

Buffers en enzymen

17.1 Amfolyten

A 1

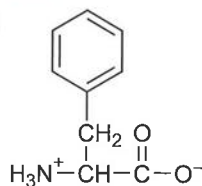
- a** Een geconjugeerd zuur-basepaar bestaat uit twee deeltjes die een H^+ van elkaar verschillen. In Binas tabel 49 staan ze naast elkaar. Voorbeeld: HSO_4^- en SO_4^{2-} .
- b** Een amfolyt is een deeltje dat als zuur kan reageren, maar ook als base. Een aantal voorbeelden: $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , HCO_3^- , HSO_3^- . Er zijn nog veel meer goede antwoorden.
- c** Watermoleculen kunnen een H^+ opnemen (van een zuur) en een H^+ afgeven (aan een base). Het zijn dus amfolyten.

B 2

- a** Gist is een schimmel en zal dus ook doodgaan door het waterstofsulfiet waardoor er geen gisting meer optreedt.
- b** $NaHSO_3(s) \rightarrow Na^+(aq) + HSO_3^-(aq)$
- c** HSO_3^- is een amfolyt. In Binas tabel 49 vind je de $K_z = 6,2 \cdot 10^{-8}$ en de $K_b = 7,1 \cdot 10^{-13}$ van waterstofsulfiet. Omdat de $K_z \gg K_b$ is, zal er een zure oplossing ontstaan, dus $pH < 7$.

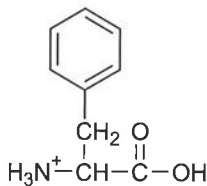
B 3

a

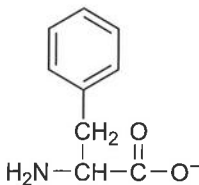


- b** Amino-zuren, zoals fenylalanine, bestaan niet uit ongeladen moleculen, maar uit dubbelionen. Hierdoor zijn er extra aantrekkingskrachten tussen de moleculen en is het smeltpunt hoger.

c

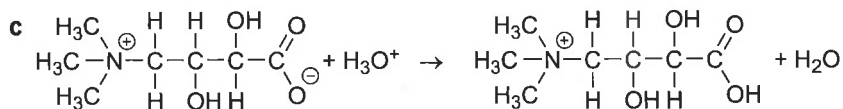
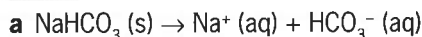


d



B 4

- a** Anthopleurine is een bijzonder hydrofiele stof: er is een positieve lading op stikstof en een negatieve lading bij de zuurrest, dus de stof is een dubbelion. Deze kan dipool-ionbindingen met watermoleculen aangaan. Daarnaast zijn er ook nog twee OH-groepen. Deze kunnen H-bruggen met watermoleculen vormen.
- b** Bij amino-zuren zit de aminogroep aan het tweede koolstofatoom. Bij anthopleurine zit die aan het vierde.

**C 5**

b Sjoerd begint met 10 mmol HCO_3^- . In het diagram is af te lezen dat dit een pH van ongeveer 8 heeft. De beginoplossing was dus basisch.

c Bij pH 6,7 kun je aflezen, dat er bijna 3,0 mmol CO_2 en iets meer dan 7,0 mmol HCO_3^- aanwezig is.

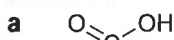
$$\frac{[\text{CO}_2]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{3,0}{7,0} = 0,4$$

d $\text{pOH} = 14,00 - \text{pH} = 14,00 - 6,7 = 7,3$

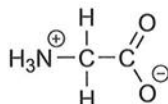
$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-7,3} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$$

Vul deze waarde en die van opgave c in de gegeven evenwichtsvoorwaarde in:

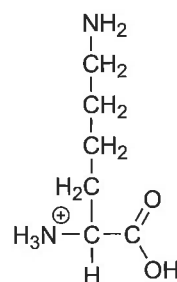
$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]} \rightarrow K = 0,4 \times 5 \cdot 10^{-8} = 2 \cdot 10^{-8}$$

C 6 ★

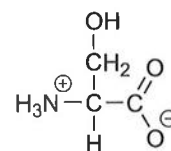
glutaminezuur



glycine



lysine



serine

Bij glutaminezuur kunnen ook beide zuurgroepen een H^+ -ion verliezen. Er ontstaat dan een ion met een lading 2-. Dat is ook goed.

