Rechnen mit Stoffmengen- und Massenkonzentrationen C1BL

CC BY NC SA
↓: laborberufe.de

Zu diesem Aufgabenblatt gibt es ein Lernvideo: https://youtu.be/-0KK4IXs6vo

1.1 10 g Natriumchlorid werden auf ein Gesamtvolumen von 500 mL Lösung gelöst. Berechnen Sie c(NaCl), c(Na^+), c(Cl^-), β(NaCl), β(Na^+) und β(Cl^-).

1.2 Berechnen Sie die in eckigen Klammern angegeben Größen in diesen Lösungen

a) Kaliumbromidlsg. mit c(K^+) = 0,5 mol/L, [c(Br^-)] und [c(KBr)]

b) $CaCl_2$-Lsg mit c($CaCl_2$) = 0,5 mol/L, [c(Ca^{2+})] und [c(Cl^-)]

c) Lithiumsulfatlsg. mit c = 2,1 µmol/L, [c(Li^+)] und [c(SO_4^{2-})]

d) $FeCl_3$-Lsg. mit c(Cl^-) = 1,8 mol/L, [c(Fe^{3+})] und [c($FeCl_3$)]

e) $Ni(NO_3)_2$-Lsg mit c(NO_3^-) = 0,3 mol/L, [c($Ni(NO_3)_2$)] u. [c(Ni^{2+})]

f) $CuCl_2$-Lösung mit β(Cu^{2+}) = 0,5 g/L, [c($CuCl_2$)] und [c(Cl^-)]

1.3 Welche Stoffmenge n(NH_4^+) und n(SO_4^{2-}) befinden sich in 50 mL einer 0,3-molaren Ammoniumsulfatlösung?

1.4 In welchem Volumen einer Glucoselösung mit β($C_6H_{12}O_6$)=20 g/L befinden sich 0,2 mol $C_6H_{12}O_6$?

1.5 50 g $CaCl_2$ werden auf ein Gesamtvolumen von 500 mL gelöst. Berechnen Sie c($CaCl_2$), c(Ca^{2+}), c(Cl^-), β(Ca^{2+}) und β(Cl^-).

1.6 In welchem Volumen einer 0,5 molaren Aluminiumnitrat-Lösung ($Al(NO_3)_3$) befinden sich 5 g Aluminium gelöst?

1.7 Welche Masse Cr^{3+} finden sich in 400 mL einer 150-millimolaren Chrom(III)-nitrat-Lösung?

1.8 Welche molare Masse M hat ein Salz, wenn in 750 mL einer 0,2-molaren- Salzlösung 17,4 g Salz gelöst sind?

1.9 Es sollen 2000 mL einer Natriumsulfit-Lösung hergestellt werden, mit β(Sulfit) = 15 g/L. Welche Masse Natriumsulfit muss eingewogen werden und wie wird die Lösung in der Praxis hergestellt?

1.10 20,0 g Ammoniumchlorid werden in 1000,0 mL Wasser gegeben.

a) Warum beträgt die β(Ammoniumchlorid) <u>nicht</u> 20,0 g/L?

b) Die Dichte der Lösung beträgt 1,0563 g/cm^3. Berechnen Sie β(Ammoniumchlorid) und c(Ammoniumchlorid).

1.11 Die Dichte einer Eisen(III)-chlorid-Lösung wurde auf ρ=1,182 g/cm^3 bestimmt. Eine chemische Analyse ergab, dass 50 g der Lösung insgesamt 0,5 g Chlorid-Ionen enthalten. Berechnen Sie c(Eisen(III)-chlorid).

1.12 Die Massenkonzentration an Ammoniumionen einer Ammoniumphosphat-Lösung beträgt β(Ammonium) = 13,1 g/L. Berechnen Sie β(Phosphat) in dieser Lösung.

1.13 *[zusammen mit Lehrkraft]* Wenn ein Ausgangsstoff X zur Herstellung einer Lösung flüssig ist, wird manchmal die ***Volumenkonzentration***, σ(X), als Gehaltsgröße genutzt. Sie ist analog der Massenkonzentration und der Stoffmengenkonzentration definiert. *[ähnlich einer Prüfungsaufgabe, z.B. 2017]*

a) Beschreiben Sie stichwortartig, was diese Gehaltsgröße angibt, und geben Sie die dazugehörige mathematische Formel zur Definition an.

b) Eine Volumenkonzentration kann auch *„ohne Einheit“* (d.h. Einheit = 1) oder in % angegeben werden. Begründen Sie.

c) Es sollen 250 mL einer Wirkstofflösung mit σ(Wirkstoff) = 0,03 hergestellt werden. Welches Volumen am Wirkstoff wird benötigt und wie wird die Lösung hergestellt?

2. Berücksichtigung von Kristallwasser bei c(X) und β(X)

2.1 Es sollen 100 mL einer Natriumcarbonat-Lösung mit c(Natriumcarbonat) = 50 µmol/L hergestellt werden. Welche Masse der jeweiligen Ausgangsstoffe ist einzusetzen? Geben Sie die wichtigsten Herstellungsschritte an.

a) Natriumcarbonat b) Kristallsoda: Natriumcarbonat-Dekahydrat (deka = zehn)

2.2 30 g Calciumnitrat-Tetrahydrat werden auf ein Gesamtvolumen von 500 mL gelöst. Wie groß ist c(Calciumnitrat), sowie die Stoffmengen- und die Massenkonzentrationen aller in Lösung vorliegenden Ionen.?

