

Übungsbeispiele Abschnitt 3

Sommersemester 2026

Geben Sie bei allen Berechnungen den vollständigen Rechenweg und alle Einheiten an!

Erklären Sie wie ein galvanisches Element aufgebaut ist, erstellen Sie eine Skizze, geben Sie die Reaktionsgleichungen an und berechnen Sie die Standard-Potentialdifferenz ΔE^0 .

Geben Sie die Standardbedingungen in der Physik (Normbedingungen), Standardbedingungen in der Chemie und die Laborbedingungen an. Welche Bedeutung haben Standardbedingungen?

Zählen Sie die sieben SI - Basisgrößen auf, geben Sie deren Einheit an.

Erklären Sie folgende Begriffe (Definition, Beispiele):

Elementarteilchen, Atomkern, Elektronenhülle, Nuklid, Nukleonen

Erklären Sie die Unschärferelation (Ortsunschärfe) und ihre Bedeutung für die Aufenthaltsorte der Elektronen (Atommodelle).

Erklären Sie Licht als elektromagnetische Strahlung bzw. den sogenannten „Welle-Teilchen-Dualismus“.

Erklären Sie, wie sich Photonen, Elektronen und andere mikroskopische Objekte am Doppelspalt verhalten.

Definieren Sie folgende Begriffe (Einheiten, Formelzeichen, Definition):

Avogadro-Zahl, Stoffmenge, Stoffmengenkonzentration, Molmasse, Masse, Konzentration, Volumen, Dichte, Molvolumen

Berechnen Sie die molare Masse von HNO_3 .

Sie stellen 200 ml einer 5%igen Glucose Lösung her. Berechnen Sie, wie viel Glucose Sie dafür einwiegen müssen. (Annahme: $\rho_{\text{Wasser}} = 1 \text{ g/cm}^3$)

Aus einer Lösung mit der Konzentration $c = 1 \text{ mol/L}$ sollen 250 ml Lösung mit einer Konzentration von $0,5 \text{ mol/L}$ hergestellt werden. Berechnen Sie. Geben Sie den Rechenweg und alle Einheiten an.

Berechnen Sie, wie viel Gramm NaOH notwendig sind, um 200 ml einer Lösung mit $c = 0,1 \text{ mol/L}$ herzustellen.

Berechnen Sie, wie viel Gramm KOH notwendig sind, um 100 ml einer Lösung mit einer Konzentration von 5% herzustellen.

Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration einer 10%igen NaCl Lösung.

Berechnen Sie, wie viel Gramm BaCl_2 Sie brauchen, um 500 ml Lösung mit $c = 2 \text{ mol/L}$ herzustellen.

Berechnen Sie, wie viel Gramm AgNO_3 Sie brauchen, um 250 ml Lösung mit $c = 0,1 \text{ mol/L}$ herzustellen.

Berechnen Sie, welches Volumen einer 37%igen HCl - Lösung notwendig ist, um daraus 50 ml verdünnte Lösung mit einer Konzentration von 2% herzustellen.

Berechnen Sie, welches Volumen einer 25%igen NH_3 - Lösung notwendig ist, um daraus 20 ml verdünnte Lösung mit einer Konzentration von 5% herzustellen.

Berechnen Sie welches Volumen einer 25%igen NH_3 - Stammlösung ($\rho = 910 \text{ g/L}$) Sie benötigen, um 1000 ml verdünnte NH_3 - Lösung mit einer Konzentration von $c = 0,5 \text{ mol/L}$ herzustellen.

Berechnen Sie welches Volumen einer 98%igen H_2SO_4 - Stammlösung ($\rho = 1836 \text{ g/L}$) Sie benötigen, um 500 ml verdünnte H_2SO_4 - Lösung mit einer Konzentration von $c = 0,8 \text{ mol/L}$ herzustellen.

Berechnen Sie welches Volumen einer 37%igen HCl - Stammlösung ($\rho = 1,184 \text{ g/mL}$) Sie benötigen, um 200 ml verdünnte HCl - Lösung mit einer Konzentration von $c = 1,5 \text{ mol/L}$ herzustellen.

