

Oefenopgaven ZUREN en BASEN

vwo

OPGAVE 1

Men lost de volgende zouten op in water:

(i) ammoniumnitraat (ii) kaliumsulfide (iii) natriumwaterstofsulfaat

- 01 Geef voor elk van deze zouten de oplosvergelijking.
02 Laat met behulp van een reactievergelijking zien of de ontstane oplossingen zuur of basisch zijn.

OPGAVE 2

Van vier oplossingen, genummerd A, B, C en D, meet men de pH met een pH-meter. Hieronder staan de resultaten.

Opl. A: pH = 8,5 Opl. B: pH = 0,80 Opl. C: pH = 6,0 Opl. D: pH = 13,7

- 03 Leg uit in welke oplossing $[H_3O^+]$ het grootst is.
04 Leg uit in welke oplossing $[OH^-]$ het grootst is.

OPGAVE 3

Hieronder staan de formules van een aantal stoffen.

a Na_2CO_3 b H_2SO_4 c $HCOOH$ d CuO e H_3PO_4 f NH_4Cl
g $Ca(OH)_2$ h SO_2 i CH_3OH j Na_2S k K_2O l $Mg(NO_3)_2$

Deze stoffen worden in water gebracht.

- 05 Geef de namen van de stoffen of van de ontstane oplossing.
06 Geef voor ieder stof aan of ze in water de pH verhogen, verlagen of niet veranderen.
07 Geef voor de deeltjes waarvan jij denkt dat het zuren zijn de ionisatievergelijking.

OPGAVE 4

In een bekeerglas bevindt zich 25 mL 0,10 molair zoutzuur. Men voegt een druppel van de indicator broomthymolblauw toe.

- 08 Welke kleur heeft broomthymolblauw in deze oplossing?
In een ander bekeerglas bevindt zich een hoeveelheid 1,0 M natronloog. Men schenkt in het bekeerglas met zoutzuur zoveel van de natronloog als nodig is om de pH tot 7,0 te verhogen.
09 Verandert de kleur van broomthymolblauw hierdoor? Zo ja, hoe?
10 Geef de vergelijking van de reactie die dan plaats vindt.
11 Welke deeltjes bevinden zich in het reactiemengsel als de pH 7,0 is geworden?
12 Bereken hoeveel mL men van de natronloog nodig om de pH tot 7,0 te verhogen.

OPGAVE 5

Je kunt op twee manieren natronloog bereiden:

I. door natriumhydroxide in water te brengen;

II. door natriumoxide in water te brengen.

- 13 Geef van beide bereidingswijzen de reactievergelijking.
Peter lost 2,78 gram natriumhydroxide op tot een volume van 50,0 mL.
14 Bereken de pH van deze oplossing. Neem aan dat $pH + pOH = 14,00$.
Marijke lost 2,78 gram natriumoxide op tot een volume van 50,0 mL.
15 Bereken de pH van deze oplossing. Neem aan dat $pH + pOH = 14,00$.

OPGAVE 6

In een bekeerglas bevindt zich 50 mL 0,10 molair natronloog en een druppel van de indicator fenolrood.

- 16 Bereken de pH van de oplossing.
- 17 Welke kleur heeft fenolrood in deze oplossing?
Men schenkt geleidelijk 25 mL 0,10 molair zoutzuur bij de natronloog.
- 18 Geef de vergelijking van de reactie die dan plaats vindt.
- 19 Welke deeltjes bevinden zich in de oplossing als alle zoutzuur is toegevoegd? Duidelijk uitleggen.
- 20 Zal de kleur van fenolrood veranderen als het zoutzuur wordt toegevoegd? Zo ja, hoe?

OPGAVE 7

Tamara neemt een stukje marmer (CaCO_3) van 3,42 gram en maalt dit fijn. Vervolgens giet zij over het fijngemalen marmer 100 mL 0,800 molair zoutzuur. De volgende reactie treedt op:



- 21 Bereken de pH van 0,800 molair zoutzuur.
- 22 Toon door middel van een berekening aan dat zoutzuur in overmaat aanwezig is.
- 23 Bereken de pH van de oplossing na afloop van de reactie.

OPGAVE 8

Ten gevolge van zure neerslag komt er in Nederland per jaar $6,0 \cdot 10^3$ mol H_3O^+ -ionen terecht op 1,0 hectare (= $1,0 \cdot 10^4 \text{ m}^2$) grond. We nemen aan dat de ionen H^+ niet dieper in de grond doordringen dan 15 cm en in opgeloste toestand aanwezig blijven.

- 24 Welke waarde zou de pH van neutrale bodem na een jaar hebben als er geen stoffen in zouden zitten die met de ionen H^+ reageren?

Indien de bodem kalk (CaCO_3) bevat kunnen de ionen H_3O^+ hiermee reageren zodat de bodem niet zo sterk verzuurt: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$

- 25 Bereken hoeveel kg kalk de bovenste laag (15 cm) van 1,0 hectare bodem minimaal moet bevatten om te reageren met alle ionen H_3O^+ -ionen die er in een jaar in terecht komen.

