

8.1 De pH van een oplossing

A 1

- a** Je kunt de pH bepalen met verschillende soorten indicatoren. Met lakmoes, met universeel indicatorpapier en met een combinatie van indicatoroplossingen.
- b** Onder het omslagtraject van een indicator wordt het pH-traject verstaan waarbinnen de indicator een 'mengkleur' vertoont. Voor bijvoorbeeld de indicator broomthymolblauw, zal volgens Binas tabel 52A de kleur in het pH-gebied onder de 6,0 geel zijn. Boven de 7,6 is de kleur blauw. In het gebied 6,0 tot 7,6 (het omslagtraject) is de kleur dus groen.

B 2

- a** kleurloos
- b** De pH is ongeveer 9, dus de kresolrood kleurt de oplossing rood.
- c** kleurloos.

B 3

Broomthymolblauw kleurt alleen geel als de pH van de oplossing kleiner is dan 6,0. Congorood is alleen oranje in een oplossing met een pH groter dan 5,0. De pH ligt dus tussen de 5,0 en de 6,0.

B 4

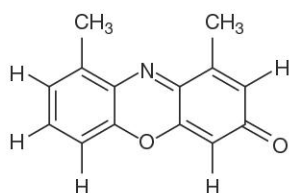
- a** De pH was lager dan 7 (zuur). Door het toevoegen van water zal de pH richting de 7 gaan omdat dit de pH is van zuiver water.
- b** De pH was hoger dan 7 (basisch). Door het toevoegen van water zal de pH richting de 7 gaan omdat dit de pH is van zuiver water.
- c** De invloed van het ene druppeltje water op een oplossing van 100 L zal verwaarloosbaar klein zijn. De pH verandert niet. Dit is wel afhankelijk van de molariteit van het toegevoegde zuur. Als je bijvoorbeeld 10 M zwavelzuur toevoegt, dan vind je wel een merkbare verandering van de pH.

B 5

- a** Het water uit de regenton zorgt ervoor dat de bloemen blauw worden. De hortensia's krijgen deze kleur bij een pH onder de 5, dus zuur. Het regenwater is zuur.
- b** De bloemen kleuren weer rood, dus de pH is gestegen. Het mengsel is basisch.

B 6

- a** Nee, je kunt met lakmoes alleen aangeven of de oplossing zuur, neutraal of basisch is.
- b** Lakmoes wordt met een extractiemiddel uit korstmossen geëxtraheerd. Daarna wordt papier in de oplossing gedoopt en gedroogd. Voor rood lakmoespapier wordt een licht zure oplossing van lakmoes gebruikt, voor blauw lakmoespapier een neutrale of licht basische oplossing.
- c** Op alle hoekpunten waar geen atoomsymbool staat aangegeven zit een C-atoom, de extra H's zijn ingetekend. De molecuulformule is $C_{14}H_{11}NO_2$. Zie figuur 8.1.



8.1

- d** De ene structuur heeft een NH_2 -groep aan de chromofoor en de andere structuur heeft een OH-groep aan de chromofoor.
- e** Eigenlijk gaat het om twee verschillende stoffen, want kleur is een stoffeigenschap. Maar de afspraak is om die beide dezelfde naam te geven. Dat is scheikundig wel te rechtvaardigen, omdat het om een kleine verandering in een groot molecuul gaat.

B 7

- a** D
- b** Pictogram II en III, zuren zijn corrosief en in de tekst staat dat de stof zorgt voor een oxidelaagje, dat is oxiderend.
- c** $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{CrO}_4$, de formule van chroomzuur is H_2CrO_4 .

8.2 Zuren in water

A 8

- a** waterstofjodide, HI
methanol, CH_3OH
kaliumjodide, KI
- b** Waterstofjodide en methanol zijn moleculaire stoffen. De stof bestaat uit moleculen van niet-metaalatomen. Kaliumjodide is een zout en bestaat dus uit ionen van metaal- en niet-metaalatomen.
- c** Methanol is een moleculaire stof. Oplossingen van moleculaire stoffen kunnen geen elektrische stroom geleiden omdat er geen geladen deeltjes in de oplossing aanwezig zijn.
- d** Kaliumjodide is een zout. In een oplossing van een zout zijn ionen aanwezig, nodig voor elektrische stroomgeleiding.
- e** Waterstofjodide is een zuur. In een oplossing van een zuur zijn, door de reactie met water, ionen aanwezig, deze zorgen voor elektrische stroomgeleiding.

