



Module 1

Zuren en basen  
Energie  
Reactiesnelheid  
Evenwichten

OPGAVEN

## Ammoniak

---

Een oplossing van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) in water heeft bij kamertemperatuur een pH groter dan 7.

- 2p **1.** Maak aan de hand van een reactievergelijking duidelijk waarom een oplossing van ammoniak in water een pH groter dan 7 heeft.

Voor een ammoniakoplossing geldt:  $\text{pH} = 10,34$ .

- 3p **2.** Bereken  $[\text{OH}^-]$  in mol per liter van deze oplossing. Geef het antwoord weer in het juiste aantal significante cijfers.

Aan de ammoniakoplossing druppelt zoutzuur toe.

- 3p **3.** Geef de vergelijking van de reactie die hierbij plaatsvindt.

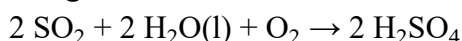
## Zwaveldioxide

---

Sommige brandstoffen bevatten zwavelhoudende verbindingen. Zo kan in aardolie bijvoorbeeld ethaanthiol,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}(\text{l})$ , voorkomen. Bij de verbranding hiervan kan de lucht verontreinigd worden met zwaveldioxide.

- 3p **4.** Geef de vergelijking van de volledige verbranding van ethaanthiol.

Het gevormde zwaveldioxide wordt in de lucht omgezet in zwavelzuur volgens:



- 3p **5.** Bereken de reactiewarmte van deze reactie per mol zwavelzuur. Gebruik tabel 57.

In Nederland heeft regenwater gemiddeld een  $\text{pH} = 3,50$ .

- 3p **6.** Bereken hoeveel mg zwavelzuur in 1,0 liter regenwater van  $\text{pH} = 3,50$  opgelost is. Neem hierbij aan dat elk molecuul  $\text{H}_2\text{SO}_4$  twee  $\text{H}^+$  ionen afsplitst en dat in regenwater geen andere zuren zijn opgelost.

Zuur regenwater heeft schadelijke effecten. Zo tast het oude gebouwen aan die gebouwd zijn van kalksteen. Kalksteen bestaat hoofdzakelijk uit calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ).

- 3p **7.** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als zuur regenwater in contact komt met kalksteen. Hierbij ontstaat onder andere een gas.

- 2p **8.** Leg uit waarom de reactie van zuur regenwater met kalksteen sneller zal verlopen naarmate het regenwater zuurder is. Gebruik het botsende-deeltjesmodel.

## Reactiesnelheid

Drie leerlingen, Loes, Ruud en Frans, voeren de volgende proef uit.

Ze overgieten ieder 5,0 gram calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ) met een overmaat 1,0 molair zoutzuur, vangen het ontstane  $\text{CO}_2$ -gas op en meten de snelheid van de gasontwikkeling.

- 3p **9.** Geef de vergelijking van de reactie tussen calciumcarbonaat en zoutzuur.

Loes gebruikt brokjes calciumcarbonaat waarbij ze de temperatuur op 20 °C houdt.

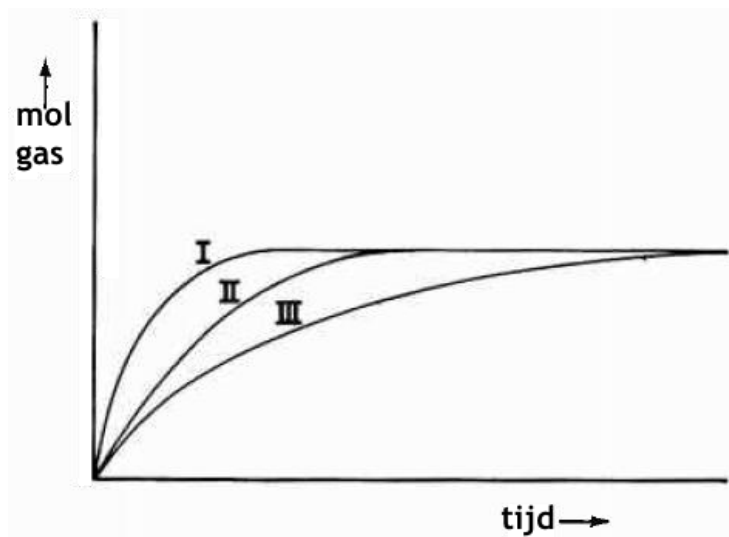
Ruud gebruikt gepoederd calciumcarbonaat waarbij hij de temperatuur op 20 °C houdt.