OPGAVE 9

WC-eend is een zuur schoonmaakmiddel, bedoel om kalk te verwijderen. Het actieve zuur in WC-eend is het eenwaardige mierenzuur: HCOOH .

Aan 5,0 mL WC-eend wordt eerst een indicator toegevoegd en dan wordt 0,080 M natronloog toegedruppeld. Als de kleur van de toegevoegde indicator omslaat is er 7,6 mL natronloog toegevoegd. Alle moleculen HCOOH hebben dan met natronloog gereageerd.

- 26 Bereken de molariteit van mierenzuur in WC-eend.

OPGAVE 10

Huishoudammonia bevat opgelost NH_3 . Ter neutralisatie van 25,0 mL huishoudammonia is 9,85 mL 2,00 M zwavelzuur nodig. De 25,0 mL huishoudammonia weegt 24,6 gram.

- 27 Bereken de molariteit NH_3 in de huishoudammonia.
- 28 Bereken het massa-% NH_3 in de huishoudammonia.

OPGAVE 11

- 29 Bereken hoeveel mL salpeterzuur van 1,20 M nodig is om 2,16 gram krijt (CaCO_3) volledig op te lossen?

OPGAVE 12

Niet-verontreinigd regenwater heeft een pH van 6,00.

- 30 Bereken hoeveel microgram (μg) H_3O^+ -ionen 1,0 liter van dit regenwater bevat. $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$.
Zure regen wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door SO_2 -verontreiniging. Bij het ontstaan van zure regen kunnen we drie stappen onderscheiden:
- I. Het ontstaan van SO_2 door verbranding van zwavelhoudende brandstoffen zoals steenkool en aardolie.
 - II. De omzetting van SO_2 in SO_3 door zuurstof uit de atmosfeer.
 - III. Het oplossen van SO_3 in regenwater waarbij een oplossing van zwavelzuur (zure regen) ontstaat.
- 31 Geef de reactievergelijking voor elke hierboven beschreven stap.
In De Bilt wordt de verzuring van het regenwater regelmatig gemeten. In 1967 werd de grootste gemiddelde verzuring gemeten. In dat jaar bevatte 1,0 liter regenwater gemiddeld $165 \mu\text{g}$ H_3O^+ -ionen.
- 32 Bereken de gemiddelde pH van het regenwater in 1967.

Hieronder staan nog extra opgaven speciaal om te oefenen met ZUUR-BASEREACTIES

OPGAVE 13

- 33 Geef van onderstaande reacties de reactievergelijking. Let hierbij vooral op de notatie van de deeltjes (ion, molecuul, vaste stof etc.). De opgaven zijn (enigszins) opklimmend in moeilijkheidsgraad.
- a Salpeterzuur en natriumfluoride-oplossing.
 - b Zwavelzuur en natriumwaterstofcarbonaatoplossing.
 - c Salpeterzuur en natriumsulfide-oplossing.
 - d Ammonia en zoutzuur.
 - e Zwavelzuur en ijzer(II)oxide.
 - f Kaliumoxide en water.
 - g Magnesiumhydroxide en zoutzuur.
 - h Salpeterzuur en zinkfosfaat.
 - j Zwavelzuur en kopercarbonaat.
 - k Koolstofdioxide leiden in overmaat natronloog.
 - l Koolstofdioxide leiden in overmaat bariumhydroxide-oplossing.
 - m Ammoniumchloride-oplossing en kaliloog.
 - n Natriumwaterstofoxalaatoplossing en natronloog.
 - o Natriumwaterstofoxalaatoplossing en salpeterzuur.
 - p Methaanzuur en natronloog.
 - q Waterstoffluoride-oplossing en zinkhydroxide.
 - r Azijnzuur en ammonia.
 - s Magnesiumchloride-oplossing en ammonia. Er ontstaat een troebeling. Verklaar dit.
 - t Vast loodcarbonaat en zwavelzuur.

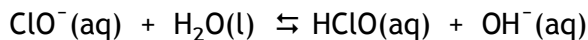
De volgende opgaven gaat vooral over berekeningen met zuur- en baseconstante.

OPGAVE 14

- 34 Bereken hoeveel mmol HCOOH is opgelost in 40 mL HCOOH-oplossing met pH = 3,60.
35 Bereken pH van 0,300 M NaF-oplossing.
36 Bereken hoeveel mg Na₂CO₃ je moet oplossen in 500 mL water om een oplossing te krijgen met pH = 11,00. Neem aan dat het gaat om een eenwaardige zwakke base.

OPGAVE 15

Aan zwembadwater wordt vaak een desinfecterend middel toegevoegd. Dit is een middel dat ziektekiemen en organische afvalstoffen afbreekt. Het meest gebruikte desinfecterende middel voor zwembadwater is chloorbleekloog. Dit is een oplossing die onder andere opgelost NaClO bevat. Na het toevoegen van chloorbleekloog stelt zich in het zwembadwater het volgende evenwicht in:



Als men het zout NaClO oplost in water, krijgt men hetzelfde evenwicht. Iemand lost 469 mg NaClO op in water tot een volume van 200 mL oplossing.

