

---

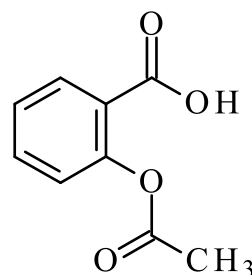
pH-berekeningen

---

Voer onderstaande berekeningen uit en geef de antwoorden in het **juiste aantal significante cijfers**.

- 1 Bereken de pH van 0,10 M zoutzuur.
- 2 Bereken de molariteit van salpeterzuur in een oplossing met  $\text{pH} = 1,23$ .
- 3 Bereken de pH van de oplossing die ontstaat als 15 gram zwavelzuur wordt opgelost tot 475 mL oplossing. Ga er van uit dat zwavelzuur een tweewaardig sterk zuur is.
- 4 Bereken de molariteit van zwavelzuur in een oplossing met  $\text{pH} = 2,3$ . Ga er van uit dat zwavelzuur een tweewaardig sterk zuur is.
- 5 Bereken de pH van 0,15 M azijnzuuroplossing.
- 6 Bereken de pH van de oplossing die ontstaat als 3,8 gram oxaalzuur dihydraat wordt opgelost tot 600 mL oplossing.
- 7 Bereken de pH van de oplossing die ontstaat als 11 gram ijzer(III)sulfaat nonahydraat wordt opgelost tot 2,45 L oplossing.
- 8 Bereken hoeveel mL mierenzuur ( $\text{HCOOH}$ ) je moet oplossen tot 235 mL oplossing om een zuurgraad te krijgen van  $\text{pH} = 2,30$ .
- 9 Hoeveel gram salmiak moet je oplossen in 750 mL water voor een pH van 5,00.
- 10 5,00 gram isocyaanzuur ( $\text{HNCO}$ ) wordt opgelost tot 800 mL oplossing. De zuurgraad van de oplossing is  $\text{pH} = 2,3$ . Laat met een berekening zien dat het gaat om een zwak zuur.

- 11 Een aspirinetablet van 500 mg wordt opgelost in een glas water tot een oplossing van 250 mL. De oplossing heeft een zuurtegraad van  $\text{pH} = 3,03$ . Bereken de  $K_z$  en de  $\text{p}K_z$  van aspirine.



## Waterstofjodaat

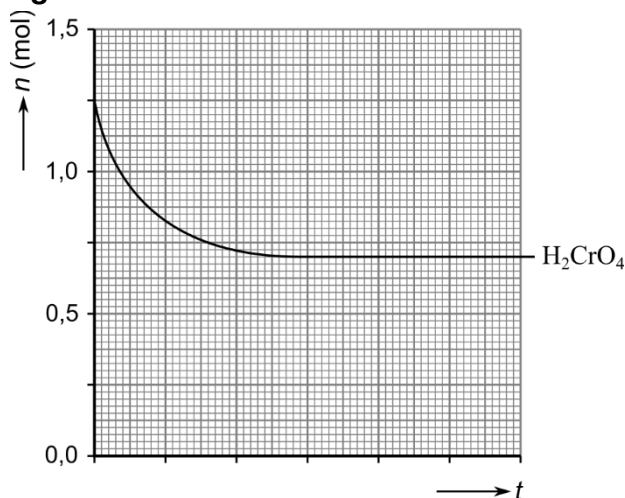
In een bekglas wordt 1,25 mol chroomzuur ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) opgelost tot 2,5 L oplossing.

- 12 Ga met behulp van Binastabel 49 na of chroomzuur een sterk of een zwak zuur is.
- 13 Laat in een reactievergelijking zien hoe chroomzuur zich gedraagt in water.

In figuur 1 zie je een schets voor de hoeveelheid chroomzuur in de tijd.