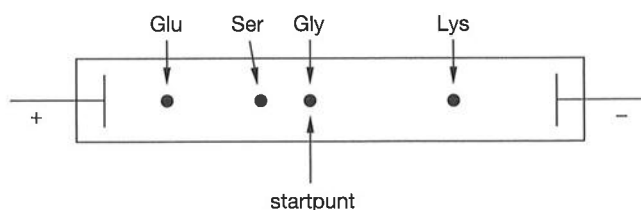
Bij lysine kunnen ook beide aminogroepen een H^+ -ion opnemen. Er ontstaat dan een ion met lading van 2+, ook dat is goed. Bij serine zal ook de vorm met een 1- lading voorkomen.

b Zie figuur 17.1.

c Het iso-elektrisch punt van serine ligt bij pH = 5,68 en dat van glycine ligt bij pH = 6,06. Bij een pH op het papier van 5,87 (precies midden tussen de pH's van de iso-elektrische punten) verloopt de scheiding optimaal. Bij deze pH heeft glycine nog een te veel aan positieve lading, door het iets zuurdere milieu zijn er meer $-\text{NH}_2$ -groepen geprotoneerd dan er zuurgroepen negatief zijn geladen. Glycine beweegt zich naar de negatieve pool. Voor serine is dit net andersom.

d Enkele factoren:

- totale gemiddelde lading van het aminozuur bij de gegeven pH. Naarmate de gemiddelde lading van de deeltjes en de aangelegde spanning groter zijn, zal de loopsnelheid toenemen.
- aangelegde spanning van het elektrische veld. Grotere spanning is grotere loopsnelheid.
- deeltjesgrootte. Naarmate de deeltjes groter zijn en het aantal polaire zijketens groter is, zal de loopsnelheid kleiner zijn.



17.1 Elektroforese van aminozuren

17.2 Buffers

A 7

Een oplossing waarvan de pH maar weinig verandert bij toevoeging van een kleine hoeveelheid zuur of base of bij verdunning, wordt een buffer genoemd.

Een bufferoplossing bestaat uit een mengsel van een zwak zuur en zijn geconjugeerde base.

B 8

- a Het is geen buffer: geen zwak zuur en geconjugeerde base naast elkaar.
- b Het is een buffer: CH_3COOH is een zwak zuur, CH_3COO^- de geconjugeerde base en de molverhouding is gunstig: 1 : 1.
- c Het is geen buffer: er is geen geconjugeerde base in de oplossing aanwezig. HCl is een sterk zuur, Cl^- is geen base.
- d Het is een buffer: omdat de $\text{pH} < 7,0$ is, volgt hieruit dat NaOH in ondermaat is toegevoegd, dus is er een mengsel van een zwak zuur en zijn geconjugeerde base ontstaan.
- e Het is een buffer: CH_3NH_2 is een zwakke base ($K_b = 4,3 \cdot 10^{-4}$) en CH_3NH_3^+ is het geconjugeerde zwakke zuur (de molverhouding is gunstig en de concentratie is hoog genoeg).

B 9

- a Stel, je hebt een bufferoplossing met precies even veel H_2PO_4^- als HPO_4^{2-} .

$$\text{De } K_z\text{-vergelijking voor } \text{H}_2\text{PO}_4^- \text{ is } K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

Er geldt dan $K_z = [\text{H}_3\text{O}^+]$, dus $\text{p}K_z = \text{pH}$

$\text{p}K_z = 7,21$ en de $\text{pH} = 7,21$

Met een kleine variatie in de concentratie zijn deze deeltjes dus zeer geschikt om als een buffer het bloed te stabiliseren.