- 37 Bereken, met behulp van gegevens uit tabel 49 van BINAS, de pH van deze oplossing.
De desinfecterende werking van chloorbleekloog wordt toegeschreven aan zowel ClO⁻ als HClO. Omdat de hoeveelheid HClO in een oplossing van NaClO in water erg klein is in vergelijking met de hoeveelheid ClO⁻, wordt aan zwembadwater met chloorbleekloog een oplossing van een sterk zuur toegevoegd.
38 Leg met behulp van een reactievergelijking uit dat hierdoor de hoeveelheid HClO toeneemt.
Aan zwembadwater voegt men zoveel zuur toe dat de pH wordt teruggebracht op 7,5.
39 Bereken de molverhouding tussen HClO en ClO⁻ in zwembadwater met pH = 7,5.

OPGAVE 16

Als je ijzer(III)chloride oplost in water en je meet vervolgens de pH, dan blijkt de oplossing zuur te zijn. De verklaring hiervoor vind je in tabel 49 van BINAS. Hierin staat het deeltje Fe(H₂O)₆³⁺ genoemd als zwak zuur. Dit ion ontstaat doordat zes watermoleculen gebonden worden door één ijzer(III)-ion.

- 40 Geef de vergelijking van de ionisatie van Fe(H₂O)₆³⁺ in water.
41 Geef de evenwichtsvoorwaarde (de K_z-formule).
42 Bereken de pH van een 0,0500 M ijzer(III)chloride-oplossing.
Aan een oplossing van ijzer(III)chloride wordt een beetje zilvernitraatoplossing toegevoegd. Er ontstaat een neerslag.
43 Leg uit of de pH van de oplossing gestegen, gedaald of gelijk gebleven is.

OPGAVE 17

HF is een zwak zuur met $K_z = 6,3 \cdot 10^{-4}$.

44 Bereken hoeveel procent van de HF-moleculen is geïoniseerd in een oplossing van 1,0 M HF.

45 Idem voor een oplossing van 0,010 M HF.

In 1,0 liter van een zure oplossing met $\text{pH} = 3,7$ wordt 0,010 mol HF opgelost. De pH zal hierdoor veranderen.

46 Bereken hoeveel procent van de HF-moleculen is geïoniseerd.

HF wordt opgelost in een zure oplossing waarna geldt: $\text{pH} = 3,7$.

47 Bereken hoeveel procent van de HF-moleculen is geïoniseerd.

OPGAVE 18

Onderstaande onderdelen gaan allemaal over buffers.

48 Bereken de pH van een mengsel van 0,30 mol HCN en 0,90 mol NaCN in 0,50 L water.

49 Bereken hoeveel mL 0,460 M zoutzuur je moet toevoegen aan 3,75 gram NaF(s) om een bufferoplossing te krijgen met $\text{pH} = 3,00$.

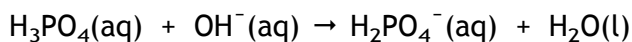
50 Bereken in welke volumeverhouding je 0,200 M NH_4Cl -oplossing en 0,320 M NaOH-oplossing moet mengen om een bufferoplossing met $\text{pH} = 9,00$ te krijgen.

OPGAVE 19

Een leerling moet een bufferoplossing maken waarin zich de volgende ionen bevinden: HPO_4^{2-} en H_2PO_4^- . De leerling maakt een bufferoplossing waarin zich deze ionen in dezelfde molverhouding bevinden.

51 Bereken de pH van deze bufferoplossing.

Bij het maken van deze bufferoplossing is de leerling uitgegaan van 100 mL 1,0 M fosforzuuroplossing en 2,0 M natronloog. Als fosforzuur reageert met een ondermaat natronloog, wordt steeds één H^+ overgedragen. Fosforzuur kan dus in drie stappen met natronloog reageren. De eerste stap is:



52 Geef de reactievergelijking van de daarop volgende stap.

Je ziet dat je op deze manier ook de ionen H_2PO_4^- en HPO_4^{2-} in je oplossing krijgt. Je kunt de hoeveelheid natronloog die je toevoegt zodanig kiezen dat H_2PO_4^- en HPO_4^{2-} in dezelfde molverhouding aanwezig zijn.

53 Bereken hoeveel mL 2,0 M natronloog je hiervoor moet toevoegen aan 100 mL 1,0 M fosforzuuroplossing.

OPGAVE 20

Kalkwater is een oplossing van calciumhydroxide in water.

54 Geef de vergelijking voor het oplossen van calciumhydroxide in water.

Om de concentratie van de ionen OH^- in deze oplossing te bepalen, kan men de pH meten. Deze bedraagt 12,1.

55 Bereken de concentratie van de ionen OH^- in mol per liter.

Het meten van een pH is vaak onnauwkeurig. Om de concentratie van de ionen OH^- in de oplossing preciezer te bepalen, voert men de volgende analyse uit:

Men brengt 10,00 mL kalkwater in een erlenmeyer en voegt fenolftaleïne als indicator toe. Vervolgens druppelt men langzaam 0,0160 M zoutzuur toe totdat de indicator van kleur verandert. Op dat moment hebben alle ionen OH^- gereageerd met de ionen H_3O^+ van zoutzuur. Totaal is er 7,56 mL 0,0160 M zoutzuur nodig.