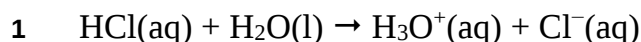
- 14 Leg uit dat uit het diagram ook blijkt dat het gaat om een zwak zuur.
- 15 Schets in het diagram ook het verloop voor  $\text{H}_3\text{O}^+$ .
- 16 Bereken de  $\text{pH}$  van de ontstane oplossing.
- 17 Bereken de  $K_z$  van chroomzuur en vergelijk je antwoord met Binas.

figuur 1



## Uitwerkingen

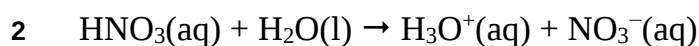
---



HCl:  $c = 0,10 \text{ M}$

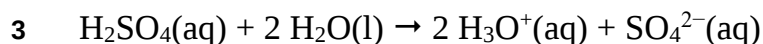
$\text{H}_3\text{O}^+$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,10 \text{ M} \quad (1 : 1)$

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(0,10) = 1,00 \quad (\text{twee decimalen})$



$\text{H}_3\text{O}^+$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,23} = 0,059 \text{ M}$

$\text{HNO}_3$ :  $c = 0,059 \text{ M} \quad (1 : 1) \quad (\text{twee sign cijfers})$



$\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $m = 15 \text{ g}$

$M = 98,079 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

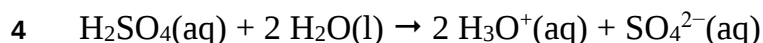
$$n = \frac{m}{M} = \frac{15}{98,079} = 0,15 \text{ mol}$$

$\text{H}_3\text{O}^+$ :  $n = 2 \cdot 0,15 = 0,31 \text{ mol} \quad (1 : 2)$

$V = 475 \text{ mL} = 0,475 \text{ L}$

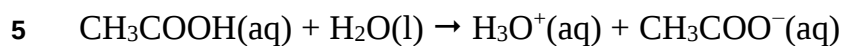
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{n}{V} = \frac{0,31}{0,475} = 0,64 \text{ M}$$

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(0,64) = \underline{\underline{0,19}} \quad (\text{twee decimalen})$



$\text{H}_3\text{O}^+$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,3} = 0,005 \text{ M}$

$\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $c = \frac{1}{2} \cdot 0,005 = \underline{\underline{0,003 \text{ M}}} \quad (\text{één sign cijfer})$



| $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | $\text{CH}_3\text{COOH}$ | $\text{H}_3\text{O}^+$ | $\text{CH}_3\text{COO}^-$ |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| B                                | 0,15                     | 0                      | 0                         |
| O                                | -x                       | +x                     | +x                        |
| E                                | 0,15 - x                 | x                      | x                         |

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

$$K_z = \frac{x \cdot x}{0,15 - x} = 1,7 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 = (0,15 - x) \cdot 1,7 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 = 2,55 \cdot 10^{-6} - 1,7 \cdot 10^{-5}x$$

$$x^2 + 1,7 \cdot 10^{-5}x - 2,55 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$x = \frac{-1,7 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{(1,7 \cdot 10^{-5})^2 - 4 \cdot 1 \cdot -2,55 \cdot 10^{-6}}}{2} = 0,0016$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 0,0016 \text{ M} \quad (\text{twee sign cijfers})$$

$$\text{pH} = -\log(0,0016) = \underline{\underline{2,80}} \quad (\text{twee decimalen})$$

Of even checken of je mag verwaarlozen:

$$\frac{c_b}{K_z} = \frac{0,15}{1,7 \cdot 10^{-5}} = 8,8 \cdot 10^3 \geq 100 \text{ dus verwaarlozen mag:}$$

$$K_z = \frac{x \cdot x}{0,15 - x} = 1,7 \cdot 10^{-5} \quad 0,15 - x \approx x$$

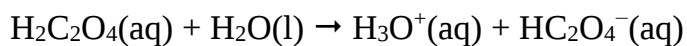
$$K_z = \frac{x \cdot x}{0,15} = 1,7 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 = 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 0,15 = 2,55 \cdot 10^{-6} \Leftrightarrow x = 0,0016 \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 0,0016 \text{ M} \text{ en } \text{pH} = -\log(0,0016) = \underline{\underline{2,80}} \quad (\text{twee decimalen})$$