Berechnen Sie welches Volumen einer 81%igen Essigsäure (CH_3COOH) - Stammlösung ($\rho = 1,069 \text{ g/mL}$) Sie benötigen, um 500 ml verdünnte Lösung mit einer Konzentration von $c = 0,5 \text{ mol/L}$ herzustellen.

Zink reagiert mit Salzsäure (HCl) zu Zink(II)-chlorid und Wasserstoff. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. Berechnen Sie, wie viel Gramm H_2 aus 0,5 mol Zink entstehen kann.

15 Mol Wasserstoff H_2 und 15 Mol Kohlenstoffmonoxid CO werden zur Reaktion gebracht. Wie viel Gramm Methanol(CH_3OH) können dabei maximal entstehen?

Wie viel kg SO_2 entstehen bei der Verbrennung von 25 Tonnen Kohle (Schwefelgehalt: 3%).

Eisenerz Fe_2O_3 reagiert mit Kohlenstoffmonoxid CO zu Eisen Fe und Kohlenstoffdioxid CO_2 . Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. Berechnen Sie wie viel Fe aus 160 kg Fe_2O_3 gewonnen werden kann.

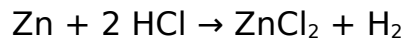
Geben Sie an, wie ein ideales Gas definiert ist und nennen Sie die Unterschiede zum realen Gas.

Erklären Sie das Gesetz von Avogadro und geben Sie das Molvolumen eines idealen Gases bei 0°C , 101325 Pa sowie bei 25°C , 101325 Pa an.

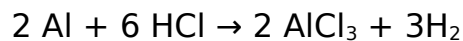
Berechnen Sie das Volumen von 68 g gasförmigem Ammoniak (NH_3) bei einer Temperatur von 15°C und einem Druck von 0,3 bar. (Annahme: es handelt sich um ein ideales Gas).

Berechnen Sie den Druck in einer 5 Liter Helium Gasflasche, die mit 90 g Helium bei einer Temperatur von 20°C gefüllt ist.

Wie viel Gramm Zink sind erforderlich, um durch Reaktion mit überschüssiger Salzsäure bei 1 bar und 25°C 10 Liter Wasserstoff zu erzeugen?



Wie viel Liter Wasserstoff kann man aus 10 g Aluminium durch Reaktion mit überschüssiger Salzsäure bei 20°C und 101325 Pascal gewinnen?



18 ml Wasser ($\rho = 1 \text{ g/ml}$) werden verdampft. Berechnen Sie, welches Volumen der Wasserdampf 100°C bei Umgebungsdruck 101325 Pa einnimmt. Nehmen Sie an, es handelt sich um ein ideales Gas.

Chemische Reaktionen: Erklären Sie die Kollisionstheorie.

Geben Sie an, wovon die Reaktionsgeschwindigkeit abhängt. Begründen Sie.

Erklären Sie den Unterschied zwischen reversiblen und irreversiblen Reaktionen. Geben Sie Beispiele an.

Geben Sie an, welche Voraussetzungen für eine reversible Reaktion erfüllt sein müssen.

Nennen Sie ein Beispiel einer reversiblen Reaktion und stellen Sie die Reaktionsgleichung der Hin-Reaktion sowie der Rück-Reaktion auf.

Reaktionsgeschwindigkeit: Stellen Sie den mathematischen Zusammenhang auf und stellen Sie die Reaktionsgeschwindigkeit in eine Konzentration-Zeit-Diagramm dar. Erklären Sie, wo und warum die Reaktionsgeschwindigkeit schneller und wo langsamer ist.

Beschreiben Sie, wann eine Reaktion im chemischen Gleichgewicht ist. Welche Bedingungen müssen dafür erfüllt sein?

Erklären Sie, warum das chemische Gleichgewicht ein dynamisches Gleichgewicht ist.