2.3 Zu welchem Gesamtvolumen müssen 30 g Eisen(III)-sulfat-Nonahydrat gelöst werden, um eine Lösung mit $\beta(Fe^{3+})$ = 50 µg/L zu erhalten? Schätzen Sie vor dem Rechnen, die Größenordnung der Ergebnisses ab (liegt das Ergebnis im Milliliterbereich oder im Kubikmeterbereich o.ä.?)!

2.4 Cetirizin (Cet) ist ein *Antihistaminikum*, ein Wirkstoff, das die Wirkung des körpereigenen Botenstoffs Histamin abschwächt oder aufhebt, und so u.a. Entzündungsprozesse begrenzt. Es wird bei Allergien und Heuschnupfen verschrieben. Welche Masse Cetirizin-Dihydrochlorid (Cet·2HCl) muss eine Tablette enthalten, wenn sie 100 mg Cetirizin (Cet) enthalten soll? M(Cet) = 388,89 g/mol

2.5 Es sollen aus Kupfer(II)nitrat-Trihydrat ($Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$) 100 mL einer Lösung mit $\beta(NO_3^-)$ = 25 g/L hergestellt werden. Wie gehen Sie vor?

2.6. Wie groß ist die mittlere Hämoglobinmasse (Hb) in einer roten Blutzelle in Picogramm, wenn in einer Blutprobe β(Hb) = 16,2 g/dL und die Erythrozytenzahl c(Ery) 5,1 10^6/µL beträgt? Hinweis: dL = Deziliter = Zehntelliter *(ähnlich regelmäßig wiederkehrender Prüfungsaufgabe CBL Abschlussprüfung Teil 1, beispielsweise Sommer 2018*)

2.7 150 g einer $CuSO_4$-Lösung sind herzustellen, die insgesamt 5 g Cu^{2+} enthalten. Als Ausgangsstoff steht technisches $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ mit einem $CuSO_4 \cdot 5H_2O$-Anteil von 96% zur Verfügung. Wie gehen Sie vor?

2.8 500 mL einer Natriumcarbonat-Lösung enthalten $\beta(CO_3^{2-})$ = 5 g/L

a) Wie viel Gramm Natriumcarbonat-Dekahydrat muss zur Lösung gegeben werden, um durch anschließendes Auffüllen mit H_2O auf 2 L eine Lösung mit $c(Na_2CO_3)$ = 2 mol/L zu erhalten?

b) Beschreiben Sie kurz zwei Vorteile bei der Benutzung kristallwasserhaltiger Salze bei Herstellung von Lösungen.

c) In welchem Volumen der ursprünglichen Ausgangslösung finden sich m = 150 mg Natrium Na^+?

3. Ankreuzaufgaben in Anlehnung an Prüfungsaufgaben

3.1 Ein Deo enthält eine Massenkonzentration $\beta(AlCl_3 \cdot 6H_2O)$ = 0,45 mg/L. Berechnen Sie Aluminiummasse im applizierten Sprühvolumen (0,2 mL). M($AlCl_3$) = 133,3 g/mol. M(H_2O) = 18,0 g/mol. M(Al) = 27,0 g/mol. *[ähnlich Prüfungsaufg., z.B. 2019]*

Ⓐ 90 µg Ⓑ 0,37 µg

Ⓒ 10 µg Ⓓ 9 µg

Ⓔ 3,7µg Ⓕ 10·ng

4. Aufgabenüberschuss (einige davon in Anlehnung an Klassenarbeits- und Prüfungsaufgaben)

4.1 Rechnen Sie in die in eckigen Klammern angegebene Größe aus bzw. in diese um (Molare Masse: M; Masse: m; Stoffmenge: n, Anzahl der Moleküle: N)

a) $NiCl_2$ Nickel(II)-chlorid [M]

b) $Na_2CO_3 \cdot 10\ H_2O$ Natriumcarbonat-Decahydrat [M]

c) 150 g Aluminium Al [n]

d) 200 mg reine Schwefelsäure (H_2SO_4) [N]

e) 1,75 mol Schwefelsäure H_2SO_4 [m]

f) 2,0 mmol Nitrat-Ionen NO_3^- [m]

4.2 Berechnen Sie aus der Stoffmengenkonzentration die Massenkonzentration.

a) Natriumthiosulfat-Lsg. $c(Na_2S_2O_3)$ = 2 mol/L

b) Chlorsäure $c(HClO_3)$ = 0,50 mol/L

4.3 Welche Stoffmengenkonzentration c(X) hat die jeweilige Lösung mit folgender Massenkonzentration?

a) β(NaCl) = 0,25 g/L

b) $\beta(CH_3COOH)$ = 150 mg/L (Essigsäure)

4.4 Berechnen Sie die einzuwiegenden Massen des Reinstoffes um folgende Lösungen herzustellen.

a) 200 mL KCl mit c(KCl) = 1,75 mol /L

b) 500 mL Harnstoff-Lösung mit $c(CH_4ON_2)$ = 75 mmol/L

c) 250 mL Oxalsäure-Lsg. mit $\beta(C_2O_4H_2)$ = 3,2 g/L aus Oxalsäure-Dihydrat $C_2O_4H_2 \cdot 2\ H_2O$

4.5 Wiegt man Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat mit $m(CuSO_4 \cdot 5H_2O)$ = 5 g ein und füllt in einem Messkolben bis 1000 mL-Marke auf, so ist die Massenkonzentration der Lösung **nicht** $\beta(CuSO_4)$ = 5 g/L. Erklären Sie diesen Sachverhalt in wenigen Sätzen und berechnen Sie die tatsächliche Massenkonzentration.

