

0,21 mol van een zwak zuur HX wordt opgelost in water tot 0,250 L oplossing. De pH van die oplossing bedraagt 2,70. Als die oplossing aangelengd wordt tot 1,000 L, hoe groot is dan de pH?

Oplossing



Uit de gegevens in verband met de eerste oplossing kan K_a van het zuur berekend worden.

$$c_{\text{O}_{\text{HX}}} = \frac{0,21 \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} = 0,84 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{pH} = 2,70 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-2,70} = 1,995 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Telkens een zuurmolecule een proton afsplitst, ontstaat er ook een X^- -ion $\Rightarrow [\text{X}^-] = 1,995 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

mol/L	HX	H^+	X^-
Begin	0,84	0	0
Δ	$- 1,995 \cdot 10^{-3}$	$+ 1,995 \cdot 10^{-3}$	$+ 1,995 \cdot 10^{-3}$
Evenwicht	0,838	$1,995 \cdot 10^{-3}$	$1,995 \cdot 10^{-3}$

$$K_a = \frac{1,995 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \times 1,995 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right)}{0,838 \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right)} = 4,75 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right)$$

De concentratie van de aangelengde oplossing bedraagt: $c_{\text{O}_{\text{HX}}} = \frac{0,21 \text{ mol}}{1,000 \text{ L}} = 0,21 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$.

De pH van die verdunde oplossing kan uit K_a berekend worden.

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]_{\text{ev}} \times [\text{X}^-]_{\text{ev}}}{[\text{HX}]_{\text{ev}}} = \frac{[\text{H}^+]_{\text{ev}}^2}{c_{\text{O}_{\text{HX}}} - [\text{H}^+]_{\text{ev}}} = 4,75 \cdot 10^{-6}$$

Benaderende werkwijze

Vermits HX een zwak zuur is, worden er relatief weinig protonen afgesplitst $\Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{ev}} \ll c_{\text{O}_{\text{HX}}}$

Dus:

$$\frac{[\text{H}^+]_{\text{ev}}^2}{c_{\text{O}_{\text{HX}}}} = 4,75 \cdot 10^{-6} \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{ev}}^2 = 4,75 \cdot 10^{-6} \times c_{\text{O}_{\text{HX}}} = 4,75 \cdot 10^{-6} \times 0,21 = 9,98 \cdot 10^{-7}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{ev}} = \sqrt{9,98 \cdot 10^{-7}} = 9,99 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

pH = 3,00

Exacte werkwijze

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]_{\text{ev}} \times [\text{X}^-]_{\text{ev}}}{[\text{HX}]_{\text{ev}}} = \frac{[\text{H}^+]_{\text{ev}}^2}{c_{\text{HX}} - [\text{H}^+]_{\text{ev}}} = 4,75 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{[\text{H}^+]_{\text{ev}}^2}{0,21 - [\text{H}^+]_{\text{ev}}} = 4,75 \cdot 10^{-6}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{ev}}^2 + 4,75 \cdot 10^{-6} \times [\text{H}^+]_{\text{ev}} - 9,975 \cdot 10^{-7} = 0$$

$$D = (4,75 \cdot 10^{-6})^2 - 4(-9,975 \cdot 10^{-7}) = 3,99002 \cdot 10^{-6}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{ev}} = \frac{-4,75 \cdot 10^{-6} \pm \sqrt{3,99002 \cdot 10^{-6}}}{2}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{ev}} = 9,964 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

pH = 3,00

De pH-berekening uitvoeren op deze exacte, maar meer tijdrovende werkwijze loont echt niet de moeite voor een zwak zuur.