6  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :  $m = 3,8 \text{ g}$   
 $M = 90,036 + 2 \cdot 18,016 = 126,068 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $n = \frac{m}{M} = \frac{3,8}{126,068} = 0,030 \text{ mol}$

$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ :  $n = 0,030 \text{ mol}$   
 $V = 600 \text{ mL} = 0,600 \text{ L}$   
 $c = \frac{n}{V} = \frac{0,030}{0,600} = 0,050 \text{ M}$



| $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | $\text{H}_3\text{O}^+$ | $\text{HC}_2\text{O}_4^-$ |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------------|
| B                                | 0,050                            | 0                      | 0                         |
| O                                | -x                               | +x                     | +x                        |
| E                                | $0,050 - x$                      | x                      | x                         |

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HC}_2\text{O}_4^-]}{[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]} = 5,6 \cdot 10^{-2}$$

$$K_z = \frac{x \cdot x}{0,050 - x} = 5,6 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{c_b}{K_z} = \frac{0,050}{5,6 \cdot 10^{-2}} = 0,89 \leq 100 \text{ dus verwaarlozen mag niet: abc-formule}$$

$$x^2 = (0,050 - x) \cdot 5,6 \cdot 10^{-2}$$

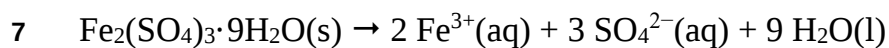
$$x^2 = 0,0028 - 0,056x$$

$$x^2 + 0,056x - 0,0028 = 0$$

$$x = \frac{-0,056 \pm \sqrt{(0,056)^2 - 4 \cdot 1 \cdot -0,0028}}{2} = 0,032$$

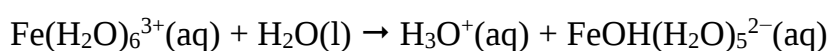
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 0,032 \text{ M} \quad (\text{twee sign cijfers})$$

$$\text{pH} = -\log(0,032) = \underline{\underline{1,49}} \quad (\text{twee decimalen})$$



$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}: m = 11 \text{ g}$   
 $M = 399,88 + 9 \cdot 18,016 = 562,024 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $n = \frac{m}{M} = \frac{11}{562,024} = 0,020 \text{ mol}$

$\text{Fe}^{3+}: n = 2 \cdot 0,020 = 0,039 \text{ mol} \quad (1 : 2)$   
 $V = 2,45 \text{ L}$   
 $[\text{Fe}^{3+}] = \frac{n}{V} = \frac{0,039}{2,45} = 0,016 \text{ M}$



| $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ | $\text{H}_3\text{O}^+$ | $\text{FeOH}(\text{H}_2\text{O})_5^{2-}$ |
|----------------------------------|----------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| B                                | 0,016                                  | 0                      | 0                                        |
| O                                | -x                                     | +x                     | +x                                       |
| E                                | 0,016 - x                              | x                      | x                                        |

$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{FeOH}(\text{H}_2\text{O})_5^{2-}]}{[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}]} = 1,5 \cdot 10^{-3}$

$K_z = \frac{x \cdot x}{0,016 - x} = 1,5 \cdot 10^{-3}$

$\frac{c_b}{K_z} = \frac{0,016}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 11 \leq 100$  dus verwaarlozen mag niet: abc-formule

$x^2 = (0,016 - x) \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}$

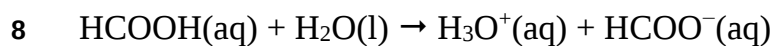
$x^2 = 2,40 \cdot 10^{-5} - 1,5 \cdot 10^{-3}x$

$x^2 + 1,5 \cdot 10^{-3}x - 2,40 \cdot 10^{-5} = 0$

$x = \frac{-1,5 \cdot 10^{-3} \pm \sqrt{(1,5 \cdot 10^{-3})^2 - 4 \cdot 1 \cdot -2,40 \cdot 10^{-5}}}{2} = 0,0042$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 0,0042 \text{ M} \quad (\text{twee sign cijfers})$