Fortsetzung mit weiteren Aufgaben und *Musterlösungen unter www.laborberufe.de*

4.6 Berechnen Sie die Masse des in eckigen Klammern angegebenen Stoffs im Volumen der folgenden Lösungen

a) 10 mL mit β(LiCl) = 5 g/L [Cl^-]

b) 130 mL c(K_2CrO_4) = 1,3 mol/L [K^+]

4.7 8,9 g Calciumchlorid-Hexahydrat werden auf insgesamt 500 mL gelöst. Berechnen Sie β($CaCl_2$), β(Ca^+) und β(Cl^-).

4.8 Berechnen Sie die in der eckigen Klammer angegeben Größe mit der dort angegebenen Einheit

a) c(Phenol) = 1,9 µmol/L [β(C_6H_5OH), mg/L]

b) c(KOH) = 112 ·10^{-5} mol/mL [β(KOH), mg/L]

4.9 Zur Färbung von Wasser eines Aquariums für Wasserpflanzen werden 16 Tropfen Methylenblau mit β(Methylenblau) = 1 mg/mL pro 10 Liter Wasser in das Aquarium gegeben. Eine Zählung ergab, dass 25 Tropfen der Lösung ein Volumen von V = 1,2 mL besitzen.

Welche Massenkonzentration β(Methylenblau) in mg/L resultiert, wenn das Füllvolumen des Aquariums 180 Liter beträgt? Die Volumenzunahme durch das Zutropfen der Methylenblaulösung kann vernachlässigt werden. *[ähnlich einer Prüfungsaufgabe, 2016]*

Lösungen – ohne Gewähr

Hinweis: Bei einigen Aufgaben finden sich nur kurze Lösungshinweise.

1.1

10 Gramm NaCl entsprechen 0,1711098 mol NaCl. Wegen den Indices 1 (Na_1Cl_1) folgt, dass in dieser Stoffportion 0,1711098 mol Na^+ und 0,1711098 mol Cl^- enthalten sind. Das sind 3,9338 g Na^+ und 6,06636 g Cl^-. Mit den Beziehungen β = m / V bzw. c = n/V folgt für die Teilchen NaCl, Na^+ und Cl^-:

β(NaCl) = 20 g/L c(NaCl) = 0,3422 mol/L

β(Na^+) = 7,868 g/L c(Na^+) = 0,3422 mol/L

β(Cl^-) = 12,132 g/L c(Cl^-) = 0,3422 mol/L

1.2

a) c(Br^-) = c(KBr) = 0,5 mol/L

b) c(Ca^{2+}) = 0,5 mol/L und c(Cl^-) = 1 mol/L

c) c(Li^+) = 4,2 µmol und c(SO_4^{2-}) = 2,1 µmol/L

d) c(Fe^{3+}) = c($FeCl_3$) = 0,6 mol/L

e) c(Ni^{2+}) = c($Ni(NO_3)_2$) = 0,15 mol/L

f) c(Cu^{2+}) = 0,007868 mol/L => c($CuCl_2$) = 0,007868 mol/L und c(Cl^-) = 0,01574 mol/L

1.3

c(NH_4^+) = 0,6 mol/L => $n(NH_4^+) = c(NH_4^+) \cdot V(Lsg) = 0,6\frac{mol}{L} \cdot 0,05L = 0,03mol$

n(SO_4^{2-}) = 0,3 mol/L => $n(SO_4^{2-}) = c(SO_4^{2-}) \cdot V(Lsg) = 0,3\frac{mol}{L} \cdot 0,05L = 0,015mol$

1.4.

Alternative 1: Erst die Massenkonzentration in die Stoffmengenkonzentration c(Gluc) umrechnen. Dann mit der Definitionsgleichung ausrechnen, in welchem Volumen 0,2 mol enthalten sind.

$$c(Gluc) = \frac{\beta(Gluc)}{M(Gluc)} = \frac{20\frac{g}{L}}{180,158\frac{g}{mol}} \approx 0,111014\frac{mol}{L}$$

$$V(Lsg) = \frac{n(Gluc)}{c(Gluc)} = \frac{0,2mol}{0,111014\frac{mol}{L}} \approx 1,802L$$

Alternative 2: Die 0,2 mol erst in eine Masse umrechnen. Dann mit der Definitionsgleichung für die Massenkonzentration, das Volumen ausrechnen.

$$m(Gluc) = n(Gluc) \cdot M(Gluc) = 0,2mol \cdot 180,158\frac{g}{mol} = 36,0316g$$

$$V(Lsg) = \frac{m(Gluc)}{\beta(Gluc)} = \frac{36,0316g}{20\frac{g}{L}} \approx 1,802L$$

1.5.

Selbst rechnen. Analog zu Aufgabe 1.1

1.6.

(1) Zuerst wird c(Al^{3+}) ermittelt. (2) Dann wird in β(Al^{3+}) umgerechnet. (3) Am Schluss wird dann mit der Definitionsgleichung das gesuchte Volumen ausgerechnet.

Zu 1: c(Al^{3+}) = 0,5 mol/L, weil in einem $Al(NO_3)_3$-Teilchen genau 1 Al steckt.

Zu 2: β(Al^{3+}) = c(Al^{3+}) · M(Al^{3+}) = 0,5 mol/L · 26,981539 g/mol ≈ 13,49077 g/L

Zu 3: $V(Lsg) = \frac{m(Al^{3+})}{\beta(Al^{3+})} \approx \frac{5g}{13,49077\frac{g}{L}} \approx 0,371L$

1.7.

direkt bekannt: V(Lsg) = 0,4 L, $c(Cr(NO_3)_3)$= 0,15 mol/L, $M(Cr(NO_3)_3)$, $M(Cr^{3+})$, $M(NO_3^-)$

indirekt bekannt: $c(Cr^{3+})$ = 0,15 mol/L, $c(NO_3^-)$ = 0,45 mol/L

gesucht: $m(Cr^{3+})$

Lösungsmöglichkeit 1

a) Mit der *Definitionsgleichung der Stoffmengenkonzentration* wird zuerst $n(Cr^{3+})$ in 400 mL Lösung berechnet. b) Mit der *stöchiometrischen Grundgleichung* kann dann in die gewünschte Masse umgerechnet werden.