Geben Sie an, wodurch sich die Lage des chemischen Gleichgewichtes verändern lässt. (Prinzip von Le Chatelier – „Flucht vor dem Zwang“)

Geben Sie die Reaktionsgeschwindigkeiten der Hin- und Rückreaktion im chemischen Gleichgewicht an.

Erklären Sie, was ein Katalysator ist und welchen Einfluss ein Katalysator auf chemische Reaktionen hat.

Erklären Sie endotherme und exotherme Reaktionen, geben Sie jeweils das Energiediagramm an.

Stellen Sie den Reaktionsverlauf einer exothermen Reaktion in einem Energie-Zeit-Diagramm dar. Beschriften Sie das Diagramm vollständig.

Stellen Sie den Reaktionsverlauf einer exothermen Reaktion mit Katalysator in einem Energie-Zeit-Diagramm dar. Beschriften Sie das Diagramm vollständig.

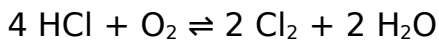
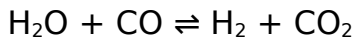
Stellen Sie den Reaktionsverlauf einer endothermen Reaktion in einem Energie-Zeit-Diagramm dar. Beschriften Sie das Diagramm vollständig.

Leiten Sie das Massenwirkungsgesetz aus dem chemischen Gleichgewicht her (Wählen Sie den Ansatz: $v_{\text{Hinreaktion}} = v_{\text{Rückreaktion}}$).

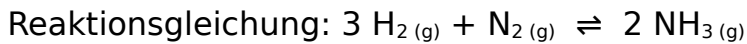
Geben Sie an, welche Bedeutung die Gleichgewichtskonstante K hat? Wie können Sie dadurch auf die Lage des Gleichgewichtes schließen?

Stellen Sie den Konzentrationsverlauf einer Reaktion für die Fälle $K \gg 1$, $K \sim 1$ und $K \ll 1$ jeweils in einem Konzentration-Zeit-Diagramm dar und beschreiben Sie die jeweilige Situation mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes.

Formulieren Sie das MWG für folgende Reaktionen:



Die Ammoniaksynthese aus den Elementen wird bei 450°C und 300 – 400 bar durchgeführt. Begründen Sie warum diese Parameter gewählt werden.



Geben Sie die Autoprotolyse des Wassers an und leiten Sie das Ionenprodukt des Wassers aus dem Massenwirkungsgesetz her.

Stellen Sie die Reaktionsgleichung einer Reaktion zwischen einer Säure und Wasser auf, geben Sie das Massenwirkungsgesetz dieser Reaktion an und stellen Sie einen Zusammenhang zur Säurekonstanten her.

Geben Sie die H_3O^+ - Ionen Konzentration und die OH^- - Ionen Konzentration einer neutralen, einer sauren und einer basischen Lösung an.

Geben Sie an, wann es sich um eine saure, eine neutrale und eine basische Lösung handelt.

Erklären Sie, wie Sie mit Hilfe der Säurekonstante K_s auf die Lage des Gleichgewichtes schließen können und stellen Sie einen Zusammenhang zwischen der Säurekonstante und der Konzentration der H_3O^+ - Ionen her.

Geben Sie an, wie Sie mit Hilfe der Säurekonstante K_s auf die Stärke einer Säure schließen können. Wann handelt es sich um eine starke, wann um eine schwache Säure?

Erklären Sie, was man unter der Säurestärke versteht. Wie können Sie die Säurestärke aus dem Periodensystem der Elemente abschätzen. Begründen Sie.

Geben Sie an, wie Säuren bzw. Basen nach Brønsted definiert sind.

Nennen Sie Beispiele für Säuren (nach Brønsted).

Geben Sie den Unterschied zwischen einer starken und einer schwachen Säure an, nennen Sie Beispiele.

Erklären Sie den Unterschied zwischen einer Säure und einer sauren Lösung.

Geben Sie an, was man unter einem konjugierten Säure-Base-Paar versteht und nennen Sie ein Beispiel.