- b Toevoegen van zuur betekent dat het basische deeltje zal reageren, in dit geval dus HPO_4^{2-} .
 $\text{HPO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- c Broomfenolrood wordt paarsrood, dus $\text{pH} \geq 6,8$ en neutraalrood wordt rood, dus $\text{pH} \leq 6,8$. De pH zal dus 6,8 zijn.
- d $\text{pH} = 6,8$ dan is $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-6,8} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

$$6,2 \cdot 10^{-8} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \times [\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

$$\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = \frac{6,2 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 10^{-7}} = \frac{0,3}{1}, \text{ dus } [\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,3 : 1$$

B 10

- a $\text{HZ}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Z}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

Door de hoge $[\text{H}_3\text{O}^+]$ van het maagsap verschuift bovenstaand evenwicht naar links. Daardoor daalt het ionisatiepercentage van HZ.

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

$\text{pH} = 1,4$, dus $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,4} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

$$3,3 \cdot 10^{-4} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \times [\text{Z}^-]}{[\text{HZ}]} \rightarrow \frac{[\text{Z}^-]}{[\text{HZ}]} = \frac{3,3 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-2}} = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{1}$$

dus $[\text{Z}^-] : [\text{HZ}] = 8 \cdot 10^{-3} : 1$

B 11

a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-9,80} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}$

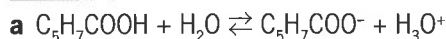
$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{AsO}_4^{3-}]}{[\text{HAsO}_4^{2-}]} = 5,1 \cdot 10^{-12}$$

$$\frac{[\text{AsO}_4^{3-}]}{[\text{HAsO}_4^{2-}]} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{5,1 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-10}} = 3,2 \cdot 10^{-2}$$

$$[\text{AsO}_4^{3-}] : [\text{HAsO}_4^{2-}] = 3,2 \cdot 10^{-2} : 1 = 1,0 : 31$$

- b Van elke 1,0 mol AsO_4^{3-} die is ontstaan, is er 31 mol HAsO_4^{2-} overgebleven.
Er was dus oorspronkelijk $31 + 1,0 = 32$ mol HAsO_4^{2-} .

Het percentage HAsO_4^{2-} dat is omgezet, is dus $\frac{1,0}{32} \times 100\% = 3,1\%$.

C 12 ★

- b Als de concentratie H_3O^+ groter is, dan zal het evenwicht meer aan de linkerkant liggen.
Bij de laagste pH heb je dus de best conserverende werking.

- c Er wordt een zuur toegevoegd, dus de pH zal dalen.

d $K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{C}_5\text{H}_7\text{COO}^-]}{[\text{C}_5\text{H}_7\text{COOH}]}$

Als 10% niet is geïoniseerd, dan is 90% wel geïoniseerd $\rightarrow \frac{[\text{C}_5\text{H}_7\text{COO}^-]}{[\text{C}_5\text{H}_7\text{COOH}]} = \frac{90}{10}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_z \times \frac{[\text{C}_5\text{H}_7\text{COOH}]}{[\text{C}_5\text{H}_7\text{COO}^-]} = 1,5 \cdot 10^{-5} \times \frac{10}{90} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \rightarrow$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,7 \cdot 10^{-6} = 5,78$$

C 13

- a Wanneer het speeksel wordt aangezuurd ontstaat er CO_2 .

De pH van het speeksel ligt dus dicht in de buurt van de $\text{p}K_z$ van $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{H}_2\text{CO}_3)$.
Het moet gaan om het zuur-basekoppel $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$.

b $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-6,8} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4,5 \cdot 10^{-7}$$

Het zuur is H_2CO_3 en de geconjugeerde base is HCO_3^- .