Zu a) $c(Cr^{3+}) = \frac{n(Cr^{3+})}{V(Lsg)} \Rightarrow 0{,}15\frac{mol}{L} = \frac{n(Cr^{3+})}{0{,}4L} \Rightarrow n(Cr^{3+}) = 0{,}06\ mol$

Zu b) $M(Cr^{3+}) = \frac{m(Cr^{3+})}{n(Cr^{3+})} \Rightarrow 51{,}9961\frac{g}{mol} = \frac{m(Cr^{3+})}{0{,}06\ mol} \Rightarrow m(Cr^{3+}) \approx 3{,}120g$

Lösungsmöglichkeit 2

a) Mit der *Umrechnungsformel von β(X) ↔ c(X)* wird zuerst $\beta(Cr^{3+})$ ausgerechnet. b) Anschließend wird mit der *Definitionsgleichung der Massenkonzentration* die Masse $m(Cr^{3+})$ berechnet.

Zu a) Formel 3 => $c(Cr^{3+}) = \frac{\beta(Cr^{3+})}{M(Cr^{3+})} \Rightarrow 0{,}15\frac{mol}{L} = \frac{\beta(Cr^{3+})}{51{,}9961\frac{g}{mol}} \Rightarrow \beta(Cr^{3+}) = 7{,}799415\frac{g}{L}$

Zu b) Formel 4 => $\beta(Cr^{3+}) = \frac{m(Cr^{3+})}{V(Lsg)} \Rightarrow 7{,}799415\frac{g}{L} = \frac{m(Cr^{3+})}{0{,}4L} \Rightarrow m(Cr^{3+}) \approx 3{,}120g$

Antwort der **Künstlichen Intelligenz ChatGPT** auf www.openai.com auf die Frage: *„Welche Masse Cr3+ finden sich in 400 mL einer 150-millimolaren Chrom(III)-nitrat-Lösung?“ am 2023-11-03:*

Um die Masse von Cr^{3+} in der gegebenen Chrom(III)-nitrat-Lösung zu berechnen, müssen wir zuerst die Stoffmenge des Cr^{3+}-Ions herausfinden und dann diese Stoffmenge in Gramm umrechnen.

Die gegebene Konzentration der Chrom(III)-nitrat-Lösung beträgt $150\ \mathrm{mmol/L}$ (Millimol pro Liter). Das Volumen der Lösung beträgt $400\ \mathrm{mL}$ oder $0,4\ \mathrm{L}$.

Die Stoffmenge n der Chrom(III)-Ionen kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$n = \text{Konzentration} \times \text{Volumen}$$
$$n = 150 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol/L} \times 0,4\ \mathrm{L} = 0,06\ \mathrm{mol}$$

Die molare Masse von Cr^{3+} beträgt ungefähr $51,996\ \mathrm{g/mol}$.

Die Masse m von Cr^{3+} kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$m = n \times \text{Molare Masse}$$
$$m = 0,06\ \mathrm{mol} \times 51,996\ \mathrm{g/mol} = 3,12\ \mathrm{g}$$

Also finden sich in 400 mL der gegebenen 150-millimolaren Chrom(III)-nitrat-Lösung $3,12\ \mathrm{g}$ Cr^{3+}-Ionen.

1.8.

a) Zuerst wird mit der Definitionsgleichung der Massenkonzentration β(Salz) gelöst. b) Mit der *Umrechnungsformel von β(X) ↔ c(X)* wird dann M(Salz) berechnet.

Zu a) $\beta(X) = \frac{m(X)}{V(Lsg)} = \frac{17{,}4g}{0{,}75L} = 23{,}2\frac{g}{L}$

Zu b) $M(X) = \frac{\beta(X)}{c(X)} = \frac{23,2\frac{g}{L}}{0,2\frac{mol}{L}} = 116\frac{g}{mol}$

1.9

a) Zuerst wird mit der *Umrechnungsformel von β(X) ↔ c(X)* in $c(SO_3^{2-})$ umgerechnet.

b) Durch Koeffizientenvergleich ist bekannt, dass $c(Na_2SO_3) = c(SO_3^{2-})$.

c) Anschließend wird mit der *Definitionsgleichung für Stoffmengenkonzentrationen* $n(Na_2SO_3)$ berechnet. d) Mit der *stöchiometrischen Grundgleichung* wird nun in $m(Na_2SO_3)$ umgerechnet.

Zu a) $c(SO_3^{2-}) = \frac{\beta(SO_3^{2-})}{M(SO_3^{2-})} = \frac{15\frac{g}{L}}{80,064\frac{g}{mol}} = 0,18735\frac{mol}{L}$

Zu b) Da in 1 Teilchen Na_2SO_3 genau 1 Teilchen SO_3^{2-} enthalten ist, gilt $c(Na_2SO_3) = c(SO_3^{2-}) = 0,18735$ mol/L

