

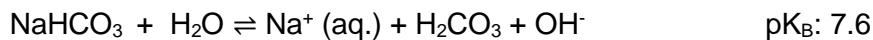
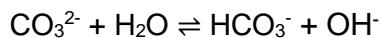
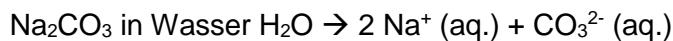
Anorganische Experimentalchemie

6. Übung: Puffer, Wasserstoff, Stoffchemie

1. Welchen pH-Wert haben folgende Lösungen: pH > 7, pH < 7, pH = 7? Geben Sie auch entsprechende Reaktionsgleichungen an. H_2CO_3 : $\text{pK}_{\text{s}1} = 6,4$, $\text{pK}_{\text{s}2} = 10,3$

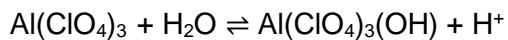
a. Natriumcarbonat- bzw. Natriumhydrogencarbonat-Lösung

pH > 7



b. Aluminium(III)perchlorat-Lösung

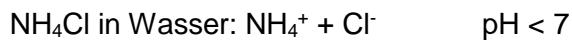
pH < 7 Salz aus schwacher Base und starker Säure



besser: $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ in Wasser: $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

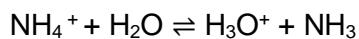


c. Ammoniumchlorid-Lösung ($K_s(\text{HCl}) = 1 * 10^6 \text{ mol/L}$, $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 * 10^{-5} \text{ mol/L}$)

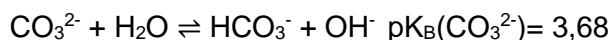
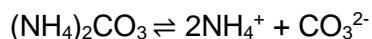


Cl^- Salz einer starken Säure \rightarrow schwache Base

NH_4^+ Salz einer mittelstarken Säure \rightarrow mittelschwache Säure



d. Ammoniumcarbonat-Lösung ($K_{\text{s}1}(\text{Kohlensäure}) = 4,2 * 10^{-7} \text{ mol/L}$, $K_{\text{s}2}(\text{Kohlensäure}) = 4,8 * 10^{-11} \text{ mol/L}$, $K_B(\text{Ammoniak}) = 1,8 * 10^{-5} \text{ mol/L}$)



Da $\text{pK}_s > \text{pK}_B \rightarrow \text{pH} > 7$

2. 2 L einer Lösung enthalten 0.10 mol Essigsäure und 0.13 mol Natriumacetat.
 $K_s(\text{Essigsäure}) = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

a. Welchen pH-Wert hat diese Lösung?

b. Welchen pH-Wert hat die Lösung nach Zugabe von 0.02 mol KOH?

c. Welchen pH-Wert hat die Lösung nach Zugabe von 10 cm³ einer 2 mol/dm³ Salpetersäure-Lösung?

Lösung?

a)

$$c(\text{HOAc}) = 0.05 \text{ mol/L}; c(\text{NaOAc}) = 0.065 \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \log_{10} \frac{c(A^-)}{c(HA)}, = 4,74 + 0,114 = 4,85$$

$$\text{p}K_s = -\log_{10} \left(K_s \cdot \frac{1}{\text{mol}} \right) = 4,74$$

Hendersen-Hasselbach Gleichung

b) Vorher HOAc = 0.1 mol nach Zugabe: 0,08 mol
 $\text{OAc}^- = 0.13 \text{ mol}$ 0.15 mol $\log(0.15/0.08) = 0,273$

$$\text{pH} = 4,74 + 0,27 = 5,01$$

c) 10 cm³ = 10mL; c= 2mol/L; n= 0,01 L * 2 mol/L = 0,02 mol $\log(0,11/0,12) = -0,038$

$$\text{pH} = 4,74 - 0,04 = 4,70$$

3. Eine H₂PO₄⁻/HPO₄²⁻ -Pufferlösung soll den pH-Wert 6,8 aufweisen.

a) In welchem Konzentrationsverhältnis müssen die beiden Ionensorten dann in der Pufferlösung vorliegen? [pK_s von H₂PO₄⁻: 7,12]

b) Welche HPO₄²⁻-Konzentration liegt vor, wenn die Konzentration der H₂PO₄⁻-Ionen 0,2 mol/l beträgt?

Lösung:

a) pH = pK_s + lg $\frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$

$$6,8 = 7,12 + \lg \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$$

$$-0,32 = \lg \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$$

$$10^{-0,32} = \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$$

$$(10^{-0,32})/1 = \frac{c(\text{Base})}{1} = \frac{0,47}{1}$$

b) $\frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})} = \frac{0,47}{1}$

$$\frac{c(\text{HPO}_4^{2-})}{0,2 \text{ mol/L}} = \frac{0,47}{1}$$

$$c(\text{HPO}_4^{2-}) = 0,47 \cdot 0,2 \text{ mol/L} = 0,094 \text{ mol/L}$$

4. Ein Essigsäure-Acetat-Puffer soll einen pH-Wert von 5.0 haben. Wieviel NaOH Lösung ($c = 0.5 \text{ mol/L}$) müssen Sie zu einem Liter Essigsäure (0.5 mol/L) zugeben?