- 56 Geef aan welke kleurverandering men bij deze analyse waarneemt. Noteer je antwoord als volgt:

kleur voor het toevoegen van zoutzuur:

kleur na het toevoegen van zoutzuur:

- 57 Bereken de concentratie van de ionen OH^- in het kalkwater.

Als men een fles met kalkwater lange tijd open laat staan verandert de pH. Dit komt door de aanwezigheid van CO_2 in de lucht.

- 58 Leg uit waarom en hoe de pH hierdoor verandert.

UITWERKINGEN

OPGAVE 1

- 01 (i) $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
 (ii) $\text{K}_2\text{S}(\text{s}) \rightarrow 2 \text{K}^+(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq})$
 (iii) $\text{NaHSO}_4(\text{s}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$
- 02 (i) $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq});$ zuur
 (ii) $\text{S}^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HS}^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq});$ basisch
 (iii) $\text{HSO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq});$ zuur
 De $K_z \text{HSO}_4^- > K_b$ van HSO_4^-
 Omdat H_2SO_4 als een tweewaardig sterk zuur wordt beschouwd, mag je HSO_4^- ook als een sterk zuur opvatten.

OPGAVE 2

- 03 De oplossing die het zuurst is, heeft de grootste $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en de laagste pH: oplossing B.
 04 De oplossing die het meest basisch is, heeft de grootste $[\text{OH}^-]$ en de hoogste pH: D.

OPGAVE 3

- 05 a opl. van natriumcarbonaat (soda-oplossing) g calciumhydroxide (kalkwater)
 b zwavelzuur h opl. van zwavel dioxide (zwaveligzuur)
 c methaanzuur (mierenzuur) i methanol
 d koperoxide j oplossing van natriumsulfide
 e fosforzuur k oplossing van kaliumhydroxide (kaliloog)
 f ammoniumchloride l oplossing van magnesiumnitraat
- 06 a CO_3^{2-} is een base, dus de pH wordt hoger.
 b H_2SO_4 is een sterk zuur, dus de pH wordt lager.
 c HCOOH is een zwak zuur, dus de pH wordt lager.
 d CuO is een slecht oplosbaar zout, dus de pH verandert niet.
 e H_3PO_4 is een zwak zuur, dus de pH wordt lager.
 f NH_4Cl bevat ionen NH_4^+ en dit is een (zeer) zwak zuur, dus de pH daalt (enigszins).
 g Kalkwater bevat de base OH^- , dus de pH wordt hoger.
 h SO_2 in water wordt het zwakke zuur H_2SO_3 , dus de pH wordt lager.
 i CH_3OH is noch zuur, noch base dus de pH verandert niet.
 j Na_2S bevat de base S^{2-} , dus de pH wordt hoger.
 k Er ontstaat K^+ en de base OH^- , dus de pH wordt hoger.
 l Er is geen zuur of base aanwezig, dus de pH verandert niet.
- 07 b $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
 c $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCOO}^-$
 e $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$
 f $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NH}_3$
 h $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ en $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_3^-$

OPGAVE 4

- 08 Zie tabel 52 bij een pH < 7: geel.
09 Als de pH 7,0 is heeft broomthymolblauw een kleur tussen geel en blauw in: groen(achtig).
10 $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
11 Ionen Na^+ (van natronloog) en Cl^- (van zoutzuur).
12 Natronloog en zoutzuur reageren in molverhouding 1:1. Omdat de molariteit van natronloog 10 keer zo groot is als die van zoutzuur, heb je 10 keer zo weinig natronloog nodig: 2,5 mL.

OPGAVE 5

- 13 I. $\text{NaOH(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
II. $\text{Na}_2\text{O(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
14 $M(\text{NaOH}) = 40,00 \text{ gram mol}^{-1}$. 50,0 mL = 0,0500 L.
 $2,78 \div 40,00 = 6,95 \cdot 10^{-2} \text{ mol NaOH in } 0,0500 \text{ L} \rightarrow [\text{OH}^-] = 1,39 \text{ M}$
 $\text{pOH} = -\log 1,39 = -0,143$. $\text{pH} = 14,143$
15 $M(\text{Na}_2\text{O}) = 61,98 \text{ gram mol}^{-1}$
 $2,78 \div 61,98 = 4,49 \cdot 10^{-2} \text{ mol Na}_2\text{O} \times 2 = 8,97 \cdot 10^{-2} \text{ mol OH}^- \text{ in } 0,0500 \text{ L}$
 $[\text{OH}^-] = 1,79 \text{ M} \rightarrow \text{pOH} = -\log 1,79 = -0,254$. $\text{pH} = 14,254$.