Zu c) Ergebnis: $n(Na_2SO_3) = 0,3747$ mol

Zu d) $m(Na_2SO_3) = n(Na_2SO_3) \cdot M(Na_2SO_3)$ = ca. 47,227 g Na-Sulfit

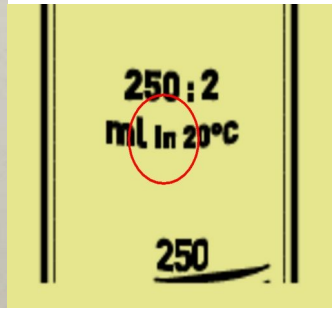
- Die Lösung wird in einem Messkolben hergestellt. Man löst die darin eingewogenen 47,227 g Na-Sulfit mit dem Wasser auf und füllt die Lösung unter rühren auf die 2000mL-Marke auf. So ist gewährleistet, dass das Lösungsvolumen V(Lsg) = 2000 mL beträgt. Volumeneffekte (Volumenkontraktion oder Volumendilatation) werden berücksichtigt.
- Beim Herstellen der Lösung sollte man auf die korrekte Temperatur achten, denn das Volumen ist tempraturabhängig. Auf dem Messkolben ist angegeben, für welche Temperatur die Markierung Gültigeit hat. Häufig kann man aber die Fehler die durch Nichteinhaltung entstehen, vernachlässigen, wenn man zumindest darauf achtet, dass die Flüssigkeit Raumtemperatur hat.
- Man beachte, dass ein Messkolben genau wie auch die meisten (!!!) Messzylinder auf **Einguss** geeicht sind. Dafür steht das kleine **„In“** auf dem Gefäß. Damit ist gemeint, dass die Markierung Gültigkeit hat, wenn man Flüssigkeit einfüllt. Wenn Sie den 2000mL-Messkolben entleeren, kommen keine 2000 mL heraus, da viel Flüssigkeit an den Wänden hängen bleibt.

  Volumenmessgeräte die hingegen auf **Auslauf** geeicht sind, sind Pipetten. Wenn man z.B. eine 20mL-Vollpipette korrekt bedient und bis zur Marke befüllt, kommen beim Auslaufen ziemlich genau 20 mL heraus. Um bis zur Marke zu befüllen, musste in die Pipette etwas mehr eingefüllt werden, z.B. 20,05 mL. Es ist also berücksichtigt und einkalkuliert, dass beim Entleeren etwas in der Pipette hängen bleibt. Auf solchen Volmenmessgeräte, die auf Auslaufen “geeicht“ sind, ist in der Regel das Symbol „**Ex“** vermerkt.

Bauch eines Messkolbens. Man achte auf das **„In“** und die Eichtemperatur. Quelle: wikimedia commons.

Vollpipetten. Angaben beachten! wikimedia commons.

Beim Einstieg in das Lernvideo, hat die herstellende Person nicht beachtet, dass der Messzylinder häufig auch auf Einguss geeicht ist.(„siehe „In"-Angabe im Lernvideo auf dem Zylinder). Wenn man ihn auf die 250 mL füllt, kommen beim Entleeren nicht 250 mL heraus, sondern z.B. 249,6 mL. Natürlich sind die entstehenden Fehler häufig zu vernachlässigen. Die Zugabe von 250 mL Wasser, statt das Auffüllen auf 250 mL Lösungsvolumen ist wein viel größerer Fehler.



1.10.

a) Bei Lösen von Salzen kommt es zur **Volumenkontraktion** oder zur **Volumenerweiterung**. Gibt man z.B. 1000 mL H_2O zu 20 g eines Salzes, resultieren nicht 1000 mL Lösung sondern etwas mehr oder etwas weniger Volumen als 1000 mL.

b) Zuerst wird $w(NH_4Cl)$ berechnet. Dies ist möglich, weil die Masse der Lösung bekannt ist. Gibt man zu 20 g Salz nämlich 1000 g H_2O (≙ 1000 mL), so entstehen 1020 g Lösung.

Formel ⑤ => $$w(NH_4Cl) = \frac{m(NH_4Cl)}{m(Lsg)} \approx \frac{20g}{20g + 1000g} \approx 0,019608$$

Nun lässt sich diese Gehaltsangabe in die Massenkonzentration umrechnen:

Formel ⑦ => $$\beta(NH_4Cl) = w(NH_4Cl) \cdot \rho(Lsg) \approx 0,019608 \cdot 1,0563 \frac{g}{mL} \approx 0,02071 \frac{g}{mL} \approx 20,71 \frac{g}{L}$$

Die Umrechnung in die Stoffmengenkonzentration liefert:

Formel 6 => $$c(NH_4Cl) = \frac{\beta(NH_4Cl)}{M(NH_4Cl)} \approx \frac{20,71 \frac{g}{L}}{53,4912 \frac{g}{mol}} \approx 0,387 \frac{mol}{L}$$

1.11

Es wird die Stoffmenge $n(Cl^-)$ berechnet, die in 50 g Lösung enthalten ist.

Stöchiometrische Grundgleichung (Formel 1) => $$n(Cl^-) = \frac{m(Cl^-)}{M(Cl^-)} = \frac{0,5g}{35,4527 \frac{g}{mol}} \approx 0,0141033 mol$$

Da die gelöste Verbindung $FeCl_3$ lautet, ist bekannt, dass 3 Cl^--Ionen durch die Auflösung von 1 $FeCl_3$-Teilchen entstehen. Die in der Lösung enthaltenen $FeCl_3$-Stoffmenge ist also dreimal kleiner als die Cl^--Stoffmenge. Dies erkennt man auch an der Reaktionsgleichung (1:3-Koeffizientenverältnis):

$FeCl_{3\,(aq)}$	→	Fe^{3+}	+ 3 Cl^-
0,004801 mol			0,0141033 mol

Die Masse der Lösung (50g) lässt sich mit der Dichteformel in ein Volumen umrechnen:

Formel (10) ⇒ $$V(Lsg) = \frac{m(Lsg)}{\rho(Lsg)} = \frac{50\,g}{1,182 \frac{g}{cm^3}} \approx 42,30\,cm^3 \approx 0,04230\,L$$

Mit der Definitionsgleichung der Stoffmengenkonzentration lässt sich $c(FeCl_3)$ berechnen:

Formel ③ => $c(FeCl_3) = \frac{n(FeCl_3)}{V(Lsg)} \approx \frac{0,004801 mol}{0,04230 L} \approx 0,1135 \frac{mol}{L}$

1.12

Zuerst wird berechnet, wie groß $c(NH_4^+)$ ist.