A 9

Een sterk zuur ioniseert volledig, een zwak zuur ioniseert voor een deel. Bij een oplossing van een sterk zuur zijn er veel meer ionen aanwezig en is er dus betere stroomgeleiding.

B 10

- a** Waterstofjodide is een sterk zuur, het ioniseert volledig.
De reactievergelijking is: $\text{HI (g)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{I}^- \text{ (aq)}$
De notatie van de zure oplossing is: $\text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{I}^- \text{ (aq)}$
- b** Fosforzuur is een zwak zuur, er treedt een evenwicht op.
De reactievergelijking is: $\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{PO}_4^- \text{ (aq)}$
De notatie van de zure oplossing is $\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ (aq)}$.
Omdat het evenwicht al ver naar links ligt, treedt de tweede ionisatiestap, waarbij nog een H^+ wordt overgedragen bijna niet op.

B 11

- a** $\text{HBr (g)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{Br}^- \text{ (aq)}$
- b** $\text{HF (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{F}^- \text{ (aq)}$

B 12

- a** $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2 \text{ (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2^- \text{ (aq)}$
- b** Als bij hogere pH het evenwicht helemaal naar rechts verschuift, zijn er geen sorbinezuurmoleculen meer, alleen nog maar sorbaationen. Omdat de stof werkzaam is bij voedingsmiddelen met een pH onder de 7, moeten het dus de sorbinezuurmoleculen zijn die zorgen voor de groeivertragende werking.

B 13 ★

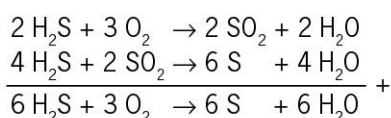
- a** Schoonmaakazijn: het massapercentage azijnzuur is 10%. Als je uitgaat van een dichtheid van $1,0 \text{ kg L}^{-1}$, dan is er dus $1,0 \cdot 10^2 \text{ g}$ azijnzuur in $1,0 \text{ L}$ oplossing aanwezig. Tafelazijn: het massapercentage is 5,0%. Er is dan 50 g azijnzuur in $1,0 \text{ L}$ oplossing aanwezig.
- b** De molaire massa van azijnzuur is $60,053 \text{ g mol}^{-1}$.
Schoonmaakazijn:

$$1,0 \cdot 10^2 \text{ g azijnzuur} \triangleq \frac{1,0 \cdot 10^2 \text{ g}}{60,053 \text{ g mol}^{-1}} = 1,7 \text{ mol, de molariteit van de schoonmaakazijn is } 1,7 \text{ M.}$$
Tafelazijn:

$$50 \text{ g azijnzuur} \triangleq \frac{50 \text{ g}}{60,053 \text{ g mol}^{-1}} = 0,83 \text{ mol, de molariteit van tafelazijn is } 0,83 \text{ M.}$$
- c** Aangezien in schoonmaakazijn de concentratie van de ionen hoger is, zal de geleidbaarheid van deze oplossing ook hoger zijn.
- d** De $[\text{H}_3\text{O}^+]$ is het hoogst in de oplossing met de hoogste molariteit azijnzuur. Er is hier verhoudingsgewijs meer zuur. De $[\text{H}_3\text{O}^+]$ is dus hoger in de schoonmaakazijn dan in de tafelazijn.

B 14

- a** $\text{H}_2\text{S} (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{HS}^- (\text{aq})$
- b** Als je de gevarenpictogrammen bekijkt van diwaterstofsulfide, dan zie je dat het gas brandbaar is, giftig en gevaarlijk voor het milieu. Daarnaast kan het reageren met waterdamp in het aardgas waardoor en zure druppeltjes ontstaan die in aanraking kunnen komen met de wanden van de leidingen. Zure oplossingen zijn corrosief. Er mogen geen lekkages in de leidingen optreden en de wanden mogen niet worden aangetast. Er worden dus strenge eisen aan het materiaal gesteld.
- c** $0,50\% \text{ H}_2\text{S}$ per m^3 komt overeen met $\frac{0,50}{100} \times 1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 6,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{S}$.
- d** $V_m = 24,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$, $6,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ komt overeen met $\frac{6,0 \cdot 10^6 \text{ dm}^3}{24,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ mol H}_2\text{S}$.
- e** Stap 1: $2 \text{ H}_2\text{S} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ SO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
 Stap 2: $2 \text{ H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 3 \text{ S} + 2 \text{ H}_2\text{O}$
- f** Je kunt bovenstaande reactievergelijkingen optellen tot een totaalreactie, je moet er dan voor zorgen dat de SO_2 niet meer in de reactievergelijking voorkomt. Daarvoor moet je de tweede reactievergelijking met twee vermenigvuldigen.