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \rightarrow \frac{\text{aantal mol zuur}}{\text{aantal mol geconjugeerde base}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_z} = \frac{2 \cdot 10^{-7}}{4,5 \cdot 10^{-7}} = \frac{0,4}{1}$$

- c Aan 1,0 mL speeksel wordt 3,0 mL 0,0050 M zoutzuur toegevoegd.

Dit bevat $3,0 \times 0,0050 = 1,5 \cdot 10^{-2}$ mmol H_3O^+ .

Het totale volume is 4,0 mL.

Zonder buffer zou de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ zijn: $\frac{1,5 \cdot 10^{-2}}{4,0} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 3,8 \cdot 10^{-3} = 2,43.$$

Dat is veel zuurder dan de gemeten pH, dus het speeksel heeft een bufferende werking.

- d Indicator: broomkresolgroen

kleur A is: blauw

kleur B is: groen (mengkleur van geel en blauw)

kleur C is: geel

17.3 Enzymen

A 14

- a** Een substraat bindt aan het actieve centrum in een enzym. Het wordt dan omgezet in een product dat het enzym verlaat.
- b** Er is maar één substraat dat goed past in het actieve centrum van het enzym.
- c** Bij denaturatie gaan de secundaire en tertiaire structuren van een enzym verloren. Daardoor kan het actieve centrum niet meer toegankelijk zijn of kan het substraat er niet meer binden.

B 15

- a** In speeksel werken andere enzymen dan in het bloed. Enzymen zijn heel gevoelig voor (kleine) schommelingen in pH en bij een te grote afwijking worden ze onwerkzaam.
- b** Bij hoge koorts kunnen eiwitten zoals enzymen denatureren. De enzymen werken dan niet meer, waardoor de reacties in je lichaam niet meer verlopen.

B 16 

- a** De concentratie van het enzym-substraatcomplex is maximaal; de afbraaksnelheid is constant.
- b** Uit alcohol wordt in het lichaam acetaldehyde gevormd. Dat is de stof die je misselijk maakt en zorgt voor de kater. Bij mensen met alcoholintolerantie wordt wel acetaldehyde gevormd na het drinken van alcohol, maar deze stof wordt slecht afgebroken, waardoor de kater langer aanhoudt.
- c** De binding tussen diethyleenglycol en het enzym is kennelijk veel zwakker dan die tussen alcohol en hetzelfde enzym. Alcohol hecht aan het enzym en wordt afgebroken, terwijl het diethyleenglycol door het lichaam intussen wordt afgevoerd met de urine.

B 17

De enzymremmer bindt sterker aan het enzym dan L-dopa. Daardoor is de ruimtelijke structuur van het enzym veranderd en past een molecuul L-dopa er niet meer in.

C 18 

- a** De pH is aanzienlijk lager dan de pK_z van de $\alpha\text{-NH}_3^+$ -groep van Asp en de NH_3^+ -groep in de zijketen van Lys, dus die groepen komen (vrijwel) voor 100% in de plusvorm voor. De pH is aanzienlijk hoger dan de pK_z van de COOH -groep in de zijketen van Asp en de COOH -groep van Ala, dus die groepen komen (vrijwel) voor 100% in de minvorm voor. De pH is aanzienlijk hoger dan de pK_z van de NH^+ -groep in de zijketen van His, dus die groep komt (vrijwel) voor 100% in de ongeladen vorm voor. Dan heb je gemiddeld twee plusladingen en twee minladingen in het molecuul, dus netto lading 0.
- b** MATK HGK NSWK TLYLK ISFLGCK VALLK
(De laatste R is een los aminozuur en dus geen peptide.)
- c** De katalytische activiteit neemt toe met de pH. Het katalytisch actieve zuur-basekoppel zit dus in de basische vorm.
- d** Er is 50% katalytische activiteit bij $\text{pH} = 6,0$. Dit komt overeen met de pK_z -waarde van de zijketen van histidine.

