

- 40 mL einer 0,1 M AgNO_3 -Lsg ($t = 0,986$) werden zu einer Arsenatlösung (Arsenat-Ion: AsO_4^{3-}) gegeben. Dabei fällt Silberarsenat (Ag_3AsO_4) quantitativ. Nach Abtrennen des Niederschlags werden im Filtrat durch HCl-Zugabe 138,1 mg AgCl gefällt. Welche Masse Arsen enthielt die Lösung?
- Blei(IV)-oxid geht beim Erhitzen in ein Blei(II,IV)-oxid über.
 - Welche beiden Reaktionen sind denkbar? Hinweis: Es gibt zwei Blei(II,IV)-oxide, eines enthält pro Formeleinheit 3 Oxid-Ionen, das andere 4 Oxid-Ionen.
 - Der Gewichtsverlust von 15,00 g PbO_2 beträgt 0,67 g. Welche der genannten Reaktionen entspricht dies?
- Die Analyse eines Minerals ergibt folgende Werte: $w(\text{Co}) = 35,6\%$, $w(\text{As}) = 45,1\%$, $w(\text{S}) = 19,3\%$
 - Welche Zusammensetzung hat das Mineral?
 - Welche formalen Oxidationsstufen kann man den Ionen zuordnen?
- Vanillin, the dominant flavoring in vanilla, contains C, H, and O. When 864 mg of this substance are completely combusted in air, 2.00 g of CO_2 and 409 mg of H_2O are produced. What is the empirical formula of vanillin?
- 5,00 g of an organic compound produce 16,90 g CO_2 and 3,460 g H_2O when completely combusted. What is the empirical formula? Draw a LEWIS structure of the substance.
- When a 2.00-g mixture of CaCl_2 (formula weight: 111) and RbCl (formula weight 121) was analyzed, the result reports that the mixture contains a total of 0.0241 mol Cl^- ions. Find weight percentage of RbCl and CaCl_2 in the sample.
- Dolomit ist ein Gestein, das aus CaCO_3 und MgCO_3 besteht. Eine Probe der Masse 500,4 mg wird bis zur Gewichtskonstanz geglüht, die Restmasse beträgt 260,1 mg. Berechnen Sie die Stoffmengenanteile der beiden Komponenten.
- (*) Welche Atommasse fanden BERZELIUS und DULONG im Jahre 1819 für Sauerstoff, wenn sie bei der Verbrennung von reinem Wasserstoff in glühendem Kupferoxid 30,519 g Wasser erhielten und das Kupferoxid 27,129 g an Gewicht verlor. Die relative Atommasse von Wasserstoff wurde gleich 1 gesetzt. Anmerkungen: Die relativen Molekülmassen von sauerstoffhaltigen Verbindungen, etwa $M(\text{H}_2\text{O})$ und $M(\text{CuO})$ waren unbekannt, da $M(\text{O})$ unbekannt war, und dürfen für die Berechnung deshalb nicht benutzt werden. Die Reaktionsgleichung und die stöchiometrischen Zusammensetzungen der relevanten Verbindungen (Verhältnisformeln) waren jedoch bekannt. Erklärung des Ausdrucks „relative Atommasse“: Alle Atommassen wurden als Vielfache der Atommassen eines H-Atoms angesehen. So hat Helium die relative Atommasse $M = 4$ (ohne Einheit!), da ein He-Atom vier mal schwerer als das H-Atom ist. Der Zahlenwert entspricht also dem, was wir heute als „Atommasse in der Einheit u“ bezeichnen.
- (*) Der Gehalt an Aluminium, Kupfer und Magnesium in einer Probe aus *Duraluminium* soll bestimmt werden. 8,7540 g Probe wurden zu 250 mL Lösung gelöst. Zu 50 mL dieser Lösung wurde durch Laugenzugabe Aluminiumhydroxid und Kuperhydroxid gefällt. Beim Glühen erhielt man daraus ein 3,1671 g eines Gemisches aus Al_2O_3 und CuO . Weite 50 mL der Lösung wurden mit Phosphat versetzt und nach Glühen 7,4897 g eines Gemisches aus $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ und AlPO_4 . Bestimmen Sie die Massenanteile der drei Metalle in der Legierung.