Deze vergelijking delen door 3 geeft: $2 \text{ H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ S} + 2 \text{ H}_2\text{O}$

De molverhouding $\text{H}_2\text{S} : \text{S} = 1 : 1$. Uit $2,5 \cdot 10^5 \text{ mol H}_2\text{S}$ ontstaat dan $2,5 \cdot 10^5 \text{ mol S}$. De molaire massa van zwavel is $32,06 \text{ g mol}^{-1}$.

$2,5 \cdot 10^5 \text{ mol S}$ levert $2,5 \cdot 10^5 \text{ mol} \times 32,06 \text{ g mol}^{-1} = 8,0 \cdot 10^6 \text{ g} = 8,0 \text{ ton}$ zwavel.

- g** $2 \text{ S} + 3 \text{ O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{SO}_4$
h $\text{HSO}_4^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}$

C 15 ☉

- a** Driewaardig betekent dat het zuur 3 H^+ kan afstaan.
- b** $\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
- c** Het driewaardige zuur kan maximaal 3 mol H^+ afstaan per mol citroenzuur.

Er is dus $\frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{3} = 2,21 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ citroenzuur in het snoepje aanwezig.

- d** De molaire massa van citroenzuur is $192,1 \text{ g mol}^{-1}$.
 $2,21 \cdot 10^{-4} \text{ mol citroenzuur} \triangleq 2,21 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \times 192,1 \text{ g mol}^{-1} = 0,0425 \text{ g citroenzuur}$.
 De massa van het snoepje was $2,007 \text{ g}$.
 Het massa-% citroenzuur in het snoepje is $\frac{0,0425 \text{ g}}{2,007 \text{ g}} \times 100\% = 2,12\%$.

C 16 ★

- a** Je kunt de pH van beide oplossingen meten. De oplossing met de laagste pH heeft een hogere $[\text{H}_3\text{O}^+]$. Je kunt hiervoor bijvoorbeeld universeel indicatorpapier gebruiken. De pH van de wc-reiniger met zoutzuur zal een lagere pH geven dan de wc-reiniger met azijnzuur. Het waterstofchloride is een sterk zuur en volledig gesplitst in ionen, het azijnzuur is een zwak zuur.
- b** Neem zuiver azijnzuur en doe dit bij kalk. In zuiver azijnzuur zijn geen H_3O^+ -ionen aanwezig.
- c** Door de reactie met het kalk worden de H_3O^+ -ionen uit de oplossing verwijderd. Het evenwicht $\text{CH}_3\text{COOH (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^- \text{ (aq)}$ zal daardoor naar rechts verschuiven. Uiteindelijk worden zo alle azijnzuurmoleculen omgezet in ionen.
- d** De concentratie HCl in reiniger A is kennelijk lager dan de azijnzuurconcentratie in reiniger B.
- e** Goud is een edel metaal en zal door de zuurconcentraties in de wc-reiniger niet worden aangetast. Beide reinigers zijn dus geschikt.

8.3 Formules van zuren

A 17

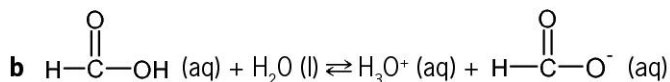
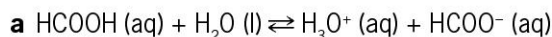
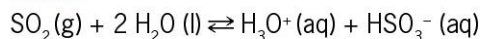
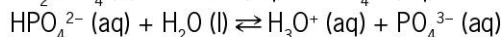
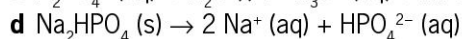
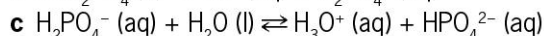
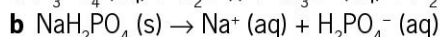
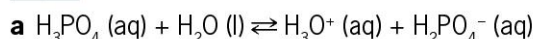
- a** 1 sterk
 2 zwak
 3 sterk
 4 zwak
- b** Waterstofjodide en het ammoniumion zijn éénwaardige zuren.
 Zwavelzuur is een tweewaardig zuur.
 Fosforzuur is een driewaardig zuur.