$\text{pH} = -\log(0,0042) = \underline{\underline{2,38}} \quad (\text{twee decimalen})$



$\text{H}_3\text{O}^+$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+]_e = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,30} = 0,0050$  (twee sign cijfers)

| $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | HCOOH        | $\text{H}_3\text{O}^+$ | $\text{HCOO}^-$ |
|----------------------------------|--------------|------------------------|-----------------|
| B                                | $x$          | 0                      | 0               |
| O                                | -0,0050      | +0,0050                | +0,0050         |
| E                                | $x - 0,0050$ | 0,0050                 | 0,0050          |

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

$$K_z = \frac{0,0050 - 0,0050}{x - 0,0050} = 1,8 \cdot 10^{-4}$$

$$1,8 \cdot 10^{-4}(x - 0,0050) = (0,0050)^2$$

$$1,8 \cdot 10^{-4}x - 9,0 \cdot 10^{-7} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$x = \frac{2,5 \cdot 10^{-5} + 9,0 \cdot 10^{-7}}{1,8 \cdot 10^{-4}} = 0,14$$

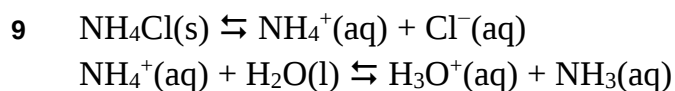
HCOOH:  $[\text{HCOOH}]_b = x = 0,14 \text{ M}$

$$V = 235 \text{ mL} = 0,235 \text{ L}$$

$$n = [\text{HCOOH}] \cdot V = 0,14 \cdot 0,235 = 0,034 \text{ mol}$$

$$M = 46,026 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = n \cdot M = 0,034 \cdot 46,026 = \underline{\underline{1,6 \text{ g}}}$$



$\text{H}_3\text{O}^+$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+]_e = 10^{-\text{pH}} = 10^{-5,00} = 1,0 \cdot 10^{-5}$  (twee sign cijfers)

| $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | $\text{NH}_4^+$         | $\text{H}_3\text{O}^+$ | $\text{NH}_3$        |
|----------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| B                                | $x$                     | 0                      | 0                    |
| O                                | $-1,0 \cdot 10^{-5}$    | $+1,0 \cdot 10^{-5}$   | $+1,0 \cdot 10^{-5}$ |
| E                                | $x - 1,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$    | $1,0 \cdot 10^{-5}$  |

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 5,6 \cdot 10^{-10}$$

$$K_z = \frac{(1,0 \cdot 10^{-5})^2}{x - 1,0 \cdot 10^{-5}} = 5,6 \cdot 10^{-10}$$

$$5,6 \cdot 10^{-10}(x - 1,0 \cdot 10^{-5}) = (1,0 \cdot 10^{-5})^2$$

$$5,6 \cdot 10^{-10}x - 5,6 \cdot 10^{-15} = 1,0 \cdot 10^{-10}$$

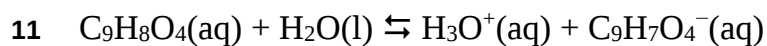
$$x = \frac{1,0 \cdot 10^{-10} + 5,6 \cdot 10^{-15}}{5,6 \cdot 10^{-10}} = 0,18$$

$\text{NH}_4^+$ :  $[\text{NH}_4^+]_b = x = 0,18 \text{ M}$   
 $V = 750 \text{ mL} = 0,750 \text{ L}$   
 $n = [\text{NH}_4^+] \cdot V = 0,18 \cdot 0,750 = 0,13 \text{ mol}$

$\text{NH}_4\text{Cl}$ :  $n = 0,13 \text{ mol}$  (1 : 1)  
 $M = 53,491 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $m = n \cdot M = 0,13 \cdot 53,491 = \underline{\underline{7,2 \text{ g}}}$