OPGAVE 6

- 16 Basische oplossing, dus rekenen via de pOH.
 $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,10 = 1,00$.
 $\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$, dus $\text{pH} = 13,00$.
17 Zie tabel 52: rood.
18 $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
19 Er is 25 mL 0,10 M zoutzuur toegevoegd aan 50 mL 0,10 M natronloog. Er is dus een overmaat natronloog \rightarrow er blijft OH^- over en alle H_3O^+ verdwijnt.
Aanwezige deeltjes: Cl^- (van zoutzuur), Na^+ (van natronloog), OH^- (vanwege de overmaat).
20 Met een berekening:
Er was $50 \times 0,10 = 5,0 \text{ mmol OH}^-$ aanwezig en dat heeft met $25 \times 0,10 = 2,5 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$ gereageerd. Er blijft dus 2,5 mmol OH^- over in een oplossing van $50 + 25 = 75 \text{ mL}$.
 $[\text{OH}^-]$ na de reactie is $2,5 \div 75 = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ M}$, dus $\text{pOH} = -\log 3,3 \cdot 10^{-2} = 1,50$.
 pH na de reactie is $14,00 - 1,50 = 12,50$. De kleur is *niet* veranderd, want dat gebeurt pas onder $\text{pH} = 8,0$.

OPGAVE 7

- 21 In 0,800 M zoutzuur geldt: $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,800 \text{ M}$.
 $\text{pH} = -\log 0,800 = 0,097$.
22 Aanwezig aan zoutzuur: $100 \times 0,800 = 80,0 \text{ mmol}$.
Aanwezig aan marmer ($M = 100,1 \text{ g mol}^{-1}$): $3,42 \div 100,1 = 0,0342 \text{ mol} = 34,2 \text{ mmol}$.
Dit reageert met $2 \times 34,2 = 68,3 \text{ mmol zoutzuur}$.
Er is $80,0 - 68,3 = 11,7 \text{ mmol zoutzuur te veel}$.
23 Na afloop is 11,7 mmol zoutzuur over in 100 mL oplossing $\rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 11,7 \div 100 = 0,117 \text{ M}$.
 $\text{pH} = -\log 0,117 = 0,93$.

OPGAVE 8

24 Eerst de inhoud berekenen:

$$\text{oppervlakte} \times \text{hoogte} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ L.}$$

$$\text{Dan concentratie: } [\text{H}_3\text{O}^+] = 6,0 \cdot 10^3 \text{ mol} \div 1,5 \cdot 10^6 \text{ L} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}.$$

$$\text{Dan de pH: } \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 4,0 \cdot 10^{-3} = 2,40.$$

25 Molverhouding $\text{CaCO}_3 : \text{H}_3\text{O}^+ = 2 : 1$, dus moet er $\frac{1}{2} \times 6,0 \cdot 10^3 = 3,0 \cdot 10^3$ mol CaCO_3 reageren.

$$\text{Molmassa } \text{CaCO}_3 = 100,1 \text{ g mol}^{-1}, \text{ dus } 3,0 \cdot 10^3 \text{ mol } \text{CaCO}_3 \text{ weegt:}$$

$$3,0 \cdot 10^3 \times 100,1 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ gram} = 3,0 \cdot 10^2 \text{ kg } \text{CaCO}_3.$$

OPGAVE 9

26 $\text{HCOOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O}.$

$$\text{Toegevoegd: } 7,6 \times 0,080 = 0,608 \text{ mmol } \text{OH}^-.$$

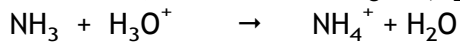
$$\text{Aanwezig was ook } 0,608 \text{ mmol } \text{HCOOH} \text{ in } 5,0 \text{ mL.}$$

$$\text{Molariteit} = 0,608 \div 5,0 = 0,12 \text{ M.}$$

OPGAVE 10

27 Aantal mmol H_2SO_4 : $9,85 \times 2,00 = 19,7$ mmol,

$$\text{dus } 2 \times 19,7 = 39,4 \text{ mmol } \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (} \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ is tweewaardig)}$$



$$\text{Aantal mmol } \text{NH}_3 \text{ (in } 25,0 \text{ mL ammoniak): } 39,4 \text{ mmol } \text{NH}_3$$

$$\text{Molariteit} = 39,4 \div 25,0 = 1,58 \text{ M}$$

28 Massa NH_3 in 25,0 mL ammoniak:

$$39,4 \cdot 10^{-3} \text{ (mol)} \times 17,03 \text{ (g mol}^{-1}\text{)} = 0,671 \text{ g}$$

$$\text{Massa-\%} = 0,671 \div 24,7 \times 100\% = 2,73 \text{ massa-\%}.$$

OPGAVE 11

29 $\text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}$

$$2,16 \text{ g } \text{CaCO}_3 \div 100,1 = 0,0216 \text{ mol } \text{CaCO}_3 \rightarrow$$

$$0,0432 \text{ mol } \text{H}_3\text{O}^+ \text{ nodig, dus ook } 0,0432 \text{ mol } \text{HNO}_3 = 43,2 \text{ mmol} \rightarrow$$

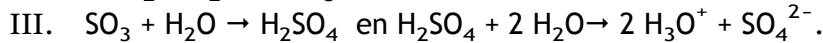
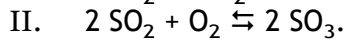
$$43,2 \times 1,20 = 36,0 \text{ mL } \text{HNO}_3\text{-opl.}$$