Lösung:

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \log_{10} \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})},$$

$$5,0 = 4,75 + \log ([\text{Ac}^-] / [\text{HAc}])$$

$$0,25 = \log ([\text{Ac}^-] / [\text{HAc}])$$

$$\rightarrow ([\text{Ac}^-] / [\text{HAc}]) = 10^{0,25} = 1,78$$

$$n_0(\text{HAc}) = 0,5 \text{ mol}$$

Nach der Neutralisation:

$$n(\text{Ac}^-) = x$$

$$n(\text{HAc}) = 0,5 - x$$

$$\rightarrow 1,78 = \frac{x}{0,5-x}$$

$$x = 1,78 (0,5 - x) = 0,89 - 1,78 x$$

$$2,78 x = 0,89 \rightarrow x = 0,32$$

Volumen der NaOH-Lösung: $c(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ mol/L}$

$$V = n / c = 0,32 \text{ mol} / 0,5 \text{ mol/L} \approx 0,64 \text{ L}$$

5. Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Fe, Cu, K⁺, B, Cl, Zn²⁺ und Pb²⁺ an.

Lösung: $\text{K}^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 = [\text{Ar}]$

$$\text{Fe} = [\text{Ar}] 4s^2 3d^6$$

$$\text{Cu} = [\text{Ar}] 4s^2 3d^9$$

$$\text{B} = 1s^2 2s^2 2p^1$$

$$\text{Cl} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$$

$$\text{Zn}^{2+} = [\text{Ar}] 3d^{10}$$

$$\text{Pb}^{2+} = [\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$$

6. Sagen Sie den größten und den kleinsten Radius in folgenden Reihen voraus und begründen Sie kurz Ihre Aussage:

Lösung:

a) $\text{Se}^{2-} > \text{Br}^- > \text{Rb}^+ > \text{Sr}^{2+}$ Sr^{2+} hat höchste Kernladungszahl,

Anionen haben größeren Radius

- b) $\text{Nb}^{5+} < \text{Zr}^{4+} < \text{Y}^{3+}$ Je höher die positive Ladung desto kleiner der Radius
- c) $\text{Co}^{4+} < \text{Co}^{3+} < \text{Co}^{2+} < \text{Co}$
- d) $\text{Sb} > \text{P} > \text{Cl}$ Atomgröße steigt von oben nach unten und rechts nach links

7. Wählen Sie die passende Antwort und begründen Sie diese kurz:

- a) Der größte Radius: Na^+ , Ne , F^-
- b) Das größte Volumen: S^{2-} , Se^{2-} , Te^{2-}
- c) Höchste Ionisierungsenergie: Na , Mg , Al
- d) Größter Energiebedarf, um ein Elektron zu entfernen: Fe , Fe^{2+} , Fe^{3+}
- e) Höchste Elektronenaffinität: O , F , Ne
- f) Kleinster Radius: Sc , Ti , V
- g) Das größte Volumen: S^{2-} , Ar , Ca^{2+}
- h) Niedrigste Ionisierungsenergie: K , Rb , Cs
- i) Höchste Elektronegativität: N , P , As
- j) Höchste Elektronegativität nach Pauling: P , S , Cl , Ar

Lösung:

- a) Der größte Radius: Na^+ , Ne , F^- Anionen sind größer
- b) Das größte Volumen: S^{2-} , Se^{2-} , Te^{2-} Innerhalb der Gruppe steigt der Radius
- c) Höchste Ionisierungsenergie: Na , **Mg**, Al
erste Regel: je größer das Element desto geringer I_e ,
 Mg : letzter Elektron in einem **3s-Orbital** → stabil gefülltes s-Unterschale ($3s^2$).
 Al : neues Elektron in einem **3p-Orbital** ($3s^23p^1$) → 3p ist energetisch höher und weniger stark gebunden als 3s.
- d) Größter Energiebedarf, um ein Elektron zu entfernen: Fe , Fe^{2+} , **Fe³⁺**
- e) Höchste Elektronenaffinität: O , **F**, Ne steigt von links nach rechts,
NG haben schon Edelgaskonfiguration
- f) Kleinster Radius: Sc , Ti , **V** innerhalb der Periode nimmt KernLdg zu
- g) Das größte Volumen: **S²⁻**, Ar , Ca^{2+} Anionen größer als Kationen
- h) Niedrigste Ionisierungsenergie: K , Rb , **Cs** je größer das Element desto geringer I_e
- i) Höchste Elektronegativität: **N**, P , As EN nimmt nach rechts und nach oben zu
- j) Höchste Elektronegativität nach Pauling: P , S , **Cl**, Ar

8. Trends im PSE

Kennzeichnen Sie die Trends mit „> oder <“

a) Ionenradius: Cl- > K+

b) Ionenradius: Mg²⁺ > Al³⁺

c) Gitterenergie: AgF > AgI

d) Gitterenergie: NaI < SrSe

e) Wärmeleitfähigkeit C(Diamant) > Al

f) elektrische Leitfähigkeit C(Diamant) < C(Graphit)

g) 1. Ionisierungsenergie Ca > K

h) Härte nach Lewis Mg²⁺ > Ca²⁺

i) Löslichkeit in Wasser AgF > AgI

j) Säurestärke HCl < HBr