B 18

- a** 1 Waterstofjodide is een gas bij kamertemperatuur. Het is een eenwaardig sterk zuur en reageert dus aflopend met water:
 $\text{HI (g)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{I}^- \text{ (aq)}$
- 2 Fosforzuur is een driewaardig zwak zuur. Er treedt dus een evenwichtsreactie op, waarbij fosforzuur maar 1 H^+ ion afgeeft:
 $\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{PO}_4^- \text{ (aq)}$
- 3 Zwavelzuur is een vloeistof bij kamertemperatuur. Het is een tweewaardig zuur. Omdat het zuur sterk is, reageert het aflopend met water:
 $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (l)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{HSO}_4^- \text{ (aq)}$
 De HSO_4^- -ionen die ontstaan zijn een eenwaardig zwak zuur. Er treedt dus naast de aflopende reactie ook nog een evenwichtsreactie op:
 $\text{HSO}_4^- \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{SO}_4^{2-} \text{ (aq)}$
 Bij zwavelzuur mag je ervan uitgaan dat, tenzij anders vermeld, de twee stappen aflopend zijn, dus:
 $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)} + 2 \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{SO}_4^{2-} \text{ (aq)}$
- 4 Het ammoniumion is een eenwaardig zwak zuur:
 $\text{NH}_4^+ \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{NH}_3 \text{ (aq)}$
- b** 1 $\text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{I}^- \text{ (aq)}$
 2 $\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ (aq)}$
 3 $2 \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{SO}_4^{2-} \text{ (aq)}$
 4 $\text{NH}_4^+ \text{ (aq)}$

B 19

Dit is een internetopdracht.

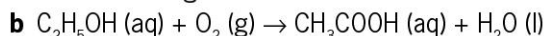
B 20**B 21****B 22**

e Hoe zwakker een zuur is, hoe minder het zuur oxoniumionen vormt.

Fosforzuur is het minst zwakke zuur en vormt dus de meeste oxoniumionen. Daarna volgt het diwaterstoffsfaation. Het monowaterstoffsfaation vormt vrijwel geen oxoniumionen.

B 23

a Als je eerst met zout water vocht aan de augurken onttrekt, kan daarna het azijnzuur beter in de augurken trekken.



c Tijdens de rijping worden er stoffen uit de wand van de vaatjes geëxtraheerd.

Verschillende houtsoorten betekent verschillende stoffen en dat maakt de balsamico zo speciaal.

d 0,050 mL kost 8 eurocent.

	volume (mL)	prijs (euro)
druppel	0,050	0,08
flesje	500	x

$$\text{De prijs van een flesje wordt } x = \frac{500 \text{ mL} \times 0,08 \text{ euro}}{0,050 \text{ mL}} = \text{€ } 800,-.$$

e Azijnzuur kan maar 1 H^+ afstaan, als je weet hoeveel H^+ je bij 100% ionisatie hebt, kun je de molariteit berekenen.

hoeveelheid H^+ -ionen (mol L^{-1})	$1,82 \cdot 10^{-3}$	x
ionisatie-%	$9,1 \cdot 10^{-2}$	100

$$\text{De molariteit van de oplossing is } x = \frac{1,82 \cdot 10^{-3} \times 100}{9,1 \cdot 10^{-2}} = 2,0 \text{ M}.$$

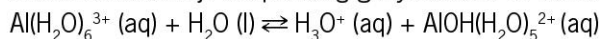
C 24

a Salpeterzuur en zwavelzuur zijn sterke zuren. Oplossingen van deze zuren hebben dus een veel hogere $[\text{H}_3\text{O}^+]$ dan de zwakke zuren. Omdat zwavelzuur een tweewaardig zuur is, treedt er naast de aflopende reactie ook een evenwichtsreactie op. Dit verhoogt de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ nog meer.

Van de twee zwakke zuren is waterstophypoiodiet het zwakst, de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ is bij een oplossing van dit zuur dus het laagst.

De volgorde is: waterstophypoiodiet, waterstoffluoride, salpeterzuur, zwavelzuur.

b Je moet weten hoeveel van het zuur is opgelost in water. Als je dat niet weet, weet je ook niet of er meer of minder H_3O^+ -ionen in de oplossing zitten.