OPGAVE 12

30 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ M.}$

$$1,0 \text{ mol } \text{H}_3\text{O}^+ \text{ weegt } 1,0 \text{ gram. Dus } 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol } \text{H}_3\text{O}^+ \text{ weegt } 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ gram} = 1,0 \text{ } \mu\text{g.}$$

31 I. $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2.$



32 $165 \cdot 10^{-6} \text{ gram } \text{H}_3\text{O}^+$ komt overeen met $165 \cdot 10^{-6} \text{ mol } \text{H}_3\text{O}^+.$

$$\text{Dit zit in } 1,0 \text{ liter, dus } [\text{H}_3\text{O}^+] = 165 \cdot 10^{-6} \text{ M} = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1,65 \cdot 10^{-4}) = 3,78.$$

OPGAVE 13

- 33 a $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{HF}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- b natriumwaterstofcarbonaatoplossing bevat de ionen Na^+ en HCO_3^- .
 $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ is niet stabiel en valt uiteen in H_2O en CO_2 : $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$.
- c $2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- d $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- e $2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{FeO}(\text{s}) \rightarrow 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$
- f $\text{K}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{K}^+(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$.
Deze reactie verklaart de 'r' in tabel 45 bij de combinatie K^+ en O^{2-} .
- g $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- h $6 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) \rightarrow 3 \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- j $2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{CuCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$ (zie opmerking bij b).
- k CO_2 in water vormt het zuur H_2CO_3 , dat vervolgens met OH^- in natronloog reageert:
 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) (= \text{H}_2\text{CO}_3) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.
- l Zelfde soort reactie als bij k, alleen zullen nu de bariumionen een neerslag geven met de ontstane carbonaationen:
 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{BaCO}_3(\text{s})$.
- m Ammoniumchloride bevat het zwakke zuur NH_4^+ :
 $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- n Natriumwaterstofoxalaatoplossing bevat de ionen Na^+ en HC_2O_4^- .
 $\text{HC}_2\text{O}_4^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- o $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HC}_2\text{O}_4^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- p $\text{HCOOH}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{HCOO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- q $2 \text{HF}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{F}^-(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- r $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{NH}_4^+(\text{aq})$.
- s Ammonia is een base. In water ontstaat ionen OH^- . Deze ionen vormen met magnesium-ionen een neerslag: $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$.
- t $\text{PbCO}_3(\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$

OPGAVE 14

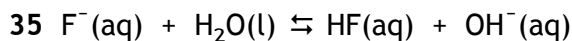
- 34 $\text{HCOOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCOO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,60} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ M} = [\text{HCOO}^-]$$

$$K_z = \frac{[\text{HCOO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]} \rightarrow 1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{2,5 \cdot 10^{-4} \times 2,5 \cdot 10^{-4}}{[\text{HCOOH}]}$$

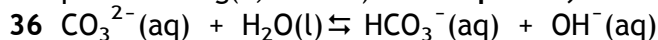
$\rightarrow [\text{HCOOH}] = 3,5 \cdot 10^{-4}$. Dit is de evenwichtsconcentratie. De beginconcentratie $[\text{HCOOH}]_0$ bedraagt $3,5 \cdot 10^{-4} + 2,5 \cdot 10^{-4} = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}$.

Volume is 40 mL, dus is er $40 \times 6,0 \cdot 10^{-4} = 0,024 \text{ mmol HCOOH}$ opgelost.



$$K_b = \frac{[HF] \times [OH^-]}{[F^-]} \rightarrow 1,6 \cdot 10^{-11} = \frac{x^2}{0,300 - x} \rightarrow x = 2,19 \cdot 10^{-6} = [OH^-]$$

$pH = 14 + \log(2,19 \cdot 10^{-6}) \rightarrow pH = 8,34.$



$pOH = 14,00 - 11,00 = 3,00 \rightarrow [OH^-] = 10^{-3,00} = 1,00 \cdot 10^{-3} = [HCO_3^-]$

$$K_b = \frac{[HCO_3^-] \times [OH^-]}{[CO_3^{2-}]} \rightarrow 2,1 \cdot 10^{-4} = \frac{1,00 \cdot 10^{-3} \times 1,00 \cdot 10^{-3}}{[CO_3^{2-}]}$$

$\rightarrow [CO_3^{2-}] = 4,76 \cdot 10^{-3} \text{ M}$. Dit is de evenwichtsconcentratie. De beginconcentratie $[CO_3^{2-}]_0$ bedraagt $4,76 \cdot 10^{-3} + 1,00 \cdot 10^{-3} = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

In 500 mL is $500 \times 5,76 \cdot 10^{-3} = 2,88 \text{ mmol Na}_2\text{CO}_3$ opgelost.

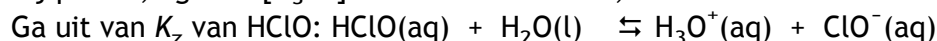
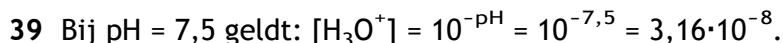
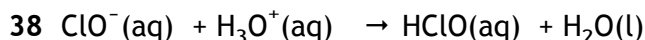
Dit komt overeen met $2,88 \times 106 = 305 \text{ mg Na}_2\text{CO}_3$.