10  $\text{HNCO}$ :  $m = 5,00 \text{ g}$   
 $M = 43,028 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $n = \frac{m}{M} = \frac{5,00}{43,028} = 0,116 \text{ mol}$   
 $V = 800 \text{ mL} = 0,800 \text{ L}$   
 $c = \frac{n}{V} = \frac{0,116}{0,800} = 0,145 \text{ M}$

Als het een *sterk* zuur zou zijn, wordt HNCO volledig geïoniseerd en zou er  $0,145 \text{ M H}_3\text{O}^+$  ontstaan en zou de  $\text{pH} = 0,838$  worden. De pH is hoger, dus minder zuur, dus een zwak zuur.



$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ :  $m = 500 \text{ mg} = 0,500 \text{ g}$   
 $M = 180,154 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $n = \frac{m}{M} = \frac{0,500}{180,154} = 0,00278 \text{ mol}$   
 $V = 250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$   
 $c_b = \frac{n}{V} = \frac{0,00278}{0,250} = 0,0111 \text{ M}$  (Dit is beginconcentratie)

$\text{H}_3\text{O}^+$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+]_e = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,73} = 0,0019 \text{ M}$  (Evenwichtsconcentratie)

| $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ | $\text{H}_3\text{O}^+$ | $\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-$ |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| B                                | 0,0111                           | 0                      | 0                                  |
| O                                | -0,0019                          | +0,0019                | +0,0019                            |
| E                                | 0,0092                           | 0,0019                 | 0,0019                             |

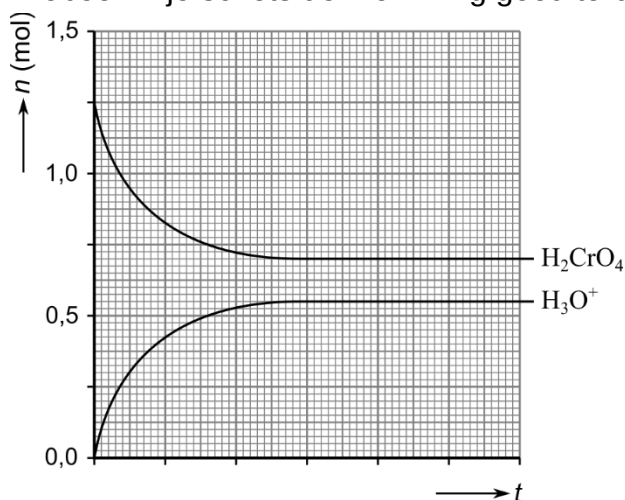
$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]}{[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]} = \frac{0,0019 \cdot 0,0019}{0,0092} = \underline{\underline{3,8 \cdot 10^{-4}}}$$

$$\text{p}K_z = -\log K_z = -\log(3,8 \cdot 10^{-4}) = \underline{\underline{3,4}}$$

Opm: aangezien hier drie verschillende significantieregels door elkaar lopen (vermenigvuldigen/delen, optellen/afrekken, logaritme) laten we de significantie hier buiten beschouwing.

## Waterstofjodaat

- 12 Chroomzuur staat onder  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dus is een zwak zuur met  $K_z = 0,18$ .
- 13  $\text{H}_2\text{CrO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCrO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- 14 Als chroomzuur een sterk zuur zou zijn, zou de reactie aflopend zijn en zou de hoeveelheid chroomzuur op nul uit moeten komen.
- 15 Probeer in je schets de kromming goed te benaderen. Zet wat tussenpunten.



16  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{0,70}{2,5} = 0,28 \text{ M}$  (twee sign cijfers)

$\text{pH} = -\log(0,28) = 0,55$  (twee decimalen)

17  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCrO}_4^-] = \frac{0,55}{2,5} = 0,22 \text{ M}$

$[\text{H}_2\text{CrO}_4] = \frac{0,70}{2,5} = 0,28 \text{ M}$

$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCrO}_4^-]}{[\text{H}_2\text{CrO}_4]} = \frac{0,22 \cdot 0,22}{0,28} = \underline{\underline{0,17}}$