17.4 Celmembraan en transport

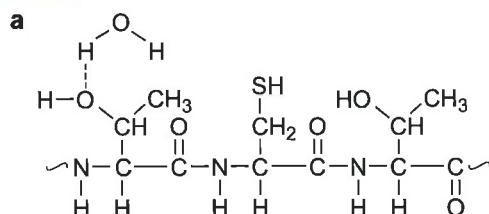
A 19

- a** Een celmembraan bestaat uit een dubbele laag van fosfolipiden met daarnaast eiwitten, koolhydraten en cholesterol. De hydrofiele koppen van de fosfolipiden vormen de buitenkant van de laag en de hydrofobe staarten steken naar binnen in de laag.
- b** Een fosfolipide lijkt op een triglyceride met twee OH-groepen van glycerol veresterd met een vetzuur en een OH-groep veresterd met fosforzuur. Aan de fosfaatgroep zitten kleinere moleculen.

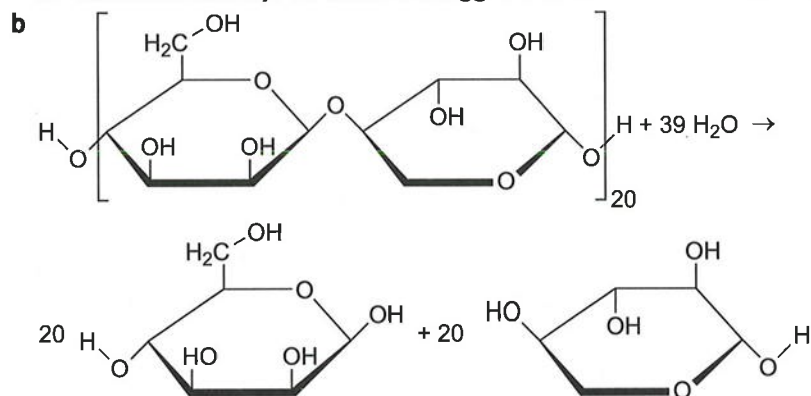
A 20

Zuurstof-, stikstof- en koolstofdioxidemoleculen zijn klein en ongeladen, het zijn ook geen dipoolmoleculen. Ze kunnen hierdoor gemakkelijk door de apolaire fosfolipidelaag diffunderen.

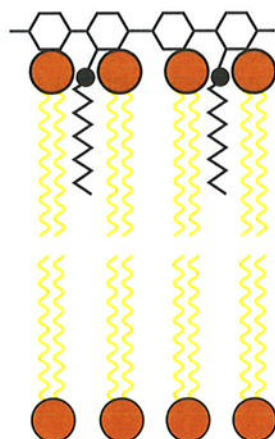
B 21



De watermoleculen zijn via waterstofbruggen met de eiwitketen verbonden.



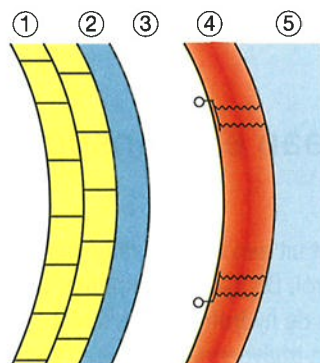
c Zie figuur 17.2.



17.2 Celmembraan met verankerde moleculen

B 22

Zie figuur 17.3.