OPGAVE 15



$$K_b = \frac{[HClO] \times [OH^-]}{[ClO^-]} \rightarrow 2,5 \cdot 10^{-7} = \frac{x^2}{0,0315 - x} \rightarrow x = 8,87 \cdot 10^{-5} \text{ M} = [OH^-]$$

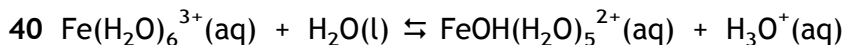
$pOH = -\log(8,87 \cdot 10^{-5}) = 4,05 \rightarrow pH = 14,00 - 4,05 \rightarrow pH = 9,95.$



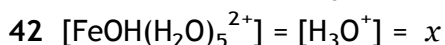
$$K_z = \frac{[H_3O^+] \times [ClO^-]}{[HClO]} \rightarrow 4,0 \cdot 10^{-8} = \frac{3,16 \cdot 10^{-8} \times [ClO^-]}{[HClO]}$$

$[ClO^-] / [HClO] = 1,26$. Dus $ClO^- : HClO = 1,26 : 1,00$. (Of: $HClO : ClO^- = 0,791 : 1,00$)

OPGAVE 16

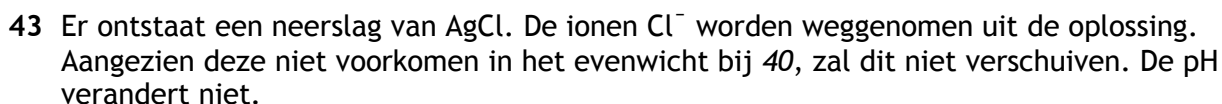


41
$$K_z = \frac{[FeOH(H_2O)_5^{2+}] \times [H_3O^+]}{[Fe(H_2O)_6^{3+}]}$$

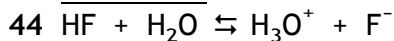


$6,0 \cdot 10^{-3} = x^2 / 0,0500 \rightarrow x = [H_3O^+] = 0,0173 \text{ M}$

$pH = -\log 0,0173 \rightarrow pH = 1,76.$



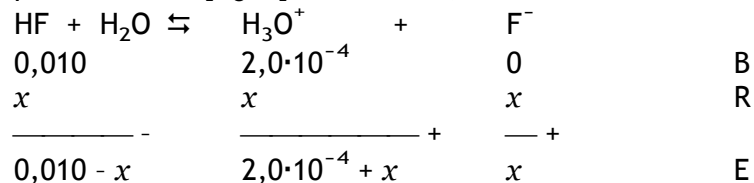
OPGAVE 17



$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \rightarrow 6,3 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{1,0 - x} \rightarrow x = 0,025 \text{ M, dus } 2,5\%$$

45 $x^2 / (0,010 - x) = 6,3 \cdot 10^{-4} \rightarrow x = 0,0022 \text{ M, dus } 22\%$

46 $\text{pH} = 3,7 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,7} = 2,0 \cdot 10^{-4}$



$$6,3 \cdot 10^{-4} = \frac{(2,0 \cdot 10^{-4} + x) \cdot x}{0,010 - x} \rightarrow x = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ M, dus } 21\%$$

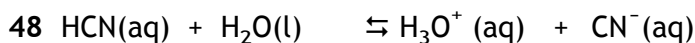
47 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,7} = 2,0 \cdot 10^{-4} \rightarrow$

$$6,3 \cdot 10^{-4} = \frac{2,0 \cdot 10^{-4} \times [\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \rightarrow \frac{[\text{F}^-]}{[\text{HF}]} = 3,2$$

Stel $x\%$ F^- , dan $(100 - x)\%$ $\text{HF} \rightarrow x / (100 - x) = 3,2 \rightarrow x = 76\%$

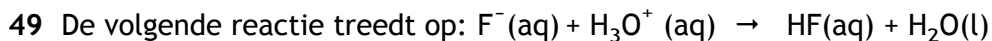
OPGAVE 18

In deze opgaven wordt bij buffers altijd uitgegaan van de K_z -formule. Ook al gaat het om een basische buffer. De K_z -formule wordt echter iets anders genoteerd, omdat bij buffers niet meer geldt $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{gec. base}]$. Tevens mag er in de verhouding $[\text{gec. base}] / [\text{zuur}]$ ook met (m)mol gerekend worden i.p.v. met concentratie. De verhouding $[\text{gec. base}] / [\text{zuur}]$ is namelijk dimensieloos.



$$K_z = [\text{H}_3\text{O}^+] \times \frac{[\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} \rightarrow 6,1 \cdot 10^{-10} = [\text{H}_3\text{O}^+] \times \frac{0,90}{0,30}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,03 \cdot 10^{-10} \rightarrow \text{pH} = -\log(2,03 \cdot 10^{-10}) \rightarrow \text{pH} = 9,69$$