Lösungen – ohne Gewähr

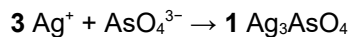
Nr. 1

Berechnung der Restmenge an Ag^+ (nach Fällung des Silberarsenats) $138,1 \text{ mg AgCl} \Rightarrow n(\text{AgCl}) = 0,00096357128 \text{ mol} = n(\text{Ag}^+)$.

Berechnung der Anfangsmenge an Ag^+ (vor Fällung des Silberarsenats):

$$n_0(\text{Ag}^+) = c(\text{Ag}^+) \cdot t \cdot V(\text{Lsg}) = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,986 \cdot 0,04 \text{L} = 0,003944 \text{ mol}$$

Gefällte Stoffmenge: $n(\text{Ag}^+) = 0,003944 \text{ mol} - 0,00096357128 \text{ mol} = 0,002980428 \text{ mol}$

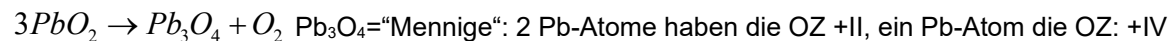


Gefällte Stoffmenge an Arsen oder Arsenat: $n(\text{As}) = n(\text{AsO}_4^{3-}) = 1/3 \cdot 0,002980428 \text{ mol} = 0,00099347624 \text{ mol}$ (aus Koeffizientenverhältnis der Fällungsreaktion)

$$m(\text{As}) = n(\text{As}) \cdot M(\text{As}) = 0,00099347624 \text{ mol} \cdot 74,9216 \text{ g/mol} \approx \underline{0,0744 \text{ g}}$$

Nr. 2

a)



$4\text{PbO}_2 \rightarrow 2\text{Pb}_2\text{O}_3 + \text{O}_2$ Im Sesquioxid (Bleitrioxid, Pb_2O_3) besitzt ein Pb-Atom die OZ +II, das andere die OZ +IV.

$$\text{b) } n(\text{PbO}_2) = \frac{m(\text{PbO}_2)}{M(\text{PbO}_2)} = \frac{15 \text{ g}}{239,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,062709 \text{ mol}$$

Mit den Koeffizientenverhältnissen folgt:

$$\text{Mennige: } n(\text{O}_2) = 1/3 \cdot n(\text{PbO}_2) = 1/3 \cdot 0,062709 \text{ mol} = 0,02090301 \text{ mol O}_2. (\hat{=} \underline{0,67 \text{ g O}_2})$$

$$\text{Bleisesquioxid: } n(\text{O}_2) = 1/4 \cdot n(\text{PbO}_2) = 1/4 \cdot 0,062709 \text{ mol} = 0,01567725 \text{ mol O}_2 (\hat{=} \underline{0,50 \text{ g O}_2})$$

Es bildet sich also Mennige.

Nr. 3

100 g Mineral enthalten 35,6 g Co, 45,1 g As und 19,3 g S.

Umrechnung in Stoffmengen

$$n(\text{Co}) = \frac{m(\text{Co})}{M(\text{Co})} = \frac{35,6 \text{ g}}{58,9932 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,603459 \text{ mol}$$

$$n(\text{As}) = \frac{m(\text{As})}{M(\text{As})} = \frac{45,1 \text{ g}}{74,9216 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,6019626 \text{ mol}$$

$$n(S) = \frac{m(S)}{M(S)} = \frac{19,3 \text{ g}}{32,065 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,6019024 \text{ mol}$$

Das Mineral enthält die drei Elemente in gleichen Stoffmengen. Die Verhältnisformeln lautet: CoAsS.
Es handelt sich um das Mineral Cobaltit (Cobaltglanz).

Nr. 4

allgemeine Reaktionsgleichung: $C_x H_y O_z + (x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}) O_2 \rightarrow x CO_2 + \frac{y}{2} H_2O$

$$m(\text{CO}_2) = 2,00 \text{ g} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 0,0454421722 \text{ mol} = x$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,409 \text{ g} \Rightarrow n(\text{H}_2\text{O}) = 0,022703 \text{ mol} = y/2 \Rightarrow y = 0,045406$$

$\Rightarrow y$ und x sind in der Formel $C_x H_y O_z$ ungefähr gleich groß.

