

Lösungen (ohne Gewähr)

Die meisten Aufgaben lassen sich durch die im Unterricht besprochenen Formeln (auch im Tabellenbuch zu finden) durch Umformen und Einsetzen lösen. Alternativ dazu können die meisten Aufgaben in einer Kombination aus Dreisatz und folgenden 3 Grundgleichungen gelöst werden: $M = m/n$; $c = n/V$ und $\beta = m/V$ (M : Molare Masse, n : Stoffmenge, c : Stoffmengenkonzentration; β : Massenkonzentration, V : Volumen).

Nr. 1

Aus den Atommassen bzw. Molaren Massen im PSE, der Beziehung $M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}$ und der AVOGADRO-Konstante

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \text{ folgt:}$$

$$\text{a) } M(\text{NiCl}_2) = 2 \cdot M(\text{Cl}) + M(\text{Ni}) = 2 \cdot 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 58,69 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 129,59 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\begin{aligned} M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) &= 2 \cdot M(\text{Na}) + M(\text{C}) + 13 \cdot M(\text{O}) + 20 \cdot M(\text{H}) = \\ \text{b) } &= 2 \cdot 23,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 13 \cdot 15,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 20 \cdot 1,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 286,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

$$\text{c) } n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{150 \text{g}}{26,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,56 \text{mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{200 \cdot 10^{-3} \text{g}}{98,079 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,039 \cdot 10^{-3} \text{mol}$$

d) Dreisatz:

$$1 \text{mol} \quad \cong 6,023 \cdot 10^{23}$$

$$2,039 \cdot 10^{-3} \text{mol} \cong N$$

$$N = 1,228 \cdot 10^{21} \text{Teilchen}$$

$$\text{e) } m(\text{H}_2\text{SO}_4) = M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,079 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,75 \text{mol} = 171,638 \text{g}$$

$$\text{f) } m(\text{NO}_3^-) = M(\text{NO}_3^-) \cdot n(\text{NO}_3^-) = 62,005 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{mol} = 0,124 \text{g}$$

Nr. 2

$$\text{a) } \beta(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 158,110 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 316,22 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\text{b) } \beta(\text{HClO}_3) = c(\text{HClO}_3) \cdot M(\text{HClO}_3) = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 84,4588 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 42,229 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Nr. 3

$$\text{a) } c(\text{NaCl}) = \frac{\beta(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{0,25 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{58,4425 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 4,2778 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$b) c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{\beta(\text{CH}_3\text{COOH})}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{150 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{L}}}{60,053 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,4978 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Nr. 4

$$a) \beta(\text{H}_2\text{SO}_4) = w(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2008 \cdot 1,140 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 0,228912 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 0,228912 \frac{\text{g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}} = 228,912 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$b) \beta(\text{NaOH}) = w(\text{NaOH}) \cdot \rho(\text{Lsg}) = 0,1373 \cdot 1,150 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 0,1579 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 0,1579 \frac{\text{g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}} = 157,9 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Nr. 5

$$a) w(\text{HNO}_3) = \frac{800 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{1,360 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = \frac{800 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{1,360 \frac{\text{g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}}} = \frac{800 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{1360 \frac{\text{g}}{\text{L}}} = 0,588 = 58,8\%$$

$$b) w(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{c(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl})}{\rho(\text{NH}_4\text{Cl})} = \frac{375,6 \frac{\mu\text{mol}}{\text{mL}} \cdot 53,4912 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1,0045 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = \frac{375,6 \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot \text{mol}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}} \cdot 53,4912 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1,0045 \frac{\text{g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}}}$$

$$= 0,0200 = 2,0\%$$

Nr. 6

$$a) w(\text{NaCl}) = \frac{c(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl})}{\rho(\text{NaCl})} = \frac{0,7 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 58,4425 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1,0267 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = \frac{0,7 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 58,4425 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1,0267 \frac{\text{g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}}} = 0,0398 = 3,98\%$$

$$b) \beta(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 1,9 \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{mol}}{\text{L}} \cdot 94,113 \frac{\text{g}}{\text{mol}} =$$

$$1,7881 \cdot 10^{-4} \frac{\text{g}}{\text{L}} = 1,7881 \cdot 10^{-4} \frac{1000 \text{mg}}{\text{L}} = 0,1788 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$c) \sigma(\text{EtOH}) = \frac{c(\text{EtOH}) \cdot M(\text{EtOH})}{\rho(\text{EtOH})} = \frac{0,0852 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 46,069 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,991153 \frac{\text{g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}}} = \frac{0,0852 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 46,069 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,991153 \frac{\text{g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}}}$$

$$3,9601 \cdot 10^{-3} = 3,96\%$$

$$d) \beta(\text{KOH}) = c(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 112 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{mL}} \cdot 56,1056 \frac{\text{g}}{\text{mol}} =$$