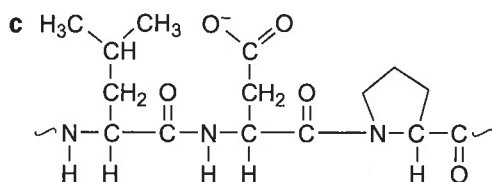
17.3 Fosfolipiden in de traanfilm

C 23 ★

- a** Een transmembraaneiwit bestaat uit 20 aminozuren, elk aminozuur draagt 0,15 nm bij aan de lengte van de as van de alfa-helix.
De dikte van het celmembraan is dan $20 \times 0,15 \text{ nm} = 3,0 \text{ nm}$.
Het celmembraan bestaat uit een dubbellaag van fosfolipiden, de gemiddelde lengte van de vetzuurstaarten is dan $0,5 \times 3,0 \text{ nm} = 1,5 \text{ nm}$.
- b** Sequentie B is de meest waarschijnlijke kandidaat voor een transmembraandomein, want de vetzuurstaarten van de lipiden geven de membraan een sterk hydrofoob karakter. De aminozuurzijketens in een transmembraandomein moeten zo veel mogelijk daaraan zijn aangepast om het transmembraaneiwit te verankeren.
Sequentie B voldoet het meest aan deze voorwaarde. Ze bestaat uit aminozuren met hydrofobe zijketens.
Sequentie A valt af omdat op posities 5, 10 en 15 een proline voorkomt. Cyclische aminozuren kunnen niet in de alfa-helix worden geïntegreerd.
Sequentie C valt af omdat op posities 5, 10 en 15 basische, positief geladen aminozuren voorkomen, die niet ingebed kunnen worden in de hydrofobe omgeving van het membraan.
- c** De maximale stabilisatie wordt bereikt door een zo groot mogelijk aantal cysteïne-eenheden in te bouwen die via de vorming van disulfidebruggen de helices verbinden. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat deze cysteïne-eenheden sterisch contact kunnen maken en ze moeten daarom aan dezelfde kant van de spiraalvormige helixstructuur uitsteken.
Als de cysteïne-eenheden op positie 2 zitten is dat kennelijk mogelijk. Aangezien er 3,5 aminozuureenheden passen in een helixwinding van 360° , zullen de aminozuurzijketens na twee volledige windingen weer precies tegenover elkaar zitten. Aangezien de eerste cysteïne-eenheden op positie 2 een disulfidebrug vormen, zullen de zijketens op posities $(2 + 7n)$ de juiste oriëntatie hebben om ook een disulfidebrug te vormen.
In een transmembraandomein van 20 aminozuren dienen derhalve drie cysteïne-eenheden te worden ingebouwd op posities 2, 9 en 16 om een maximale stabilisatie te realiseren.

C 24

- a** De evenwichtsconstante van het evenwicht $\text{FeY}^{2-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Y}^{4-}$ is groter dan de evenwichtsconstante van het evenwicht $\text{FeY}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Y}^{4-}$.
Het evenwicht ligt dus meer naar rechts, waardoor meer ijzerionen in de vorm van Fe^{2+} in oplossing aanwezig zijn.
- b** In zuur milieu zijn veel H^+ -ionen aanwezig die met Y^{4-} -ionen reageren. De concentratie Y^{4-} zal dus dalen.
Je kunt ook zeggen: Y^{4-} wordt aan het evenwicht onttrokken, waardoor het evenwicht $\text{FeY}^{2-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Y}^{4-}$ naar rechts verschuift.



Afsluiting

1 Ⓢ

a 1 = CO₂ en 2 = OH⁻

b Door acetazolamide is er minder koolzuuranhydrase-activiteit en dus minder resorptie van HCO₃⁻. Daardoor wordt in het bloed minder H⁺ gebonden, waardoor de pH daalt.

c Het pH-optimum van koolzuuranhydrase ligt bij een pH iets hoger dan 7. Bij lagere pH nemen immers de basische histidine-eenheden een H⁺ op, waardoor de histidine-eenheden een lading krijgen. De tertiaire structuur wordt verstoord.