Frans gebruikt gepoederd calciumcarbonaat waarbij hij de temperatuur op 30 °C houdt.

- 2p **10.** Leg uit dat de leerlingen na afloop van de proef alle drie evenveel mol gas hebben opgevangen.

De meetresultaten van elk van de leerlingen worden in één diagram uitgezet.

Men verkrijgt dan drie lijnen (zie onderstaand diagram).



- 2p **11.** Leg uit welke lijn verkregen is uit de meetresultaten van achtereenvolgens Loes, Ruud en Frans.

## Onbekend zuur

Een leerlinge krijgt de opdracht een onbekende, zuivere vloeistof te onderzoeken. Zij destilleert de vloeistof en meet daarbij regelmatig de temperatuur. Uit de temperatuurmetingen tijdens het destilleren concludeert zij dat de onbekende stof inderdaad een zuivere stof is.

- 2p **12.** Op grond waarvan kan de leerlinge uit de temperatuurmetingen deze conclusie trekken?

De leerlinge lost een beetje van de stof op in water. Met behulp van verschillende indicatoren onderzoekt zij de pH van de oplossing. Met thymolblauw krijgt de oplossing een gele kleur, met methylooranje een rode kleur.

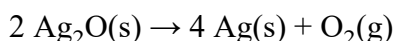
1p **13.** Tussen welke grenzen ligt de pH van de oplossing?

Het gaat om een zure stof. De leerlinge neemt 25,0 mL van de oplossing waarin 10,0 gram van het onbekende zuur per liter is opgelost. Deze oplossing neutraliseert zij met 26,60 mL 0,100 molair natronloog.

3p **14.** Bereken de molecuulmassa van het zuur. Neem hierbij aan dat een molecuul van het zuur één ion  $H^+$  kan afsplitsen.

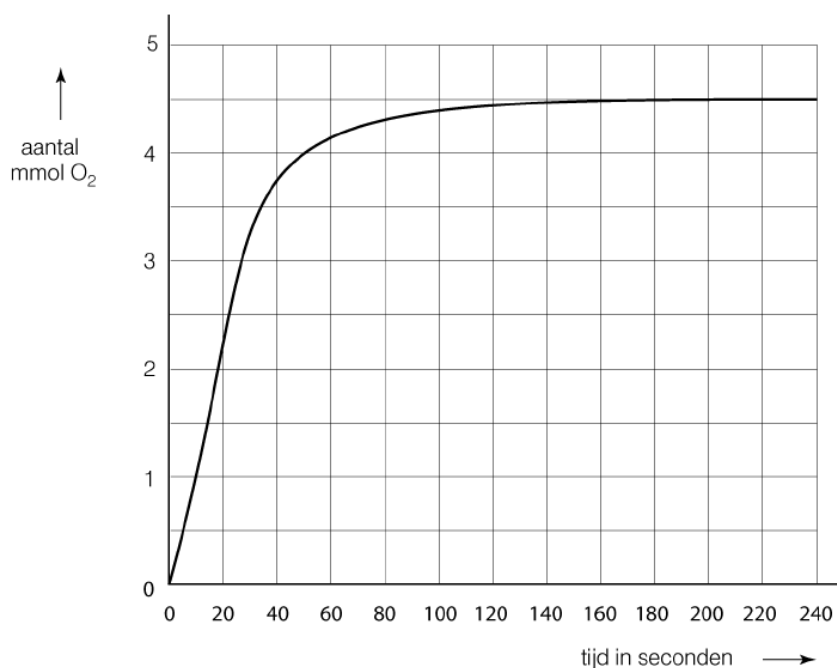
### Zilveroxide

Zilveroxide ontleedt langzaam onder invloed van licht. De ontledingsreactie die optreedt is:



Annemiek krijgt de opdracht om de ontleding van zilveroxide te onderzoeken. Zij doet een hoeveelheid  $Ag_2O$  in een erlenmeyer die verbonden is met een gasmeetspuit. Vervolgens zet ze de opstelling onder een UV-lamp om de ontleding te versnellen. Met behulp van een computerprogramma wordt op het beeldscherm weergegeven hoeveel mmol zuurstof tijdens de ontleding is gevormd. Na afloop van de ontleding heeft Annemiek op het beeldscherm een diagram dat het verband aangeeft tussen de tijd (horizontaal) en de hoeveelheid zuurstof die ontstaan is (verticaal).

diagram



- 1p **15.** Geef aan hoe uit dit diagram blijkt dat de reactiesnelheid tussen  $t = 20$  s en  $t = 40$  s groter is dan tussen  $t = 40$  s en  $t = 60$  s.

In het diagram is af te lezen dat na een bepaald tijdstip de hoeveelheid zuurstof niet meer toeneemt. Op dit tijdstip is alle zilveroxide ontleed.

- 3p **16.** Bereken het aantal gram zilveroxide dat in de erlenmeyer aanwezig was. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

### Blikje voedsel

---

Calciumoxide kan worden gebruikt door bergbeklimmers om voedsel in blik op te warmen. Bij de reactie tussen calciumoxide en water komt namelijk warmte vrij: 65 kJ per mol calciumoxide. Deze warmte kan gebruikt worden voor het verwarmen van voedsel. Bij de reactie tussen calciumoxide en water ontstaat calciumhydroxide.

- 2p **17.** Geef de vergelijking van de reactie tussen calciumoxide en water.  
2p **18.** Leg uit of deze reactie op te vatten is als een zuur-basereactie. Zo ja, wijs dan zuur en base aan.  
2p **19.** Leg uit of de reactie van calciumoxide met water een endotherme of een exotherme reactie is.

Men voert het proces uit in een groot blik waarin een kleiner blik is bevestigd met het voedsel. In de tussenruimte bevindt zich calciumoxide en water, van elkaar gescheiden door een laagje plastic. Wanneer men het voedsel wil verwarmen dan prikt men het plastic kapot, zodat de reactie kan plaatsvinden.

De temperatuur van het geheel blijkt dan te stijgen van 20 °C tot 70 °C.

Gegeven is dat voor iedere graad temperatuurstijging 3,9 kJ nodig is. Ga er van uit dat er voldoende water is om al het calciumoxide te laten reageren.

- 3p **20.** Bereken, met behulp van gegevens uit de opgave, hoeveel gram calciumoxide minstens in het blik aanwezig is.

### Tandpasta

---

Lees het onderstaande artikel en beantwoord de vragen.

artikel

#### Experimentele tandpasta zonder fluoride

- 1 Een experimentele tandpasta zonder fluoride zorgde voor minder gaatjes in de
- 2 gebitten van zo'n 350 Venezolaanse kinderen. De Amerikaanse onderzoeker
- 3 Kleinberg van de Stone Brook Universiteit in New York onderwierp de kinderen
- 4 aan het onderzoek dat hij deze week presenteert bij de International Association of
- 5 Dental Research in Zweden.
- 6 De tandpasta bevat onder andere arginine en calciumcarbonaat. Gaatjes zouden
- 7 door poetsen met de tandpasta worden voorkomen doordat het product de pH-

8 waarde in de mond verhoogt. Kleinberg heeft de werkzaamheid van de tandpasta  
9 getest in een onderzoek onder ruim 700 Venezolaanse kinderen. De helft heeft  
10 driemaal daags met gewone fluoride-tandpasta gepoetst, de andere helft met de  
11 experimentele tandpasta. De fluoride-poetsers bleken na een jaar meer gaatjes te  
12 hebben dan de gebruikers van het experimentele product.  
13 Bij het eten van voedsel zetten bacteriën in de mond suikers om tot tandplaque  
14 waarbij zuur wordt gevormd. Als dit proces lang genoeg doorgaat, ontstaan gaatjes  
15 in het tandglazuur.

In regel 6 en 7 staat dat onder andere calciumcarbonaat er voor zorgt dat de pH-waarde in de mond wordt verhoogd.

- 2p **21.** Leg uit dat calciumcarbonaat er voor kan zorgen dat de pH-waarde in de mond verhoogd wordt.

In regel 6 staat dat arginine één van de bestanddelen is van de tandpasta.