Formel 6 => $c(NH_4^+) = \frac{\beta(NH_4^+)}{M(NH_4^+)} = \frac{13,1 \frac{g}{L}}{18,03850 \frac{g}{mol}} \approx 0,72622 \frac{mol}{L}$

Aus der Formel für Ammoniumphosphat $(NH_4)_3PO_4$ ist zu entnehmen, dass die Phosphat-Stoffmenge bzw. die Phosphat-Stoffmengenkonzentration $c(PO_4^{3-})$ drei mal kleiner als die Ammonium-Stoffmengenkonzentration.

$(NH_4)_3PO_{4\,(aq)}$	→	$3\ NH_4^+$	$+\ PO_4^{3-}$
		0,72622 mol/L	0,24207 mol/L

Die Phosphat-Stoffmengenkonzentration kann nun in die Massenkonzentration umgerechnet werden:

Formel ⑥ => $\beta(PO_4^{3-}) = c(PO_4^{3-}) \cdot M(PO_4^{3-}) \approx 0,24207 \frac{mol}{L} \cdot 94,9714 \frac{g}{mol} \approx 22,99 \frac{g}{L}$

2.1

Ob man nun eine Verbindung <u>mit</u> oder <u>ohne</u> Kristallwasser wählt, ist für den Rechenweg egal. Nur die zu benutzenden molaren Massen unterscheiden sich.

Zuerst wird die Stoffmenge $n(Na_2CO_3)$ ausgerechnet, die enthalten sein soll.

Formel 3 => $n(Na_2CO_3) = c(Na_2CO_3) \cdot V(Lsg) = 50 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{L} \cdot 0,1 L = 50 \cdot 10^{-7} mol$

Nun kann in die benötigten Massen umgerechnet werden:

Teilaufgabe a)

(Formel ①)=> $m(Na_2CO_3) = n(Na_2CO_3) \cdot M(Na_2CO_3) \approx 50 \cdot 10^{-7} mol \cdot 105,989 \frac{g}{mol} \approx 0,00053 g$

Die Masse ist klein und deshalb auf der Analysenwaage nur ungenau abwiegbar.

Teilaufgabe b)

$50 \cdot 10^{-7}$ mol Na_2CO_3 sind in $50 \cdot 10^{-7}$ mol $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ enthalten.

(Formel ①)=> $m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) \cdot M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) \approx 50 \cdot 10^{-7} mol \cdot 286,142 \frac{g}{mol} \approx 0,0014 g$

Diese Masse ist etwas größer und deshalb genauer abwiegbar.

2.2

Zuerst wird die Stoffmenge an $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ berechnet:

Formel ① => $n(Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O) = \frac{m(Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O)}{M(Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O)} = \frac{30 g}{236,149 \frac{g}{mol}} \approx 0,12704 mol$

Da in einem $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$-Teilchen 1 $Ca(NO_3)_2$-Teilchen enthalten ist, gilt: $n(Ca(NO_3)_2) \approx 0,12704$ mol.

Nun werden mit dem Koeffizientenverhältnis die Stoffmengen $n(Ca^{2+})$ und $n(NO_3^-)$ berechnet:

$Ca(NO_3)_{2\,(aq)}$	→	Ca^{2+}	$+\ 2\ NO_3^-$
0,12704 mol		0,12704 mol	0,2541 mol

Mit der Definitionsgleichung lassen sich die Stoffmengenkonzentrationen der 3 Teilchen berechnen:

$$c(Ca(NO_3)_2) = \frac{n(Ca(NO_3)_2)}{V(Lsg)} \approx \frac{0{,}12704mol}{0{,}5L} \approx 0{,}254\frac{mol}{L}$$

Formel ③ => $$c(Ca^{2+}) = \frac{n(Ca^{2+})}{V(Lsg)} \approx \frac{0{,}12704mol}{0{,}5L} \approx 0{,}254\frac{mol}{L}$$

$$c(NO_3^-) = \frac{n(NO_3^-)}{V(Lsg)} \approx \frac{0{,}2541mol}{0{,}5L} \approx 0{,}508\frac{mol}{L}$$

Diese Stoffmengenkonzentrationen lassen sich nun in Massenkonzentrationen umrechnen:

$$\beta(Ca(NO_3)_2) = c(Ca(NO_3)_2)\cdot M(Ca(NO_3)_2) \approx 0{,}254\frac{mol}{L}\cdot 164{,}088\frac{g}{mol} \approx 41{,}68\frac{g}{L}$$

Formel ⑥ => $$\beta(Ca^{2+}) = c(Ca^{2+})\cdot M(Ca^{2+}) \approx 0{,}254\frac{mol}{L}\cdot 40{,}078\frac{g}{mol} \approx 10{,}18\frac{g}{L}$$

$$\beta(NO_3^-) = c(NO_3^-)\cdot M(NO_3^-) \approx 0{,}508\frac{mol}{L}\cdot 62{,}0049\frac{g}{mol} \approx 31{,}50\frac{g}{L}$$

2.3

Zuerst wird in die gewünschte Stoffmengenkonzentration c(Fe^{3+}) umgerechnet.