C 25**a** H^+ - en Al^{3+} -ionen**b** $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} (\text{s}) \rightarrow \text{K}^+ (\text{aq}) + \text{Al}^{3+} (\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-} (\text{aq}) + 12 \text{H}_2\text{O}$ **c** De molaire massa van aluin is $39,10 + 26,98 + 2 \times 32,06 + 8 \times 16,00 + 12 \times 18,015 = 474,4 \text{ g}$.Het massapercentage aluminium in aluin is $\frac{26,98 \text{ g}}{474,4 \text{ g}} \times 100\% = 5,587\%$.**d** Aluminiumionen zijn in oplossing gehydrateerd en kunnen dan zuur reageren.**C 26****a** $\Delta \text{EN}_{\text{F-H}} = 4,0 - 2,1 = 1,9$ $\Delta \text{EN}_{\text{Cl-H}} = 3,2 - 2,1 = 1,1$ $\Delta \text{EN}_{\text{Br-H}} = 3,0 - 2,1 = 0,9$ $\Delta \text{EN}_{\text{I-H}} = 2,3 - 2,1 = 0,2$

Je zou verwachten dat de volgorde van de sterkte van de zuren precies andersom is. HF zou het sterkste zuur moeten zijn, HI het zwakst.

b HF heeft een hele sterke binding. Deze binding moet verbroken worden om te ioniseren. Omdat deze binding veel sterker is dan de binding van de andere halogeenzuren is HF toch een zwak zuur.

8.4 pH-berekeningen

A 27

Oplossing a:

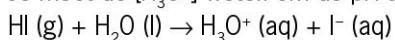
$$\text{pH} = -\log 1,0 \cdot 10^{-4} = 4,00$$

Oplossing b:

$$\text{pH} = -\log 5,0 \cdot 10^{-4} = 3,30$$

Oplossing c:

$$\text{pH} = -\log 6,7 \cdot 10^{-3} = 2,17$$

A 28**a** $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,4} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ **b** $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4,42} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ **c** $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{+1,05} = 11 \text{ mol L}^{-1}$ **B 29**Je moet de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ weten om de pH te berekenen. Waterstofjodide (HI) is een sterk zuur:Je rekent eerst het aantal mol waterstofjodide uit, de molaire massa van HI = $127,9 \text{ g mol}^{-1}$.

$$89,6 \text{ g HI} \triangleq \frac{89,6 \text{ g}}{127,9 \text{ g mol}^{-1}} = 0,701 \text{ mol HI}$$

Er is dus $0,701 \text{ mol H}_3\text{O}^+$ in 150 mL .Dan reken je de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ uit:

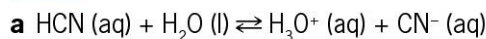
hoeveelheid H_3O^+ (mol)	0,701	x
volume (L)	0,150	1,00

$$x = \frac{1,00 \text{ L} \times 0,701 \text{ mol}}{0,150 \text{ L}} = 4,67 \text{ mol}$$

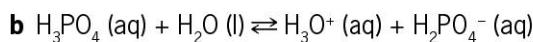
De pH is:

$$\text{pH} = -\log 4,67$$

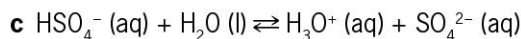
$$\text{pH} = -0,669$$

B 30

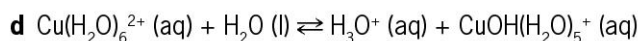
$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]}$$



$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$$



$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]}$$



$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CuOH(H}_2\text{O)}_5^+]}{[\text{Cu(H}_2\text{O)}_6^{2+}]}$$

B 31

HNO_2 is een zwak zuur. Om de pH te kunnen berekenen moet je eerst de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ berekenen.

	$[\text{HNO}_2]$	$[\text{H}_3\text{O}^+]$	$[\text{NO}_2^-]$
t_0	0,60	0	0
omgezet	-x	+x	+x
t_{ev}	0,60 - x	x	x

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$$

$$5,6 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{(0,60 - x)}$$

$$x = 1,8 \cdot 10^{-2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log 1,8 \cdot 10^{-2} = 1,74$$

Soms kun je ook een vereenvoudigde berekening gebruiken. Veel zwakke zuren hebben een ionisatiepercentage van minder dan 10%. Je kunt de pH van het zwakke zuur dan ook op de onderstaande manier berekenen.

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$$

$$5,6 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{(0,60 - x)}$$

Omdat x heel klein is vergeleken met de molariteit van het zuur kun je x in de noemer van de vergelijking verwaarlozen. De berekening wordt dan:

$$5,6 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,60}$$

$$x = 1,8 \cdot 10^{-2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log 1,8 \cdot 10^{-2} = 1,74$$

Je moet bij deze vereenvoudigde berekening altijd controleren of de verwaarlozing juist is en het ionisatiepercentage van het zuur onder de 10% ligt. Dus in dit geval:

$$\frac{1,8 \cdot 10^{-2}}{0,60} \times 100\% = 3,0\%$$

Het verwaarlozen van de x in de noemer van de vergelijking is in dit geval toegestaan.