$$112 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{1 \cdot 10^{-3} \text{L}} \cdot 56,1056 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 62,838 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 62,838 \frac{1000 \cdot \text{mg}}{\text{L}} = 62838 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Nr. 7

$$a) \quad 1. \text{ Berechnen der Stoffmenge in 250 mL: } n(\text{KCl}) = V(\text{KCl}) \cdot c(\text{KCl}) = 0,20 \text{L} \cdot 1,75 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,35 \text{mol}$$

$$2. \text{ Berechnen der Masse } m: m(\text{KCl}) = n(\text{KCl}) \cdot M(\text{KCl}) = 0,35 \text{mol} \cdot 74,5510 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 26,0929 \text{g}$$

alternativer Berechnungsweg: 1. Berechnung der Masse m(KCl) in 1 L.

2. Herunterrechnen auf 200 mL (mit Dreisatz)

- b) 1. Berechnen der Massenkonzentration

$$\beta(\text{CH}_3\text{COOH}) = w(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \rho(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,08 \cdot 1,0098 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 0,080784 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

2. Berechnen der Masse

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \beta(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,080784 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot 2000 \text{mL} = 161,568 \text{g}$$

alternativer Berechnungsweg: 1. Berechnung der Masse von 2000 mL Lösung (mithilfe des Volumens und der Dichte: ($m = \rho \cdot V$) => $m = 2019,6 \text{ g}$)

2. Berechnung des Masse Essigsäure mithilfe des Massenanteils (

$$w = 0,08; w(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{m(\text{Lösung})}; \text{ umformen; } \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 161,568$$

- c) Bspw. Lösungsweg wie bei a) oder

1. Berechnen der Masse in 1 L (Masse von 75 mmol)

$$m(\text{CH}_4\text{ON}_2) = M(\text{CH}_4\text{ON}_2) \cdot n(\text{CH}_4\text{ON}_2) = 60,056 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 75 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 4,5042 \text{g}$$

2. Berechnen der Masse in 500 mL (Dreisatz)

$$m(\text{CH}_4\text{ON}_2) = \frac{0,5 \text{L}}{1 \text{L}} \cdot 4,5042 \text{g} = 2,2521 \text{g}$$

- d) 1. Berechnen der Masse Oxalsäure in 250 mL Lösung

$$m(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = \beta(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) \cdot V(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 3,2 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,25 \text{L} = 0,8 \text{g}$$

2. Berechnen des Massenanteils von Oxalsäure in Oxalsäure-Dihydrat

$$w(\text{Oxalsäure}) = \frac{M(\text{Oxalsäure})}{M(\text{Oxalsäure} - \text{Dihydrat})} = \frac{90,034 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{126,066 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,7142$$

z.B. In 100 g Oxalsäure-Dihydrat sind also 71,42 g Oxalsäure enthalten.

3. Dreisatz zur Berechnung der erforderlichen Masse

$$71,42 \text{g Oxalsäure} \hat{=} 100 \text{g Oxalsäure} - \text{Dihydrat}$$

$$0,8 \text{g Oxalsäure} \hat{=} x$$

$$x = 1,12 \text{ g}$$

Nr. 8.

In 5 g blauem Cu(II)-sulfat (= Cu(II)-sulfat-Pentahydrat) sind weniger als 5 g Cu(II)sulfat enthalten. Deshalb ist auch die resultierende Massenkonzentration geringer als 5 g/L. Der Anteil an CuSO₄ in CuSO₄ · 5 H₂O beträgt

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{159,610 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{249,686 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,6392$$

Die in 5 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ enthaltene Masse Cu(II)-sulfat beträgt damit $m(\text{CuSO}_4) = 0,6392 \cdot 5\text{g} = 3,196\text{g}$

Die Massenkonzentration beträgt also $\beta(\text{CuSO}_4) = 3,196\text{ g/L}$

Nr. 9

a) 1. Berechnung der Masse LiCl in 10 mL

$$m(\text{LiCl}) = \beta(\text{LiCl}) \cdot V(\text{LiCl}) = 5 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,01\text{L} = 0,05\text{g}$$

$$2. \text{ Berechnung der Masse Cl}^- \text{ in } 0,05\text{g LiCl } m(\text{Cl}^-) = \frac{M(\text{Cl}^-)}{M(\text{LiCl})} \cdot m(\text{LiCl}) = \frac{35,4527}{42,394} \cdot 0,05 = 0,0418\text{g}$$

b) fehlt noch. Ergebnis: $m(\text{K}^+) = 13,216\text{ g}$

10.