Die als Reaktionspartner verbrauchte Masse $m(\text{O}_2)$ lässt sich aus der Massendifferenz berechnen.

$$m(\text{O}_2) = (2,00 \text{ g} + 0,409 \text{ g}) - 0,864 \text{ g} = 1,545 \text{ g} \Rightarrow \text{Umrechnung} \Rightarrow n(\text{O}_2) = 0,048283 \text{ mol}$$

$$x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} = 0,048283; \text{ Setzt man die oben gefundenen Werte für } x \text{ und } y \text{ ein folgt:}$$

$$0,0454421722 + \frac{0,045406}{4} - \frac{z}{2} = 0,048283 \Rightarrow z = 0,0170213$$

Die Verbindung hat die Formel: $C_{0,0454421722} H_{0,045406} O_{0,0170213} \Rightarrow$ Teilt man durch den kleinsten vorkommenden Index (0,0170213) so kommt man zu $C_{2,667} H_{2,667} O_1$ oder das Ganze multipliziert mit 3:



Nr. 5

Der Lösungsweg ist derselbe wie bei Nr. 3

$$x = n(\text{CO}_2) = 0,38400$$

$$y/2 = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,1920600 \Rightarrow y = 0,38412$$

$$m(\text{O}_2) = 15,36 \text{ g} \Rightarrow 0,48002 \text{ mol}$$

$$x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} = 0,48002 \Rightarrow \text{einsetzen} \Rightarrow 0,38400 + \frac{0,38412}{4} - \frac{z}{2} = 0,48002 \Rightarrow z = 0,00002$$

z ist also verschwinden gering in Relation zu x und y . Die Verbindung enthält kein Sauerstoff.

$x \approx y \Rightarrow$ Die Verbindung enthält gleich viel C wie H. Verhältnisformel: $(\text{CH})_n$. Es kann sich z.B. um Ethin (Acetylen, C_2H_2) oder um Benzen (C_6H_6) handeln. Die Lewisformeln sind hinlänglich bekannt.

Nr. 6

Die Massen von CaCl_2 und von RbCl müssen zusammen 2 g ergeben:

$$M(\text{CaCl}_2) \cdot n(\text{CaCl}_2) + M(\text{RbCl}) \cdot n(\text{RbCl}) = 2$$

$$111 \quad x \quad + \quad 121 \quad \cdot \quad y \quad = 2 \quad \text{(Gleichung 1)}$$

In x mol CaCl_2 sind $2 \cdot x$ mol Cl^- , in y mol RbCl sind y mol Cl^- . Die Gesamtstoffmenge an Cl^- muss 0,0241 mol ergeben $\Rightarrow 2x + y = 0,0241$ (**Gleichung 2**)

Es handelt sich also um ein Gleichungssystem mit 2 Unbekannten. Die Lösung ergibt:

$$x = 0,0069931298 \text{ mol} = n(\text{CaCl}_2) \text{ und } y = 0,01011374 \text{ mol} = n(\text{RbCl})$$

Die Umrechnung in die Massen ergibt:

$$m(\text{CaCl}_2) = 0,0069931298 \text{ mol} \cdot 111 \text{ g/mol} \approx 0,77624 \text{ g}$$

$$m(\text{RbCl}) = 0,01011374 \text{ mol} \cdot 121 \text{ g/mol} \approx 1,22376 \text{ g}$$

Umrechnung in die Massenanteile

$$w(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(\text{Probe})} = \frac{0,77624 \text{ g}}{2,00 \text{ g}} \approx 0,388 \text{ (38,8\%)}$$

$$w(\text{RbCl}) = \frac{m(\text{RbCl})}{m(\text{Probe})} = \frac{1,22376 \text{ g}}{2,00 \text{ g}} \approx 0,612 \text{ (61,2\%)}$$

Nr. 7

Durch das Glühen werden die Carbonate in Oxide überführt. Aus x CaCO_3 entstehen x CaO und aus y MgCO_3 entstehen y MgO

$$m(\text{CaCO}_3) + m(\text{MgCO}_3) = 0,5004 \text{ g} \Rightarrow$$

$$n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) + n(\text{MgCO}_3) \cdot M(\text{MgCO}_3) = 0,5004 \text{ g} \Rightarrow$$
$$x \cdot 100,09 + y \cdot 84,314 = 0,5004$$

$$m(\text{CaO}) + m(\text{MgO}) = 0,2601 \text{ g} \Rightarrow$$

$$n(\text{CaO}) \cdot M(\text{CaO}) + n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = 0,2601 \text{ g}$$
$$x \cdot 56,08 + y \cdot 40,304 = 0,2601$$