Let op! Als het percentage hoger is dan 10% moet je de berekening opnieuw uitvoeren en de abc-formule gebruiken. Overleg met je docent of je de abc-formule moet gebruiken of de vereenvoudigde manier van berekenen.

B 32

a Evenwicht A is een heterogeen evenwicht, omdat picrinezuur in twee fasen aanwezig is, namelijk vast en opgelost. Evenwicht B is een homogeen evenwicht, omdat alle deeltjes zich in dezelfde opgeloste toestand bevinden.

b Aantal gram picrinezuur omrekenen naar mol. De molaire massa is $229,1 \text{ g mol}^{-1}$.

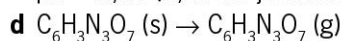
$$1,4 \text{ g picrinezuur} \triangleq \frac{1,4 \text{ g}}{229,1 \text{ g mol}^{-1}} = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol picrinezuur. Dit zit in } 100 \text{ mL.}$$

$$\text{De molariteit} = \frac{6,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,100 \text{ L}} = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol picrinezuur per liter.}$$

c 89% van het picrinezuur is geïoniseerd.

$$\text{De } [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{89}{100} \times 6,1 \cdot 10^{-2} = 5,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = 1,26 \text{ (1,27 als je tussentijds hebt afgerond)}$$



B 33

HClO_4 heeft een grotere K_z -waarde en is dus het sterkste zuur.

B 34

a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,00} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$

b Zoutzuur is een oplossing van het sterke zuur waterstofchloride in water.

Met verwaarlozen:

De $[\text{H}_3\text{O}^+]$ is gelijk aan de molariteit van het zuur.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 1,0000 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 3,00 \ 000$$

Zonder verwaarlozen:

Je stelt de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ nu gelijk aan $1,0000 \cdot 10^{-3} + 1,0 \cdot 10^{-7} = 1,0001 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 1,0001 \cdot 10^{-3}$$

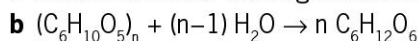
$$\text{pH} = 2,999 \ 96$$

Verwaarlozen is bij deze concentratie dus terecht.

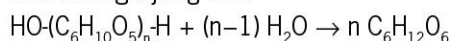
c Het woord zoutzuur betekent: een oplossing van waterstofchloride in water. Zoutzuur is dus al een oplossing.

B 35

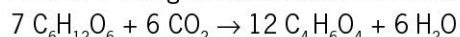
a Biobarnsteen zuur wordt gemaakt uit glucose, dit is een hernieuwbare grondstof.



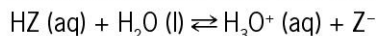
Deze reactievergelijking klopt niet omdat het begin en einde van de algemene formule voor cellulose ontbreken. De juiste algemene formule is $\text{HO}-(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n-\text{H}$. Dan klopt de reactievergelijking wel:



c Hint: uit 7 mol glucose ontstaat 12 mol barnsteen zuur.



d Stel barnsteen zuur even voor als HZ , $K_z = 6,3 \cdot 10^{-5}$, en er ioniseert x mol.



	[HZ]	[H ₃ O ⁺]	[Z ⁻]
t_0	0,20	0	0
omgezet	-x	+x	+x
t_{ev}	0,20 - x	x	x

$$K_z = \frac{x^2}{0,20 - x} = 6,3 \cdot 10^{-5}$$

De formule uitrekenen geeft $x = 3,5 \cdot 10^{-3}$. Dat wil zeggen dat $3,5 \cdot 10^{-3}$ mol barnsteenzuur is geïoniseerd.

Het ionisatiepercentage is dan $\frac{3,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,20 \text{ mol}} \times 100\% = 1,8\%$.

C 36

a De stof bevat een –OH-groep die waterstofbruggen kan vormen met water.

b $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SH (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)} + \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{S}^- \text{ (aq)}$

c $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5,21}$, de $[\text{H}_3\text{O}^+] = 6,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$

De $[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{S}^-]$ is ook $6,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$.