FÜR DIE STOFFMENGEN GILT:

$$n(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{8,9\text{g}}{219,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,0406244\text{mol}$$

Die gleiche Stoffmenge an CaCl_2 ist enthalten, da 1 Formeleinheit $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1 CaCl_2 enthält. $\Rightarrow n(\text{CaCl}_2) \approx 0,0406244\text{ mol}$. Da pro $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1 Ca^{2+} und 2 Cl^- enthalten sind, gilt weiterhin:

$$n(\text{Ca}^{2+}) \approx 0,0406244\text{ mol} \text{ sowie } n(\text{Cl}^-) \approx 2 \cdot 0,0406244\text{ mol} \approx 0,0812488\text{ mol}$$

FÜR DIE MASSEN GILT:

$$m(\text{CaCl}_2) = M(\text{CaCl}_2) \cdot n(\text{CaCl}_2) \Rightarrow m(\text{CaCl}_2) = 110,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,0406244\text{mol} \approx 4,508450\text{g}$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = M(\text{Ca}^{2+}) \cdot n(\text{Ca}^{2+}) \Rightarrow m(\text{Ca}^{2+}) = 40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,0406244\text{mol} \approx 1,628226\text{g}$$

$$m(\text{Cl}^-) = M(\text{Cl}^-) \cdot n(\text{Cl}^-) \Rightarrow m(\text{Cl}^-) = 35,453 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,0812488\text{mol} \approx 2,88051\text{g}$$

FÜR DIE MASSENKONZENTRATIONEN GILT:

$$\beta(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{V(\text{Lsg.})} \Rightarrow \beta(\text{CaCl}_2) = \frac{4,508450\text{g}}{0,5\text{L}} \approx 9,017 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\beta(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{V(\text{Lsg.})} \Rightarrow \beta(\text{Ca}^{2+}) = \frac{1,628226\text{g}}{0,5\text{L}} \approx 3,256 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\beta(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{V(\text{Lsg.})} \Rightarrow \beta(\text{Cl}^-) = \frac{2,88051\text{g}}{0,5\text{L}} \approx 5,761 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

11.

Berechnung der erforderlichen Masse $m(\text{NO}_3^-)$

$$m(\text{NO}_3^-) = \beta(\text{NO}_3^-) \cdot V(\text{Lsg.}) = 25 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,1\text{L} = 2,5\text{g}$$

ALTERNATIVE1: Berechnung der erforderlichen Masse an Ausgangsstoff (ohne Benutzung von Massenanteilen)

$$n(\text{NO}_3^-) = \frac{m(\text{NO}_3^-)}{M(\text{NO}_3^-)} = \frac{2,5\text{g}}{62,005 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,040319\text{mol}$$

Da ein Teilchen $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 2 NO_3^- liefert, ist die benötigte Stoffmenge an Salz nur halb so groß:

$$n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) \approx 0,020160\text{ mol}$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,020160\text{mol} \cdot 241,601 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 4,87\text{g}$$

ALTERNATIVE2: Berechnung der erforderlichen Masse an Ausgangsstoff (mit Benutzung von Massenanteilen)

$$w(\text{NO}_3^-) = \frac{2 \cdot M(\text{NO}_3^-)}{M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})} = \frac{2 \cdot 62,005 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{241,601 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,513276$$

Der Ausgangsstoff besteht zu 51,3276 % aus NO_3^- . Welche Masse an Ausgangsstoff ist also erforderlich um 2,5 g NO_3^- zu erhalten? =>

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{NO}_3^-)}{w(\text{NO}_3^-)} \Rightarrow$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,5\text{g}}{0,5132758} \approx 4,87\text{g}$$

4,87 g werden in einen 100 mL Messkolben eingewogen und unter Lösen bis zur Marke mit H_2O aufgefüllt.

Nr. 12

5 g Cu^{2+} entsprechen $n = 0,07868315866\text{ mol}$.

Da in 1 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ auch 1 Cu^{2+} -Teilchen enthalten ist, werden auch $n = 0,07868315866\text{ mol}$ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ benötigt. Das sind 19,64608315 g reines $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Da aber nur verunreinigtes $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ zur Verfügung steht, muss etwas mehr eingewogen werden:

$$m_{\text{gesamt}} = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{w(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{19,64608315\text{g}}{0,96} \approx 20,46\text{g}$$

20,46 g des Ausgangsgemisches werden unter Rühren in einem Becher mit Wasser auf eine Gesamtmasse von 150 g gelöst.

Nr. 13

Das Methanolvolumen beträgt 6% der Methanollösung (z.B. 0,06 mL pro mL Lösung). In 500 mL sind also 30 mL reines Methanol. Dieses Volumen wird auf 500 mL Gesamtvolumen verdünnt.

Nr. 14

Pro Liter Blut sind 162 g ($=162 \cdot 10^{12}$ pg) Hämoglobin und $5,1 \cdot 10^{12}$ Erythrozyten enthalten. Also sind rechnerisch 31,76 pg pro Ery enthalten.