

In der online-Version dieses Arbeitsblattes gibt es u.U. noch Bonusaufgaben. Immer auch Nummerierung und genaue Aufgabenstellung prüfen. Manchmal gibt es kleine Abweichungen zwischen der im Unterricht ausgeteilten Version und dem Dokument im Internet!

- 1. Direkte Titration nach Volhard:** 25 mL einer Ag^+ -haltigen Probe verbrauchen bis zum Äquivalenzpunkt 24,6 mL Ammoniumthiocyanat-Maßlösung ($c = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 1,053$). Berechnen Sie $c(\text{Ag}^+)$ in der Probe.
- 2. Rücktitration nach Volhard:** 508,5 mg technisches Kaliumbromid werden gelöst und mit 50 mL AgNO_3 -Lösung ($c = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 0,1,091$) versetzt. Bei der anschließenden Titration werden dann 16,9 mL Ammoniumthiocyanat-Maßlösung ($c = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 0,992$) verbraucht. Berechnen Sie den Massenanteil $w(\text{KBr})$ im Ausgangsstoff.
- 3.** 0,3048 g einer KBr-Probe werden nach dem Lösen mit 40,0 mL Silbernitratlösung ($c_{\text{soll}} = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 0,994$) versetzt und der Überschuss an AgNO_3 mit 22,1 mL Ammoniumthiocyanat-Lösung ($c_{\text{soll}} = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 1,035$) zurück titriert. Berechnen Sie $w(\text{KBr})$.
- 4.** Ein Salzgemisch von KBr und KCl besitzt ein Feuchtigkeitsanteil von $w(\text{H}_2\text{O}) = 1 \%$. Löst man 0,1500 g des Salzgemisch in Wasser, so beträgt bei der Titration mit Silbernitratlösung ($c_{\text{soll}} = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 0,9794$) der Verbrauch 19,85 mL Maßlösung. Berechnen Sie die Massenanteile $w(\text{KCl})$ und $w(\text{KBr})$ im getrockneten Salz..
- 5.** 0,1250 g eines Gemisches aus Calciumchlorid und Natriumchlorid werden mit Wasser gelöst und mit AgNO_3 -Maßlösung ($c_{\text{soll}} = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 1,0283$) titriert. Der Äquivalenzpunkt liegt bei 21,2 mL. Berechnen Sie $w(\text{NaCl})$ und $w(\text{CaCl}_2)$.
- 6. Gesamthärtebestimmung mit ethanolischer Kaliumpalmitat-Lösung**
 - Welcher Stoffmenge $n(\text{Me}^{2+})$ entspricht 1 mL Verbrauch an Kaliumpalmitat-Maßlösung (0,1 M) bei der Gesamthärtebestimmung?
 - Berechnen Sie die Gesamthärte des Wassers, wenn 100 mL einer Wasserprobe 6,8 mL ethanolische Kaliumpalmitat-Maßlösung (0,1 M) verbrauchen, bis es zur Pinkfärbung des Phenolphthaleinindikators kommt. Geben Sie das Ergebnis in mmol/L und in mg/L (berechnet als CaO) an. Wie viel deutsche Härtegrade ($^\circ\text{dH}$) besitzt das Wasser, wenn 1 $^\circ\text{dH}$ einer Masse von 10 mg CaO pro Liter Wasser entspricht?
- 7. Titration nach Mohr:** Die Chloridkonzentration einer Probelösung beträgt ca. $c(\text{Cl}^-) \approx 250 \text{ mmol/L}$. Mit welchem Verdünnungsfaktor ($F = V_{\text{konz}}/V_{\text{verd\u00fcnnung}}$) muss die Lösung verdünnt werden, wenn man bei der Titration ca. 20 mL der verdünnten Probe einsetzen will, und der Sollverbrauch an AgNO_3 -Maßlösung ($c_{\text{soll}} = 0,1 \text{ mol/L}$) bei ca. 15 mL liegen soll?
- 8. Titration nach Mohr:** 1,5010 g eines Gemisches aus NaCl und Calciumchlorid-Dihydrat wurden auf 500 mL mit Wasser gelöst. Ein Aliquot von 50 mL verbraucht bei der Titration nach Mohr ein Volumen von 20,3 mL der 0,1-molaren Maßlösung mit $t = 1,095$.
 - Geben Sie die benutzte Maßlösung bei der Titration nach Mohr an und beschreiben Sie, wie der ÄP erkannt wird.
 - Berechnen Sie die proz. Massenanteile beider Komponenten im Ausgangsgemisch auf 1 Nachkommastelle genau.
- 9. Rücktitration** (Techniker-Klausur 2014): 0,6283 g eines Gemisches aus Lithiumchlorid und Ammoniumchlorid wurden in einem 100 mL-Messkolben gelöst. Einem Aliquot von 25 mL wurden 25 mL 0,2-molare AgNO_3 -Lösung zugesetzt. Bei der anschließenden Rücktitration mit Ammoniumthiocyanat-Maßlösung (0,1 M, $t = 0,985$) wurden 18,3 mL verbraucht. Berechnen Sie die Massenanteile beider Salze im Gemisch.
- 10. Titration nach Mohr** (Techniker-Klausur 2014). 100 mL einer Bariumchloridlösung werden in einem 200 mL-Messkolben verdünnt. 20 mL der Verdünnung verbrauchen bei der Titr. nach Mohr 11,6 mL AgNO_3 -Maßlg. ($c_{\text{soll}} = 0,1 \text{ mol/L}$, $t = 1,108$).
 - Wie erfolgt die Indikation des Äquivalenzpunktes bei der Titration nach Mohr?
 - Berechnen Sie die Massenkonzentration $\beta(\text{BaCl}_2)$ der Ausgangslösung.