	$[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SH}]$	$[\text{H}_3\text{O}^+]$	$[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{S}^-]$
t_0	0,20	0	0
omgezet	$-6,2 \cdot 10^{-6}$	$+6,2 \cdot 10^{-6}$	$+6,2 \cdot 10^{-6}$
t_{ev}	$0,20 - 6,2 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{S}^-]}{[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SH}]}$$

$$K_z = \frac{(6,2 \cdot 10^{-6})^2}{(0,20 - 6,2 \cdot 10^{-6})}$$

$$K_z = 1,9 \cdot 10^{-10}$$

C 37

a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,48} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

b Als het een sterk zuur is, dan is de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ gelijk aan (of hoger dan) de molariteit van de zure oplossing. De molariteit van de zure oplossing is:

hoeveelheid stof (mol)	$50,0 \cdot 10^{-3}$	x
volume (L)	0,1000	1,000

$$x = \frac{1,000 \text{ L} \times 50,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1000 \text{ L}} = 0,500 \text{ mol}$$

Het is dus een zwak zuur.

c Om te weten welk zuur het is, moet je de K_z uitrekenen:

	$[\text{HZ}]$	$[\text{H}_3\text{O}^+]$	$[\text{Z}^-]$
t_0	0,500	0	0
omgezet	$-3,3 \cdot 10^{-2}$	$+3,3 \cdot 10^{-2}$	$+3,3 \cdot 10^{-2}$
t_{ev}	$0,500 - 3,3 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Z}^-]}{[\text{HZ}]}$$

$$K_z = \frac{(3,3 \cdot 10^{-2})^2}{(0,500 - 3,3 \cdot 10^{-2})}$$

$$K_z = 2,3 \cdot 10^{-3}$$

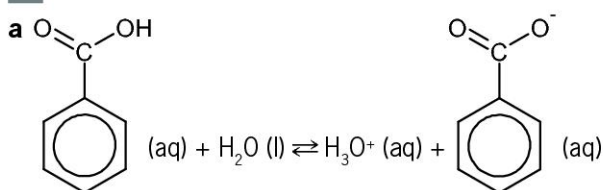
Het is waarschijnlijk het zuur diwaterstofteluride (H_2Te).

Afsluiting

1

- a** Als fenolrood een oplossing geel kleurt, dan is de pH onder de 6,6.
Als alizarinegeel-R een oplossing rood kleurt, dan is de pH boven de 12,0.
Dit kan natuurlijk niet.
- b** Waarschijnlijk heeft Ans de kleuren verkeerd om opgeschreven.
- c** Als je ervan uitgaat dat fenolrood de oplossing rood kleurt, dan is de pH boven de 8,0.
Als alizarinegeel-R de oplossing geel kleurt, dan is de pH onder de 10,1. De pH ligt dan in het gebied 8,0 – 10,1.

2



- b** $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4,0} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
Gebruik voor het overzicht molecuulformules. De $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]$ is gelijk aan de $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

	$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]$	$[\text{H}_3\text{O}^+]$	$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]$
t_0	x	0	0
omgezet	$-1 \cdot 10^{-4}$	$+1 \cdot 10^{-4}$	$+1 \cdot 10^{-4}$
t_{ev}	$x - 1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$$

$$6,3 \cdot 10^{-5} = \frac{(1 \cdot 10^{-4})^2}{(x - 1 \cdot 10^{-4})}$$

$$x = 2,59 \cdot 10^{-4}$$

De benzeencarbonsuurconcentratie is dus $2,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$. Je hebt 5,0 L water.

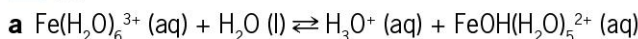
In 5,0 L water zit dan $2,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \times 5,0 = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ benzeencarbonsuur.

De molaire massa van benzeencarbonsuur is $122,1 \text{ g mol}^{-1}$.

$1,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ benzeencarbonsuur $\triangleq 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 122,1 \text{ g mol}^{-1} =$

0,2 g benzeencarbonsuur.

3



- b** De pH = 5,10, dus:

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5,10} = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$. Je hebt 100,0 mL, daarin bevinden zich:

hoeveelheid H_3O^+ (mol)	$7,9 \cdot 10^{-6}$	x
volume (L)	1,000	0,1000

$$x = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \times 0,1000 \text{ L}}{1,000 \text{ L}} = 7,9 \cdot 10^{-7} \text{ mol } \text{H}_3\text{O}^+\text{-ionen}$$

Dit bevindt zich in 2,00 gram papier, het boek heeft 250 g papier, zodat:

hoeveelheid H_3O^+ (mol)	$7,9 \cdot 10^{-7}$	x
massa (g)	2,00	250

$$x = \frac{7,9 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \times 250 \text{ g}}{2,00 \text{ g}} = 9,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol } \text{H}_3\text{O}^+\text{-ionen. Er bevinden zich } 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ mmol}$$

H_3O^+ -ionen in het boek.