Lösen des linearen Gleichungssystems:

$$x = 0,0025377 \text{ mol} = n(\text{CaCO}_3) \text{ und } y = 0,0029224 \text{ mol} = n(\text{MgCO}_3)$$

$$n_{\text{gesamt}} = 0,0025377 \text{ mol} + 0,0029224 \text{ mol} = 0,0054601$$

$$\Rightarrow \chi(\text{CaCO}_3) = 0,465 \text{ (46,5\%)}, \chi(\text{MgCO}_3) = 0,535 \text{ (53,5\%)}$$

Nr. 8

Reaktionsgleichung: $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}$

Der Massenverlust von Kupferoxid entspricht der Masse an Sauerstoff die enthalten war $\Rightarrow m(\text{O}) = 27,129 \text{ g}$

Die Massendifferenz zwischen Wasser und Sauerstoff entspricht der Masse an Wasserstoff: $\Rightarrow m(\text{H}_2) = m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{O}) = 30,519 \text{ g} - 27,129 \text{ g} = 3,39 \text{ g}$

$$n(\text{H}_2) = m(\text{H}_2)/M(\text{H}_2) = 3,39/2 \text{ u} = 1,695 \text{ mol}$$

$$\frac{m(H_2)}{m(H_2O)} = \frac{M(H_2)}{M(H_2O)} \Rightarrow \frac{3,39g}{30,519g} = \frac{2}{2+x} \Rightarrow x \approx 16,005$$

Nr. 9

In 50-mL-Aliquoten sind 8,7540 g/5 = 1,7508 g Probe gelöst.

Abkürzung: x = m(Al), y = m(Cu), z = m(Mg) in jeweils 1,7508 g Probe.

Gleichung 1: Die Summe der drei Massen muss der Gesamtmasse entsprechen: x + y + z = 1,7508

Es gilt $\frac{m(Al)}{w_{Al_2O_3}(Al)} = m(Al_2O_3)$ sowie $\frac{m(Cu)}{w_{CuO}(Cu)} = m(CuO)$. w(Al) in Al₂O₃ und w(Cu) in CuO

können direkt einem Tabellenbuch (*im Küster-Thiel: bei den molaren Massen*) entnommen werden:

Mit m(Al₂O₃) + m(CuO) = 3,1671 g und m(Al) = x sowie m(Cu) = y folgt:

$$\frac{x}{0,52925} + \frac{y}{0,79886} = 3,1671 \Rightarrow \text{VEREINFACHUNG} \Rightarrow \frac{1}{0,52925}x + \frac{1}{0,79886}y = 3,1671 \Rightarrow$$

Gleichung 2: 1,889466x + 1,2517838y = 3,1671

Analog zu oben gilt auch: $\frac{m(Al)}{w_{AlPO_4}(Al)} = m(AlPO_4)$ sowie $\frac{m(Mg)}{w_{Mg_2P_2O_7}(Mg)} = m(Mg_2P_2O_7)$

Mit m(AlPO₄) + m(Mg₂P₂O₇) = 7,4897 g folgt also die Beziehung

$$\frac{x}{0,2213} + \frac{z}{0,21850} = 7,4879 \text{ bzw. nach VEREINFACHUNG}$$

Gleichung 3: 4,518753x + 4,576659z = 7,4879

Das Gleichungssystem mit 3 Unbekannten kann nun gelöst werden.

Ergebnis: x = m(Al) ≈ 1,614 g, y = m(Cu) ≈ 0,094 g, z = m(Mg) = 0,043 g

Berechnung der Massenanteile:

$$w(Al) = \frac{1,614g}{1,7508g} \approx 0,922 \cong 92,2\% \quad w(Cu) = \frac{0,094g}{1,7508g} \approx 0,054 \cong 5,4\%$$

$$w(Mg) = \frac{0,043g}{1,7508g} \approx 0,025 \cong 2,4\%$$