- 2p **22.** Leg aan de hand van de structuurformule van arginine uit of arginine er ook toe kan bijdragen dat de pH in de mond wordt verhoogd. Gebruik tabel 67H1.

In regel 13 en 14 staat dat suikers worden omgezet in zuur. Glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) wordt hierbij omgezet in melkzuur (2-hydroxypropaanzuur).

- 2p **23.** Geef de structuurformule van melkzuur. Gebruik eventueel tabel 66D.  
2p **24.** Geef de omzetting van glucose in melkzuur weer in een reactievergelijking. Gebruik hierbij molecuulformules.

In de mond is het enzym amylase actief. Dit enzym zorgt voor de omzetting van zetmeel in glucose. Amylase werkt bij een pH tussen 5,6 en 6,9. Kleine hoeveelheden melkzuur, die uit glucose ontstaan, kunnen al zorgen voor een  $[H^+]$  van  $6,0 \cdot 10^{-6}$  M.

- 2p **25.** Leg uit of het enzym amylase dan nog actief is.

Moderne merken tandpasta bevatten onder andere waterstoffosfaationen ( $HPO_4^{2-}$ ) die de pH in de mondholte verhogen. De waterstoffosfaationen komen in de tandpasta door toevoeging van het zout ammoniumwaterstoffosfaat.

- 1p **26.** Geef de formule van dit zout.

Bij het poetsen van de tanden met deze tandpasta komen ionen  $HPO_4^{2-}$  in de mondholte. Deze ionen reageren daar met water waardoor de pH in de mond hoger wordt.

- 2p **27.** Geef de vergelijking van deze reactie.



Module 1

Zuren en basen  
Energie  
Reactiesnelheid  
Evenwichten

UITWERKINGEN

## Ammoniak

- 01** Een oplossing met  $\text{pH} > 7$  is basisch. Hierin komen ionen  $\text{OH}^-$  voor. Deze worden gevormd door reactie van  $\text{NH}_3$  met water:



Omdat  $\text{NH}_3$  een zwakke base is (zie tabel 49), staat er eigenlijk een evenwichtspijl, maar dat wordt op het examen niet gevraagd.

- 02**  $[\text{OH}^-]$  bereken je via de  $\text{pOH}$ . Er geldt:  $\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$  en  $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$  (zie tabel 38A).  
 Dus  $\text{pOH} = 14,00 - \text{pH} = 14,00 - 10,34 = 3,66$   
 en  $[\text{OH}^-] = 10^{-3,66} = 2,2 \cdot 10^{-4}$  mol per liter.  
 Voor de significantie geldt dat dit moet overeenkomen met het aantal decimalen van de  $\text{pH}$ . Die is gegeven in twee decimalen, dus bevat het eindantwoord twee significante cijfers.

- 03** Zoutzuur is een oplossing van  $\text{HCl}$  in water (zie tabel 66A). Het is een sterk zuur (zie tabel 49), dus wordt het als  $\text{H}^+$  genoteerd in de reactievergelijking.  
 Ammoniak is een zwakke base (zie tabel 49) en noteer je ongesplitst:  
 $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$

## Zwaveldioxide

- 04**  $2 \text{C}_2\text{H}_5\text{SH} + 9 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{SO}_2$
- 05** Je mag de reactievergelijking vereenvoudigen tot  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ .  
 $E_{\text{begin}} = -2,97 + -2,86 = -5,83$  en  $E_{\text{prod.}} = -8,14$   
 $\Delta E = E_{\text{prod.}} - E_{\text{begin}} = -8,14 - -5,83 = -2,31 \rightarrow \Delta E = -2,31 \cdot 10^5$  J per mol.  
*Opmerking:* het is op het examen toegestaan dat je de berekening eerst uitvoert zonder de toevoeging van  $10^5$  J, zolang je het eindantwoord maar wel goed noteert.
- 06**  $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$  (zie tabel 38A), dus  $[\text{H}^+] = 10^{-3,50} = 3,2 \cdot 10^{-4}$  M.  
 Gegeven:  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}^+ = 1 : 2$ . Er is dus  $\frac{3,2 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,6 \cdot 10^{-4}$  mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  opgelost in 1,0 liter regenwater  $\cong 0,16$  mmol.  
 Molaire massa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $98,079 \text{ g mol}^{-1} \cong 98,079 \text{ mg mmol}^{-1}$ .  
 Aantal mg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $0,16 \text{ mmol} \times 98,079 \text{ mg mmol}^{-1} = 16 \text{ mg}$ .
- 07** Zuur regenwater bevat ionen  $\text{H}^+$  (ook van andere zuren dan zwavelzuur).  
 Calciumcarbonaat is  $\text{CaCO}_3$  en is een slecht oplosbaar zout. Het carbonaation is de base en kan 2  $\text{H}^+$  opnemen. Hierbij ontstaat  $\text{H}_2\text{CO}_3$  dat uiteenvalt in  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CO}_2$ :  
 $2 \text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ .
- 08** In zuurder regenwater is de concentratie  $\text{H}^+$  groter. Er zijn dan meer effectieve botsingen mogelijk, waardoor de reactie sneller verloopt.