Lösungen – ohne Gewähr

1.

fehlt noch. siehe evtl. U-Unterlagen.

2.

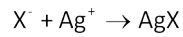
fehlt noch. siehe evtl. U-Unterlagen.

3.

fehlt noch. siehe evtl. U-Unterlagen.

4.

$$n(\text{KBr}) = x \quad n(\text{KCl}) = y$$



$$n(X^-) = n(\text{Ag}^+) = c \cdot V \cdot t = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,01985 \text{L} \cdot 0,9794 = 0,001944109 \text{mol} = x + y$$

$$\text{Trockenmasse: } m = 0,1500 \text{g} - 1\% = 0,1485 \text{g}$$

$$x \cdot M(\text{KBr}) + y \cdot M(\text{KCl}) = 0,1485 \text{g} \Rightarrow x \cdot 119,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + y \cdot 74,5510 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,1485 \text{g}$$

$$\text{Lösen des Gleichungssystems} \quad x + y = 0,001944109 \quad \text{und} \quad 119,02 \cdot x + 74,5510 \cdot y = 0,1485$$

$$\Rightarrow x = 0,00008016213 \text{ mol} \quad \text{und} \quad y = 0,00186394686 \text{ mol}$$

$$\text{Berechnung der Massen: } m(\text{KBr}) = 0,00008016213 \text{ mol} \cdot 119,02 \text{ g/mol} \approx 0,0095409 \text{ g} \quad w\% \approx 6,4 \%$$

$$m(\text{KCl}) = 0,00186394686 \text{ mol} \cdot 74,5510 \text{ g/mol} \approx 0,13895910 \text{ g} \quad w\% \approx 93,6 \%$$

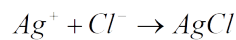
5.

$$m(\text{CaCl}_2) + m(\text{NaCl}) = 0,1250 \text{ g}$$

$$M(\text{CaCl}_2) \cdot n(\text{CaCl}_2) + M(\text{NaCl}) \cdot n(\text{NaCl}) = 0,1250 \text{ g}$$

$$\text{Vereinfachung: } x = n(\text{CaCl}_2) \quad y = n(\text{NaCl})$$

$$110,983 x + 58,4425 y = 0,1250$$



$$n(\text{Ag}^+) = c \cdot V \cdot t = 0,002179996 \text{ mol}$$

$$\text{Koeffizientenverhältnis } 1:1 \Rightarrow n(\text{Cl}^-) = 0,002179996 \text{ mol}$$

$$2 \cdot n(\text{CaCl}_2) + n(\text{NaCl}) = 0,002179996 \text{ mol}$$

$$2x + y = 0,002179996$$

Lösung des Gleichungssystems:

$$x = 4,0739 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = n(\text{CaCl}_2) \Rightarrow m(\text{CaCl}_2) \approx 0,0452 \text{ g} \Rightarrow w(\text{CaCl}_2) = 36,2 \%$$

$$y = 0,0013652 \text{ mol} = n(\text{NaCl}) \Rightarrow m(\text{NaCl}) \approx 0,0798 \text{ g} \Rightarrow w(\text{NaCl}) = 63,8 \%$$

7. hier nur stichwortartig beantwortet

$$\text{Die zuzugebende Sollstoffmenge } n(\text{Ag}^+) \text{ beträgt } n(\text{Ag}^+) = c(\text{Ag}^+) \cdot V(\text{Ag}^+) = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,015 \text{ L} = 0,0015 \text{ mol}$$

Deshalb muss auch die Stoffmenge an Chloridionen $n(\text{Cl}^-) = 0,0015 \text{ mol}$ betragen (da 1:1-Koeffizientenverhältnis in $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$).

$$\text{Diese Stoffmenge soll in } 20 \text{ mL} \text{ enthalten sein, also gilt: } c_{\text{sol}}(\text{Cl}^-) = 0,0015 \text{ mol} : 0,02 \text{ L} = 0,075 \text{ mol/L.}$$

Die Lösung ist also $250 \text{ mmol/L} : 75 \text{ mmol/L} \approx 3,333$ mal dünner als die Probelösung. Der Verdünnungsfaktor beträgt also $F = 1 / 3,3333 = 0,3$. (z.B. 75 mL der Probelösung auf 250 mL Gesamtvolumen verdünnen).