Formel ⑥ => $$c(Fe^{3+}) = \frac{\beta(Fe^{3+})}{M(Fe^{3+})} = \frac{50\cdot 10^{-6}\frac{g}{L}}{55{,}847\frac{g}{mol}} \approx 0{,}8953\cdot 10^{-6}\frac{mol}{L}$$

Nun wird berechnet, welche Stoffmenge n(Fe^{3+}) eingesetzt wird.

$$n(Fe_2(SO_4)_3\cdot 9H_2O) = \frac{m(Fe_2(SO_4)_3\cdot 9H_2O)}{M(Fe_2(SO_4)_3\cdot 9H_2O)} = \frac{30g}{562{,}022\frac{g}{mol}} \approx 0{,}05338mol$$

Aus der Formel ist zu entnehmen, dass 1 Teilchen $Fe_2(SO_4)_3{\cdot}9H_2O$ beim Auflösen 2 Fe^{3+}-Ionen ergibt:

=> n(Fe^{3+}) = 2 · 0,05338 mol ≈ 0,1068 mol Fe^{3+}

Mit der Definitionsgleichung der Stoffmengenkonzentration lässt sich das benötigte Gesamtvolumen berechnen.

Formel ③ => $$V(Lsg) = \frac{n(Fe^{3+})}{c(Fe^{3+})} = \frac{0{,}1068mol}{0{,}8953\cdot 10^{-6}\frac{mol}{L}} \approx 119242L \approx 119m^3$$

2.4

- Ausrechnen wie viel mol 100 mg Cetirizn sind, also n(Cet).
- Überlegen in welcher Stoffmenge n(Cet·2HCl) dieses n(Cet) enthalten ist.
- Umrechnen in eine Masse m(Cet·2HCl). Dafür braucht man dann M(Cet·HCl), dass man sich ausgehend von M(Cet) selbst berechnen kann.

2.5

Berechnung der erforderlichen Masse m(NO_3^-)

$$m(NO_3^-) = \beta(NO_3^-)\cdot V(Lsg.) = 25\frac{g}{L}\cdot 0{,}1L = 2{,}5g$$

Berechnung der erforderlichen Masse an Ausgangsstoff

$$n(NO_3^-) = \frac{m(NO_3^-)}{M(NO_3^-)} = \frac{2,5g}{62,005\frac{g}{mol}} \approx 0,040319mol$$

Da ein Teilchen $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ zwei NO_3^- liefert, ist die benötigte Stoffmenge an Salz nur halb so groß:

$n(Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) \approx 0,020160$ mol

$$m(Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) = n(Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) \cdot M(Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) \Rightarrow$$

$$m(Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) = 0,020160mol \cdot 241,601\frac{g}{mol} \approx 4,87g$$

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

Nr. 2.6

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

Nr. 2.7

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

Da in 1 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ auch 1 Cu^{2+}-Teilchen enthalten ist, werden auch n = 0,07868315866 mol $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ benötigt. Das sind 19,64608315 g reines $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Da aber nur verunreinigtes $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ zur Verfügung steht, muss etwas mehr eingewogen werden:

$$m_{gesamt} = \frac{m(CuSO_4 \cdot 5H_2O)}{w(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} = \frac{19,64608315g}{0,96} \approx 20,46g$$

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

2.8

a) Die Ziellösung (2 L) soll also am Ende 4 mol Na_2CO_3 enthalten.

Wir berechnen zuerst, wie viel mol Na_2CO_3 zu Beginn vorhanden ist:

1 Na_2CO_3 = 2 Na^+ + **1** CO_3^{2-} ⇒ n(CO_3^{2-}) entspricht auch n(Na_2CO_3)

n(CO_3^{2-}) = 2,5 g ⇒ n(CO_3^{2-}) = 2,5 g : 60,01 g/mol ≈ 0,0416597 mol ≈ n(Na_2CO_3)

Es fehlen also noch 4 mol - 0,0416597 mol ≈ 3,95834 mol Na_2CO_3. Wir brauchen also 3,95834 mol $Na_2CO_3 \cdot 10\ H_2O$.

Das sind $m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) \cdot M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$ = 3,95834 mol·286,2 g/mol = 1132,9 g $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

b) Höhere molare Masse (M) ⇒ Bei Einwaagen kleiner Stoffmengen (n), steigt die Wägegenauigkeit.

Kristallwasserhaltige Verbindungen sind weniger hygroskopisch, was auch die Wägegenauigkeit erhöht.

c) Umrechnung in c(Na^+), mit Zahlenverhältnis **2** : **1**

$$c(CO_3^{2-}) = \frac{\beta(CO_3^{2-})}{M(CO_3^{2-})} = \frac{5g/L}{60,01\,g/mol} \approx 0,08333\frac{mol}{L} \Rightarrow$$

$$c(Na^+) = 2 \cdot 0,08333\frac{mol}{L} \approx 0,1666\frac{mol}{L} \quad .$$

Berechnung der Stoffmenge Na^+:

$$n(Na^+) = \frac{m(Na^+)}{M(Na^+)} = \frac{0,15\,g}{22,99\,g/mol} \approx 6,52458 \cdot 10^{-3}mol$$

Berechnung der Volumens in dem dies enthalten ist:

$$V(Lsg) = \frac{n(Na^+)}{c(Na^+)} \approx \frac{6,52458 \cdot 10^{-3}mol}{0,1666mol} \approx 0,0392\,L(39,2\,mL)$$