## Reactiesnelheid

- 09** Zoutzuur bevat ionen  $H^+$ . Calciumcarbonaat is  $CaCO_3$  en is een slecht oplosbaar zout. Het carbonaation is de base en kan 2  $H^+$  opnemen. Hierbij ontstaat  $H_2CO_3$  dat uiteenvalt in  $H_2O$  en  $CO_2$ :  $2 H^+ + CaCO_3 \rightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2$
- 10** Ze gebruiken een overmaat zoutzuur. De hoeveelheid gas die ontstaat wordt dan bepaald door de hoeveelheid calciumcarbonaat die ze gebruiken. En ze gebruiken allemaal 5,0 gram calciumcarbonaat.
- 11** Vergelijk Loes en Ruud: Allebei dezelfde temperatuur, maar gepoederd calciumcarbonaat heeft een groter oppervlak dan brokjes calciumcarbonaat. Bij Ruud gaat de reactie sneller dan bij Loes.

Vergelijk Ruud en Frans: ze gebruiken allebei gepoederd calciumcarbonaat, maar bij Frans is de temperatuur hoger. Dit zorgt voor een snellere reactie.

De snelste reactie wordt weergegeven door de grafiek die het snelste stijgt. Dus I hoort bij Frans, II hoort bij Ruud en III hoort bij Loes.

## Onbekend zuur

- 12** De leerlinge constateert dat bij het destilleren de temperatuur constant blijft. Dit wijst er op dat de stof een *kookpunt* heeft en dus een zuivere stof is. Onzuivere stoffen die gedestilleerd worden, vertonen een *kooktraject*.
- 13** In tabel 52 A kun je vinden dat thymolblauw geel is boven  $pH = 2,8$  en beneden  $pH = 8,0$  en dat methyloranje rood is beneden  $pH = 3,2$ . De oplossing voldoet alleen aan beide voorwaarden als  $2,8 \leq pH \leq 3,2$ .
- 14** Als het zuur één ion  $H^+$  kan afstaan, zal het met natronloog (= oplossing van NaOH in water; zie tabel 66A) reageren in de molverhouding 1 : 1.  
 Aantal mmol NaOH:  $26,60 \times 0,100 = 2,66$  mmol, dus was er ook 2,66 mmol van het zuur aanwezig  $\hat{=} 2,66 \cdot 10^{-3}$  mol.  
 De zure oplossing bevat 10,0 gram zuur per liter; hiervan wordt 25,0 mL (= 0,025 L) gebruikt.  
 Aantal g gebruikt zuur:  $0,025 L \times 10,0 g L^{-1} = 0,250 g$ .  
 Dit komt overeen met  $2,66 \cdot 10^{-3}$  mol.  
 Molaire massa =  $\frac{\text{aantal gram}}{\text{aantal mol}} = \frac{0,250 g}{2,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} = 94,0$  gram per mol.