Een deel van de hoeveelheid F^- wordt omgezet, waardoor er een buffer met samenstelling HF/F^- ontstaat. $\text{pH} = 3,00$, dus $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,00 \cdot 10^{-3}$.

$$K_z = [\text{H}_3\text{O}^+] \times \frac{\text{F}^-}{\text{HF}} \rightarrow 6,3 \cdot 10^{-4} = 1,00 \cdot 10^{-3} \times \frac{\text{F}^-}{\text{HF}} \rightarrow \text{F}^- / \text{HF} = 0,63$$

Toegevoegd: $3,75 \div 41,99 = 8,93 \cdot 10^{-2}$ mol NaF = 89,3 mmol NaF = 89,3 mmol F⁻

Door toevoegen van 0,460 M zoutzuur neemt de hoeveelheid F⁻ af met x mmol. Tevens ontstaat er x mmol HF. Er wordt zuur toegevoegd totdat de verhouding F⁻ / HF gelijk is aan 0,63.

$\rightarrow (89,3 - x) / x = 0,63 \rightarrow x = 54,8$ mmol. Dit moet ontstaan aan HF, dus moet ook 54,8 mmol zoutzuur worden toegevoegd (zie reactievergelijking).

Aantal mL zoutzuur: $54,8 \div 0,460 = 119$ mL.

50 De volgende reactie treedt op: $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Een deel van de hoeveelheid NH₄⁺ wordt omgezet, waardoor er een buffer met samenstelling NH₄⁺/NH₃ ontstaat. pH = 9,00, dus [H₃O⁺] = 1,00 · 10⁻⁹.

$$K_z = [\text{H}_3\text{O}^+] \times \frac{\text{NH}_3}{\text{NH}_4^+} \rightarrow 5,6 \cdot 10^{-10} = 1,00 \cdot 10^{-9} \times \frac{\text{NH}_3}{\text{NH}_4^+} \rightarrow \text{NH}_3 / \text{NH}_4^+ = 0,56.$$

Ga gemakshalve uit van 1,00 liter NH₄Cl oplossing. Dan heb je daarin 0,200 mmol NH₄⁺. Van de NaOH-oplossing voeg je x mL toe. Je hebt dan $0,320x$ mmol OH⁻. Je krijgt ook $0,320x$ mmol NH₃ (zie reactievergelijking). Er verwijnt ook $0,320x$ mol NH₄⁺, zodat je $0,200 - 0,320x$ mmol NH₄⁺ overhoudt.

De verhouding NH₃ / NH₄⁺ heb je berekend op 0,56.

Dus $0,320x / (0,200 - 0,320x) = 0,56$. Hieruit volgt: $x = 0,224$.

Dus volumeverhouding NH₄Cl-oplossing : NH₃-oplossing = **1,00 : 0,224**.

OPGAVE 19

51 Bij gelijke molverhoudingen van zuur en geconjugeerde base in een buffer geldt: pH = pK_z.

Dus pH = **7,21**.

52 $\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

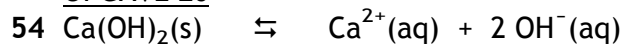
(de derde stap, waarbij PO₄³⁻ ontstaat, vindt hier niet plaats, omdat je niet zoveel natronloog toevoegt)

53 Je begint met $100 \times 1,0 = 100$ mmol H₃PO₄. De eerste stap moet volledig plaatsvinden, want alle H₃PO₄ moet worden omgezet in H₂PO₄⁻. Hiervoor is 100 mmol OH⁻ nodig.

Bij de tweede stap ga je uit van de 100 mmol H₂PO₄⁻, die bij in de eerste stap gemaakt hebt.

Van deze 100 mmol H₂PO₄⁻ moet er 50,0 mmol worden omgezet in HPO₄²⁻. Hiervoor is 50,0 mmol OH⁻ nodig. Je hebt nu 50,0 mmol H₂PO₄⁻ (het restant) en 50,0 mmol HPO₄²⁻. En dit is wat je wilde bereiken. Totaal heb je 150 mmol OH⁻ gebruikt $\rightarrow 150 \div 2,0 = 75,0$ mL natronloog.

OPGAVE 20



55 $\text{pOH} = 14,0 - 12,1 = 1,9$. $[\text{OH}^{-}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1,9} = \mathbf{0,013 \text{ M}}$.

56 voor toevoegen: paarsrood; na toevoegen: kleurloos.

57 Nodig: $7,56 \times 0,0160 = 0,121 \text{ mmol H}_3\text{O}^{+}$. Dit heeft gereageerd met $0,121 \text{ mmol OH}^{-}$. Dit bevond zich in $10,00 \text{ mL}$, dus $[\text{OH}^{-}] = \mathbf{0,0121 \text{ M}}$.

58 Als CO_2 uit de lucht in contact komt met een basische oplossing, zal er een zuurbase-reactie plaatsvinden. De combinatie van CO_2 en H_2O levert namelijk het zwakke zuur H_2CO_3 op. Omdat OH^{-} uit de oplossing reageert zal de pH dalen (de oplossing wordt minder basisch).