Nr. 3.1 Ankreuzaufgabe

fehlt noch

Nr. 4.1

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

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

a) $M(NiCl_2) = 2\cdot M(Cl) + M(Ni) = 2\cdot 35{,}45\frac{g}{mol} + 58{,}69\frac{g}{mol} = 129{,}59\frac{g}{mol}$

b) $M(Na_2CO_3\cdot 10H_2O) = 2\cdot M(Na) + M(C) + 13\cdot M(O) + 20\cdot M(H) =$
$= 2\cdot 23{,}00\frac{g}{mol} + 12{,}01\frac{g}{mol} + 13\cdot 15{,}99\frac{g}{mol} + 20\cdot 1{,}01\frac{g}{mol} = 286{,}08\frac{g}{mol}$

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

d)

$$n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{200\cdot 10^{-3}g}{98{,}079\frac{g}{mol}} = 2{,}039\cdot 10^{-3}mol$$

$Dreisatz:$

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

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

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

e) $m(H_2SO_4) = M(H_2SO_4)\cdot n(H_2SO_4) = 98{,}079\frac{g}{mol}\cdot 1{,}75mol = 171{,}638g$

f) $m(NO_3^-) = M(NO_3^-)\cdot n(NO_3^-) = 62{,}005\frac{g}{mol}\cdot 2\cdot 10^{-3}mol = 0{,}124g$

Nr. 4.2

a) $\beta(Na_2S_2O_3) = c(Na_2S_2O_3)\cdot M(Na_2S_2O_3) = 2\frac{mol}{L}\cdot 158{,}110\frac{g}{mol} = 316{,}22\frac{g}{L}$

b) $\beta(HClO_3) = c(HClO_3)\cdot M(HClO_3) = 0{,}5\frac{mol}{L}\cdot 84{,}4588\frac{g}{mol} = 42{,}229\frac{g}{L}$

Nr. 4.3

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

b) $c(CH_3COOH) = \frac{\beta(CH_3COOH)}{M(CH_3COOH)} = \frac{150\cdot 10^{-3}\frac{g}{L}}{60{,}053\frac{g}{mol}} = 2{,}4978\cdot 10^{-3}\frac{mol}{L}$

Nr. 4.4

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

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

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

2. Herunterrechnen auf 200 mL (mit Dreisatz)

b) Bspw. Lösungsweg wie bei a) oder

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

$$m(CH_4ON_2) = M(CH_4ON_2) \cdot n(CH_4ON_2) = 60,056 \frac{g}{mol} \cdot 75 \cdot 1 \cdot 10^{-3} mol = 4,5042 g$$

2. Berechnen der Masse in 500 mL (Dreisatz)

$$m(CH_4ON_2) = \frac{0,5L}{1L} \cdot 4,5042 g = 2,2521 g$$

c) ⇒ ⇒ ⇒ Endergebnis = 1,12 g OS-Dihydrat

Nr. 4.5

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 $CuSO_4$ in $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ beträgt

$$w(CuSO_4) = \frac{M(CuSO_4)}{M(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} = \frac{159,610 \frac{g}{mol}}{249,686 \frac{g}{mol}} = 0,6392$$

Die in 5 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ enthalte Masse Cu(II)-sulfat beträgt damit $m(CuSO_4) = 0,6392 \cdot 5g = 3,196 g$

Die Massenkonzentration beträgt also β($CuSO_4$) = 3,196 g/L

Nr. 3.6

a) 1. Berechnung der Masse LiCl in 10 mL

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

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

b) fehlt noch. Ergebnis: m(K^+) = 13,216 g

Nr. 4.7

FÜR DIE STOFFMENGEN GILT:

$$n(CaCl_2 \cdot 6H_2O) = \frac{8,9g}{219,08 \frac{g}{mol}} \approx 0,0406244 mol$$

Die gleiche Stoffmenge an $CaCl_2$ ist enthalten, da 1 Formeleinheit $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ 1 $CaCl_2$ enthält. => n($CaCl_2$) ≈ 0,0406244 mol. Da pro $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ 1 Ca^{2+} und 2 Cl^- enthalten sind, gilt weiterhin:

n(Ca^{2+}) ≈ 0,0406244 mol sowie n(Cl^-) ≈ 2 · 0,0406244 mol ≈ 0,0812488 mol

FÜR DIE MASSEN GILT:

$$m(CaCl_2) = M(CaCl_2) \cdot n(CaCl_2) \Rightarrow m(CaCl_2) = 110,98 \frac{g}{mol} \cdot 0,0406244 mol \approx 4,508450 g$$

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

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

FÜR DIE MASSENKONZENTRATIONEN GILT:

$$\beta(CaCl_2) = \frac{m(CaCl_2)}{V(Lsg.)} \Rightarrow \beta(CaCl_2) = \frac{4,508450g}{0,5L} \approx 9,017 \frac{g}{L}$$

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

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

Nr. 4.8

a) fehlt noch

a)

$$\beta(C_6H_5OH) = c(C_6H_5OH) \cdot M(C_6H_5OH) = 1,9\frac{1 \cdot 10^{-6} mol}{L} \cdot 94,113\frac{g}{mol} =$$
$$1,7881 \cdot 10^{-4}\frac{g}{L} = 1,7881 \cdot 10^{-4}\frac{1000mg}{L} = 0,1788\frac{mg}{L}$$

b)

$$\beta(KOH) = c(KOH) \cdot M(KOH) = 112 \cdot 10^{-5}\frac{mol}{mL} \cdot 56,1056\frac{g}{mol} =$$
$$112 \cdot 10^{-5}\frac{mol}{1 \cdot 10^{-3} L} \cdot 56,1056\frac{g}{mol} = 62,838\frac{g}{L} = 62,838\frac{1000 \cdot mg}{L} = 62838\frac{mg}{L}$$