## Zilveroxide

- 15 Tussen  $t = 20$  s en  $t = 40$  s loopt de grafiek steiler dan tussen  $t = 40$  s en  $t = 60$  s.  
Er wordt in de 20 seconden tussen  $t = 20$  s en  $t = 40$  s meer zuurstof gevormd dan in de 20 seconden tussen  $t = 40$  s en  $t = 60$  s. Meer zuurstof per seconde betekent een snellere reactie.
- 16 Aflezen uit de grafiek: er ontstaat maximaal 4,5 mmol  $O_2$ .  $Ag_2O : O_2 = 2 : 1$   
Er was dus  $2 \times 4,5 = 9,0$  mmol  $Ag_2O$  aanwezig  $\cong 9,0 \cdot 10^{-3}$  mol.  
Molaire massa  $Ag_2O = 231,74$  gram  $mol^{-1}$ .  
Aantal gram  $Ag_2O$ :  $9,0 \cdot 10^{-3}$  mol  $\times 231,74$  gram  $mol^{-1} = 2,1$  gram.

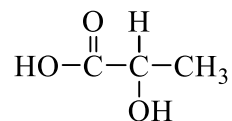
## Blikje voedsel

- 17  $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- 18 Uit  $O^{2-}$  (in  $CaO$ ) is  $OH^-$  ontstaan.  $O^{2-}$  heeft dus een  $H^+$  opgenomen.  
Uit  $H_2O$  is ook  $OH^-$  ontstaan.  $H_2O$  heeft dus een  $H^+$  afgestaan.  
Het is een zuur-basereactie waarbij  $H_2O$  het zuur is en  $O^{2-}$  (in de vorm van  $CaO$ ) de base.
- 19 Er staat gegeven dat de reactie gebruikt wordt om voedsel op te warmen. Dat betekent dat de reactie warmte moet afgeven. Het is dus een exotherme reactie.
- 20 De temperatuurstijging bedraagt  $70 - 20 = 50$  °C.  
Hiervoor is nodig:  $50 \times 3,9$  kJ = 195 kJ.  
Dit wordt geleverd door  $\frac{195 \text{ kJ}}{65 \text{ kJ mol}^{-1}} = 3,0$  mol  $CaO$ .  
Molaire massa  $CaO = 56,077$  gram  $mol^{-1}$ .  
Aantal gram  $CaO$ :  $3,0 \times 56,077 = 1,7 \cdot 10^2$  gram.

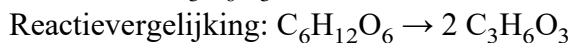
## Tandpasta

- 21 Calciumcarbonaat =  $CaCO_3$  en bevat de base  $CO_3^{2-}$ . Deze base neutraliseert de aanwezige ionen  $H^+$  zodat de pH verhoogd wordt.  
Reactievergelijking:  $CaCO_3 + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + HCO_3^-$ .  
LET OP: deze reactievergelijking is anders dan die bij onderdeel 07 en 09. Het gaat hier om een geringe  $[H^+]$  afkomstig van zwakke zuren.
- 22 Arginine is een aminozuur. Het bevat de zuurgroep (COOH), maar ook de aminogroep ( $NH_2$ ). De aminogroep is basisch (vergelijk met  $NH_3$ ). In de structuurformule van arginine is één zuurgroep aanwezig, maar daarnaast twee  $NH_2$ -groepen en twee  $NH$ -groepen. De basische groepen zijn duidelijk in de meerderheid, dus kan arginine bijdragen tot een verhoging van de pH.

- 23 In tabel 66D staat dat hydroxy een OH-groep is. Deze wordt als voorvoegsel genoemd, omdat de zuurgroep belangrijker is (staat hoger in tabel 66D).



- 24 Melkzuur =  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ .



- 25 Dit kan op twee manieren:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(6,0 \cdot 10^{-6}) = 5,22.$$

Dit is lager dan 5,6. Amylase is dan niet meer actief.

OF

$$\text{Bij pH} = 5,6 \text{ geldt: } [\text{H}^+] = 10^{-5,6} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M.}$$

$6,0 \cdot 10^{-6} \text{ M} > 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ , dus bij deze hogere  $[\text{H}^+]$  is amylase niet meer actief

- 26  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

- 27 Het deeltje  $\text{HPO}_4^{2-}$  kan zowel zuur als base zijn. In de opgave staat dat door  $\text{HPO}_4^{2-}$  de pH in de mond hoger wordt.  $\text{HPO}_4^{2-}$  moet dus met water als base reageren, waarbij  $\text{OH}^-$  ontstaat:  
 $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$ .