4

- a Extraheren en filtreren
- b Zoutzuur is een oplossing van het sterke zuur HCl en dus volledig gesplitst. 0,2 M zoutzuur bevat 0,2 mol H_3O^+ per liter. De $\text{pH} = -\log 0,2 = 0,7$.
- c Azijnzuur is een zwak zuur en bij gelijke molariteit zal er in de azijnzuuroplossing minder H_3O^+ per liter aanwezig zijn. De pH is dan hoger en geeft een andere kleur met rodekoolsap.
- d $\text{Ba}(\text{OH})_2 (\text{s}) \rightarrow \text{Ba}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{OH}^- (\text{aq})$
- e De kleur verandert van groen naar blauw, omdat bij verdunnen van een basische oplossing de pH richting 7 verschuift.

5

- a calciumfosfaat = $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
calciumhydroxide = $\text{Ca}(\text{OH})_2$
In $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ is de verhouding $\text{PO}_4^{3-} : \text{OH}^- = 3 : 1$.
Om die verhouding te krijgen moet gelden: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Ca}(\text{OH})_2 = 3 : 1$.
- b $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$
- c Azijn bevat 40 g opgelost azijnzuur per liter. De molaire massa van azijnzuur is $60,053 \text{ g mol}^{-1}$.

$$\text{Aanwezig in azijn is } \frac{40 \text{ g}}{60,053 \text{ g mol}^{-1}} = 0,666 \text{ mol azijnzuur.}$$

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,7 \cdot 10^{-5}$$

	$[\text{CH}_3\text{COOH}]$	$[\text{H}_3\text{O}^+]$	$[\text{CH}_3\text{COO}^-]$
t_0	0,666	0	0
omgezet	-x	+x	+x
t_{ev}	$0,666 - x$	x	x

$$1,7 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{(0,666 - x)}$$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, de $\text{pH} = 2,47$. De pH ligt dus tussen 1 en 3.

6

- a Per dag wordt $6,0 \cdot 10^2 \text{ g CO}_2$ verwijderd. Reken dit om naar mol CO_2 . De molaire massa van CO_2 is $44,010 \text{ g mol}^{-1}$.

$$6,0 \cdot 10^2 \text{ g CO}_2 \triangleq \frac{6,0 \cdot 10^2 \text{ g}}{44,010 \text{ g mol}^{-1}} = 13,6 \text{ mol CO}_2$$

Molverhouding glucose : $\text{CO}_2 = 1 : 6$, er wordt $\frac{13,6 \text{ mol}}{6} = 2,27 \text{ mol}$ glucose verbrand.

De molaire massa van glucose is $180,16 \text{ g mol}^{-1}$.

$2,27 \text{ mol glucose} \triangleq 2,27 \text{ mol} \times 180,16 \text{ g mol}^{-1} = 4,1 \cdot 10^2 \text{ g}$ glucose per dag.

- b $\text{pH} = 7,40$, de $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,40} = 4,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$

$$\text{c } K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

- d** Bij $\text{pH} = 7,40$ is $[\text{CO}_2] = 2 \text{ mmol L}^{-1}$ en $[\text{HCO}_3^-] = 40 \text{ mmol L}^{-1}$.
Dus $[\text{HCO}_3^-]$ is $20\times$ zo groot als $[\text{CO}_2]$.
Elke andere lijn geeft ongeveer dezelfde uitkomst, maar deze lijn leest het gemakkelijkst af.
- e** Bij $[\text{CO}_2] = 0,9 \text{ mmol L}^{-1}$ geeft de lijn 24 een pH aan van 7,5, dus er is sprake van alkalose.

7

- a** Het tabletje bevat bariumsulfaat en deze stof is slecht oplosbaar (in water). Het antwoord moet bevatten:
- de notie dat het tabletje bariumsulfaat bevat;
 - dat bariumsulfaat slecht oplosbaar is (in water).
- b** Bijvoorbeeld:
- Broomthymolblauw is in een oplossing met pH 5 geel en bij de bodemtest kleurt de oplossing bij pH 5 groen. Dus er moet nog ten minste één andere indicator in de tabletjes zitten.
 - Bij pH 7 geeft de test een blauwe kleur. Wanneer broomthymolblauw de enige indicator was, zou de oplossing groen kleuren. Dus er moet nog ten minste één andere indicator in de tabletjes zitten.
- c** $\text{pH} = 5,5$, dan is de $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5,5} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$