppend met H^+ -ionen:



Vul de ontbrekende lading aan met elektronen:

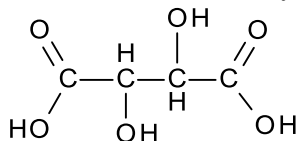


3p 5 Benodigde energie voor 1,0 m³ H_2 biogekatalyseerde elektrolyse = 1/17 x 4,4 kWh = 0,2588 kWh
 0,2588 kWh = 0,2588 kWh x 3,6·10⁶ J/kWh = 9,318·10⁵ J/1,0 m³
 1,0 m³ $H_2 \equiv$ 1,0 m³ : 2,45·10⁻² mol/m³ = 4,082·10¹ mol H_2
 Benodigde energie voor 1,0 mol H_2 biogekatalyseerde elektrolyse = 9,318·10⁵ J : 4,082·10¹ mol = 2,3·10⁴ J/mol

1p 6 Door middel van elektrolyse wordt niet alleen koolhydraten, maar ook ander organisch materiaal omgezet waardoor het afvalwater wordt gezuiverd van organisch materiaal.

Klare wijn

3p 7 In tabel 66A staat dat wijsteenzuur 2,3-dihydroxybutaandizuur is:



2p 8 Bij afkoelen verschuift een evenwicht naar de exotherme kant. Dat is hier (kennelijk) de reactie naar links.

2p 9 Wanneer kaliumwaterstoftartraat neerslaat, (neemt de $[HT^-]$ af en daardoor) verschuift de ligging van evenwicht 2 naar rechts zodat de $[H_2T]$ daalt. Wanneer kaliumwaterstoftartraat neerslaat, (neemt de $[HT^-]$ af en daardoor) verschuift de ligging van evenwicht 3 naar links zodat de $[T^{2-}]$ daalt.

4p 10 $K_{z,2} = \frac{[HT^-][H_3O^+]}{[HT_2]} = 9,1 \cdot 10^{-4}$ en $K_{z,3} = \frac{[T^{2-}][H_3O^+]}{[HT^-]} = 4,3 \cdot 10^{-5}$ Uit. $K_{z,2}$ volgt voor $[HT^-]$:

$$[HT^-] = \frac{9,1 \cdot 10^{-4} [HT_2]}{[H_3O^+]}$$

en uit $K_{z,3}$ volgt voor $[HT^-]$:

$$[HT^-] = \frac{[T^{2-}][H_3O^+]}{4,0 \cdot 10^{-5}}$$

Combinatie van beide levert:

$$\frac{9,1 \cdot 10^{-4} [\text{H}_2\text{T}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{T}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{4,0 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow \frac{9,1 \cdot 10^{-4}}{10^{-3,70}} [\text{H}_2\text{T}] = \frac{10^{-3,70}}{4,0 \cdot 10^{-5}} [\text{T}^{2-}] \Rightarrow 4,6[\text{H}_2\text{T}] = 4,6[\text{T}^{2-}] \Rightarrow [\text{T}^{2-}] = [\text{H}_2\text{T}]$$

- 2p **11** Als KHT neerslaat, is voor beide evenwichten de afname van de $[\text{HT}^-]$ even groot. In experiment 1 (blijft de pH vrijwel constant dus) wordt via evenwicht 2 evenveel H_3O^+ aangevuld als er via evenwicht 3 wordt weggenomen. Dat betekent dat het aantal mol H_2T dat via evenwicht 2 verdwijnt even groot is als het aantal mol T^{2-} dat via evenwicht 3 verdwijnt. Dus is in experiment 1 de daling van de $[\text{H}_2\text{T}]$ gelijk aan de daling van de $[\text{T}^{2-}]$.

Of:

Uit (zie antwoord opgave 10) $\frac{9,1 \cdot 10^{-4} [\text{H}_2\text{T}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{T}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{4,0 \cdot 10^{-5}}$ volgt:

dat wanneer de pH gedurende het neerslaan van KHT constant 3,70 blijft en $[\text{T}^{2-}]$ door het neerslaan van KHT bijvoorbeeld 2 keer zo klein wordt, $[\text{H}_2\text{T}]$ ook 2 keer zo klein wordt.

- 3p **12** Uit de grafiek is te zien dat in experiment 2 de pH toeneemt / de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ afneemt. In evenwicht 2 nemen rechts van de pijl dus de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ én de $[\text{HT}^-]$ af. In evenwicht 3 neemt links van de pijl de $[\text{HT}^-]$ af, terwijl rechts van de pijl de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ afneemt. Evenwicht 2 zal dus sterker naar rechts verschuiven dan evenwicht 3 naar links (omdat in de concentratiebreuk voor evenwicht 2 alleen de teller kleiner wordt en voor evenwicht 3 zowel teller als noemer). Dus de $[\text{H}_2\text{T}]$ daalt sterker dan de $[\text{T}^{2-}]$.