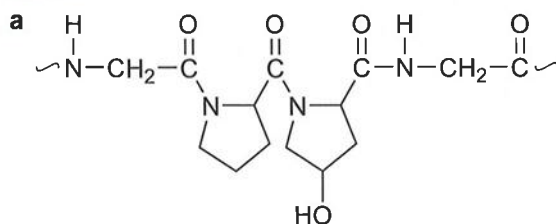
d [H₃O⁺] = 10^{-pH} = 10^{-7,4} = 4 · 10⁻⁸ mol L⁻¹

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 8,0 \cdot 10^{-7}$$

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{8,0 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 10^{-8}} = 20$$

$$[\text{HCO}_3^-] : [\text{H}_2\text{CO}_3] = 20 : 1$$

2 ★



b 'De aanwezigheid van proline zorgt ervoor dat de keten een linksdraaiende spiraal wordt.'

c De ruimtelijke structuur van het gedeelte Pro-Gly is kennelijk zodanig dat dat stukje in het enzym 'past', terwijl de proline-eenheden die anders zijn gebonden niet in dat enzym 'passen'.

d Voor 157 aminozuren zijn 3 × 157 basenparen nodig. Het middelste basenpaar van het aminozuur met nummer 158 is anders: 3 × 157 + 2 = 473. Zie de codons voor Arg en Gln in Binas tabel 71G.

e Het mRNA codon voor Arg is CGA en voor Gln is dat CAA.

De base op de coderende streng: A / adenine

De base op de matrijsstreng: T / thymine

f [H₃O⁺] = 10^{-pH} = 10^{-3,00} = 1,0 · 10⁻³ mol L⁻¹

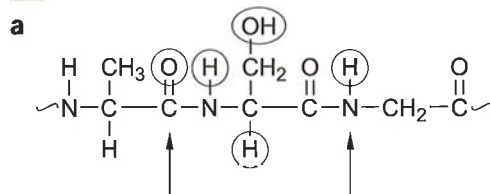
$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{COO}^-]}{[\text{COOH}]} = 1,6 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{[\text{COO}^-]}{[\text{COOH}]} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,6 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 0,16$$

$$\text{Het ionisatiepercentage} = \frac{0,16}{1,00 + 0,16} \times 100\% = 14\%$$

g Het aantal COO⁻-groepen moet worden vergroot, dus de pH moet worden verhoogd.

3



b Voorbeelden van een juiste reden met toelichting zijn:

- Door Phe in te bouwen is in de restgroep geen OH-groep meer aanwezig. Zo kan de invloed van de OH-groep worden onderzocht.
- Tyr is enigszins polair, terwijl Phe apolair is. Zo kan de invloed van de polariteit worden onderzocht.
- De restgroep van Phe lijkt van alle aminozuren (ruimtelijk) het meest op Tyr. Zo wordt de vorm van het eiwit zo min mogelijk beïnvloed.
- Tyr en Phe zijn beide aromatische aminozuren. Zo houdt je de invloed van die groep constant.

c $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-8,80} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$

$$K_z = \frac{[H_3O^+][\sim NH_2]}{[\sim NH_3^+]} = 7,4 \cdot 10^{-10}$$

$$\frac{[\sim NH_2]}{[\sim NH_3^+]} = \frac{K_z}{[H_3O^+]} \rightarrow \frac{[\sim NH_2]}{[\sim NH_3^+]} = \frac{7,4 \cdot 10^{-10}}{1,6 \cdot 10^{-9}} = 0,46$$

Het percentage van de aminogroepen dat aanwezig is als $\sim NH_3^+$ is

$$\frac{2,1}{1,0 + 2,1} \times 100\% = 68\%$$

d De negatief geladen groep van Tyr110 trekt de positief geladen aminogroep van fenylalanine aan en stoot de negatief geladen carboxylaatgroep van fenylalanine af.

e 148 mg onzuivere PAL bevat $0,90 \times 148 = 133 \text{ mg PAL}$.

Dit komt overeen met $\frac{133 \cdot 10^{-3}}{2,75 \cdot 10^5} = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ mol PAL}$.

Dit vormt per minuut $158 \cdot 10^{-6} \text{ mol kaneelzuur}$.

De TOF is dus $\frac{158 \cdot 10^{-6}}{4,8 \cdot 10^{-7}} = 3,3 \cdot 10^2$.