8.

a) siehe Unterlagen

b)

$$n(\text{Ag}^+) = c \cdot V \cdot t = 0,1 \cdot 0,0203 \text{ L} \cdot 1,095 \approx 0,00222285 \text{ mol}$$

=> $n(\text{Cl}^-) = 0,00222285 \text{ mol}$. In der gesamten Probe beträgt die Stoffmenge $n(\text{Cl}^-) = 0,0222285 \text{ mol Cl}^-$

Formel 1:

$$n(\text{NaCl}) + 2 \cdot n(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,0222285 \text{ mol} \quad \text{bzw.} \quad \mathbf{x + 2 y = 0,0222285}$$

Formel 2

$$M(\text{NaCl}) \cdot n(\text{NaCl}) + M(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 2,0149 \text{ g}$$

$$58,4425 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot n(\text{NaCl}) + 147,014 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot n(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 2,0149 \text{ g} \quad \text{bzw.} \quad \mathbf{58,4425 x + 147,014 y = 1,5010}$$

Lösung des Gleichungssystems

$$x = n(\text{NaCl}) = 0,0088254 \text{ mol}. \quad y = n(\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,00670155 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m(\text{NaCl}) = 0,5158 \text{ g} \Rightarrow m(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,9852 \text{ g}$$

$$\Rightarrow w(\text{NaCl}) \approx 34,4\% \quad \Rightarrow w(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 65,6\%$$

Nr. 9

Rücktitration: $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- \rightarrow \text{AgSCN}$

$$n_{\text{Rest}}(\text{Ag}^+) = n(\text{SCN}) = c \cdot V \cdot t = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,0183 \text{ L} \cdot 0,985 \text{ mol} = 1,80255 \cdot 10^{-3} \text{ mol Ag}^+$$

$$n_0(\text{Ag}^+) = c \cdot V = 0,2 \text{ mol/L} \cdot 0,025 \text{ L} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol Ag}^+$$

Verbrauchte Stoffmenge zum Fällen des Chlorids: $n(\text{Ag}) = n_0(\text{Ag}^+) - n_{\text{Rest}}(\text{Ag}^+) = 3,19745 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,19745 \text{ mmol Ag}^+$. => $n(\text{Cl}^-) = 3,19745 \text{ mmol Cl}^-$. Berücksichtigung der Aliquotierung:

$$n_{\text{gesamt}}(\text{Cl}^-) = 4 \cdot 3,19745 \text{ mmol} \approx 12,7898 \text{ mmol} = n(\text{LiCl}) + n(\text{NH}_4\text{Cl})$$

Weiterhin gilt wegen der Gesamteinwaage: $m(\text{LiCl}) + m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 628,3 \text{ mg}$. => $M(\text{LiCl}) \cdot n(\text{LiCl}) + M(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 628,3 \text{ mg}$
=> $42,394 \text{ mg/mmol} \cdot n(\text{LiCl}) + 53,4912 \text{ mg/mmol} \cdot n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 628,3 \text{ mg}$.

Lässt man die Einheiten weg und formuliert für $n(\text{LiCl}) = x$ und für $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = y$ lauten die Gleichungen:

$$x + y = 12,7898$$

$$\text{und} \quad 42,394 x + 53,4912 y = 628,3$$

$$\text{Lösen des Gleichungssystems: } x = 5,03206 \text{ und } y = 7,75774$$

Daraus folgt

$$m(\text{LiCl}) = 5,03206 \text{ mmol} \cdot 42,394 \text{ mg/mmol} \approx 213,3 \text{ mg} \rightarrow w = 213,3 \text{ mg} / 628,3 \text{ mg} = 0,340 \text{ (34,0\% LiCl)}$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 7,75774 \text{ mmol} \cdot 53,4912 \text{ mg/mmol} \approx 415,0 \text{ mg} \rightarrow w = 415,0 \text{ mg} / 628,3 \text{ mg} = 0,660 \text{ (66,0\% NH}_4\text{Cl)}$$

Nr. 10

a) Der erste Tropfen AgNO_3 -Überschuss führt mit den CrO_4^{2-} -Ionen zu einem gelb-braunen Nd. an Ag_2CrO_4 bildet.

b) $n(\text{Ag}^+) = n(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+) = c \cdot V \cdot t = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,0116 \text{ L} \cdot 1,108 \approx 0,00128528 \text{ mol}$

=> $n(\text{BaCl}_2) = 6,4264 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. Wegen Aliquotierung: $n_{\text{gesamt}} = 6,4264 \cdot 10^{-3} \text{ mol BaCl}_2$ ($\approx 1,33818 \text{ g}$).

$\beta = m/V = 13,3818 \text{ g/L}$