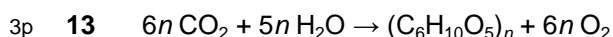
Of:

In experiment 2 is de begin pH hoger / de begin $[\text{H}_3\text{O}^+]$ lager. Vergelijk bijvoorbeeld de beginsituatie bij experiment 2 (pH = 4,0) met het moment waarop pH = 4,4 (na ca. 5 min, zie grafiek). Uit (zie antwoord opgave 10)

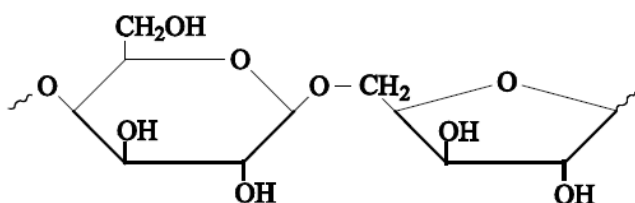
$$\frac{9,1 \cdot 10^{-4} [\text{H}_2\text{T}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{T}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{4,0 \cdot 10^{-5}} \text{ volgt:}$$

voor $t = 0$ min: $[\text{H}_2\text{T}] = 0,3[\text{T}^{2-}]$ en voor $t = 5$ min: $[\text{H}_2\text{T}] = 0,04[\text{T}^{2-}]$. Dus $[\text{H}_2\text{T}]$ daalt sterker dan $[\text{T}^{2-}]$.

Accoya

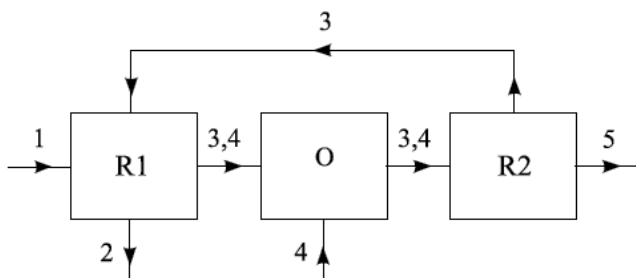


3p **14**



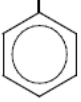
- 3p **15** Stap 1: stoffen: $\text{R-CH}_2\text{-OH} \rightarrow \text{R-COOH}$
 Stap 2: zuurstofbalans: $\text{R-CH}_2\text{-OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R-COOH}$
 Stap 3: waterstofbalans: $\text{R-CH}_2\text{-OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R-COOH} + 4 \text{H}^+$
 Stap 4: ladingsbalans: $\text{R-CH}_2\text{-OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R-COOH} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

4p **16**



- 5p **17** Massa hout = $30 \text{ m}^3 \times 0,63 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 18,90 \cdot 10^3 \text{ kg}$
 65% hiervan is cellulose = $0,65 \times 18,90 \cdot 10^3 \text{ kg} = 1,229 \cdot 10^4 \text{ kg}$ cellulose.
 $M_{\text{cellulose-eenheid}} = 162,10 \text{ kg/kmol}$
 Aantal kmol te veresteren OH-groepen = $1,229 \cdot 10^4 \text{ kg} : 162,10 \text{ kg/kmol} \times 3 = 227,4 \text{ kmol OH}$ groepen
 waarvan 95% wordt veresterd levert $0,95 \times 227,4 \text{ kmol OH}$ groepen = $216,0 \text{ kmol OH}$ -groepen
 $216,0 \text{ kmol OH}$ -groepen $\equiv 216,0 \text{ kmol}$ azijnzuur
 $216,0 \text{ kmol}$ azijnzuur $\equiv 216,0 \text{ kmol} \times 60,05 \text{ kg/kmol} = 1307 \text{ kg} = 13 \text{ ton}$.
- 2p **18** In R1 reageert azijnzuuranhydride weliswaar met water, maar het azijnzuur dat daarbij ontstaat, wordt weer gebruikt om azijnzuuranhydride te produceren. Er is dus geen extra inkoop van azijnzuur nodig.
- 1p **19** De verblijftijd in de reactor is (bij gelijkblijvende kwaliteit) langer omdat er bij een hoger vochtgehalte minder azijnzuuranhydride beschikbaar is voor de acetyleringsreactie, waardoor de reactiesnelheid lager is.

Kunststoffen sorteren

- 2p **20** Het metselwerk bevat kristalwater / gebonden water, dat vrijkomt wanneer de temperatuur te hoog wordt. (Hierdoor veranderen de materiaaleigenschappen.).
- 3p **21** Als de kunststoffen thermoplasten zijn, dan kunnen ze worden omgevormd tot een flesje. Zowel PET als polystyreen zijn ketenpolymeren / bevatten lineaire moleculen (en zijn dus thermoplasten). Beide behoren dus tot de stoffen die aan een 'tweede leven' als flesje kunnen beginnen.
- 3p **22**
- monomeren PET:** $\text{HO} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{C}_6\text{H}_4 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$ en $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- monomeer polystyreen:** $\text{CH}_2 = \text{CH}$

- 2p **23** PET is een polyester. Bij de vorming van esterbindingen worden watermoleculen afgesplitst. De vorming van PET is dus een polycondensatie.
 Wanneer een molecuul polystyreen wordt gevormd uit moleculen styreen worden dubbele bindingen opengeboken / springen dubbele bindingen open. De vorming van polystyreen is dus een polyadditie..
- 2p **24** In beide soorten polymeren komen benzeenringen voor, met aromatische C – H bindingen (die zorgen voor pieken die horen bij strektrillingen bij $3100 - 3000 \text{ cm}^{-1}$).
- 2p **25** De betreffende piek is afkomstig van de C = O (van de estergroep in PET). Alleen in PET komt C = O voor.