4

a Het molecuul heeft een dubbele binding tussen twee koolstofatomen. Aan elk van de koolstofatomen van de dubbele binding bevinden zich twee verschillende atomen/ atoomgroepen en er is geen vrije draaibaarheid rondom de dubbele binding.

b De productie van de geurstoffen vindt in het lichaam van de stinkdieren onder invloed van enzymen plaats. Deze enzymen werken kennelijk stereospecifiek.

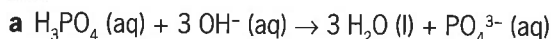
c Als natriumwaterstofcarbonaat oplost, komen er (naast natriumionen) HCO_3^- -ionen vrij. Dat zijn amfolyten. In Binas tabel 49 vind je de $K_z = 4,7 \cdot 10^{-11}$ en de $K_b = 2,2 \cdot 10^{-8}$ van dit ion. Omdat de $K_b \gg K_z$ is, zal een natriumwaterstofcarbonaatoplossing basisch zijn.

d $[H_3O^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_z}{K_b}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-14} \times 4,7 \cdot 10^{-11}}{2,2 \cdot 10^{-8}}} = 4,6 \cdot 10^{-9}$

$pH = -\log [H_3O^+] = -\log 4,6 \cdot 10^{-9} = 8,34$

e K_w , K_z en K_b zijn evenwichtsconstanten en die zijn alleen afhankelijk van de temperatuur. Dus je krijgt een oplossing met dezelfde pH wanneer de dubbele hoeveelheid bakpoeder wordt gebruikt.

5



b Te hoog, omdat de andere zuren ook met natronloog hebben gereageerd waardoor Wilbert meer natronloog nodig had.

c Bij een van de ionisatiestappen ontstaat $H_2PO_4^-$, dit ion kan een H^+ opnemen en vormt dan weer H_3PO_4 , maar kan ook een H^+ afgeven en vormt dan HPO_4^{2-} . Een deeltje dat als base en als zuur kan reageren noem je een amfolyt.

d Een oplossing van natriummonowaterstoffosfaat bevat het HPO_4^{2-} -ion, dit is een amfolyt. De K_z hiervan is $4,8 \cdot 10^{-13}$ en de K_b is $1,6 \cdot 10^{-7}$. De K_b is groter dan de K_z en de oplossing zal basisch reageren, de pH zal hoger zijn dan 7.

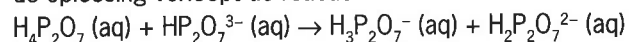
e $H_4P_2O_7$ heeft een H^+ afgegeven en zal een lading hebben van $1-$, $H_3P_2O_7^-$.
Naam: triwaterstofpyrofosfaat

f Voor deze oplossing geldt:

$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{H}_3\text{P}_2\text{O}_7^-]}$$

Omdat de concentraties van $\text{H}_3\text{P}_2\text{O}_7^-$ en $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$ gelijk zijn, is de K_2 gelijk aan de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en is de $\text{p}K_2 = \text{pH}$. De pH van deze buffer is dus 1,50, de $\text{p}K_2$ van de tweede ionisatiestap.

g Het pyrofosforzuur is een zwak zuur en het monowaterstofpyrofosfaation is een base. In de oplossing verloopt de reactie:



$\text{H}_3\text{P}_2\text{O}_7^-$ en $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$ zijn een zwak zuur met zijn geconjugeerde zwakke base en vormen dus een buffer. Gezien de opgeloste hoeveelheden zal de oplossing ook voldoende van beide ionen bevatten om als buffer te kunnen reageren.

h $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{H}_3\text{PO}_4 (\text{aq})$

i De $\text{p}K_2$ van de eerste ionisatiestap van pyrofosforzuur is 0,85 en die van fosforzuur 2,16.

Pyrofosforzuur is dus een sterker zwak zuur dan fosforzuur.

Maar er ontstaat in de oplossing 2 mol fosforzuur uit 1 mol pyrofosforzuur.

Pyrofosforzuur is echter zo veel sterker als zuur dan fosforzuur dat de pH van de oplossing hoger wordt bij de hydrolyse.