Erklären Sie, was man unter amphoteren Stoffen versteht und nennen Sie ein Beispiel.

HCN hat einen pK_A Wert von 9,31. Berechnen Sie daraus den pK_B , sowie den K_S und den K_B Wert. Geben Sie die Reaktionsgleichung mit Wasser an. Auf welcher Seite liegt das Gleichgewicht? Handelt es sich um eine starke oder eine schwache Säure? Begründen Sie.

Essigsäure CH_3COOH hat einen pK_A Wert von 4,75. Berechnen Sie daraus den pK_B , sowie den K_S und den K_B Wert. Geben Sie die Reaktionsgleichung mit Wasser an. Auf welcher Seite liegt das Gleichgewicht? Handelt es sich um eine starke oder eine schwache Säure? Begründen Sie.

HBr hat einen pK_A Wert von -9. Berechnen Sie daraus den pK_B , sowie den K_S und den K_B Wert. Geben Sie die Reaktionsgleichung mit Wasser an. Auf welcher Seite liegt das Gleichgewicht? Handelt es sich um eine starke oder eine schwache Säure? Begründen Sie.

Berechnen Sie den pH-Wert und den pOH-Wert einer Salzsäure - Lösung $HCl_{(aq)}$ ($pK_S = -6$) mit der Konzentration $c = 0,2 \text{ mol/L}$.

Berechnen Sie den pH-Wert einer Essigsäure - Lösung $CH_3COOH_{(aq)}$ ($pK_S = 4,75$) mit der Konzentration $c = 0,2 \text{ mol/L}$.

Berechnen Sie den pH-Wert einer Perchlorsäure - Lösung HClO_4 (aq) ($K_S = 10^9$) mit der Konzentration $c = 0,05 \text{ mol/L}$.

Berechnen Sie den pOH-Wert und den pH-Wert von Methylamin ($K_B = 5,0 \cdot 10^{-4}$), $c = 0,01 \text{ mol/L}$.

Berechnen Sie den pH-Wert einer Natronlauge NaOH (aq) mit der Konzentration $c = 0,2 \text{ mol/L}$.

Zu einem Liter Wasser werden 2 ml einer basischen Lösung ($\text{p}K_B = -2$) mit der Konzentration $c = 0,5 \text{ mol/L}$ zugegeben. Berechnen Sie den pH-Wert.

Berechnen Sie den pH-Wert einer 5%igen Salzsäure Lösung, $\rho = 1,023 \text{ g/ml}$.

Berechnen Sie den pH-Wert einer 5%igen Essigsäure - Lösung (Haushaltsessig), $\rho = 1,005 \text{ g/ml}$.

Berechnen Sie den pH-Wert einer Phosphorsäure - Lösung H_3PO_4 (aq) (mehrprotonige Säure) mit $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ($\text{p}K_{S,1} = 1,96$; $\text{p}K_{S,2} = 7,21$; $\text{p}K_{S,3} = 12,32$). Begründen Sie Ihre Vorgehensweise.

Berechnen Sie, auf wie viel Liter ein Liter konzentrierte Salzsäure ($c = 12 \text{ mol/L}$) verdünnt werden muss, damit sich ein pH-Wert von 6 einstellt.

Berechnen Sie, auf wie viel Liter 10 Milliliter Liter Salzsäure mit $c = 0,1 \text{ mol/L}$ verdünnt werden muss, damit sich ein pH-Wert von 6,9 einstellt.

Erklären Sie, was eine Neutralisation ist und nennen Sie ein Beispiel.

Erklären Sie, warum Natriumhydrogensulfat-, Ammoniumchlorid-, Zinkchlorid, und Eisenchlorid-Lösungen sauer sind.

Erklären Sie, warum Kaliumnitrat-, Natriumsulfat- und Ammoniumacetat-Lösungen neutral sind.

Erklären Sie, warum Natriumsulfid- und Natriumhydrogencarbonat-Lösungen alkalisch sind.

Geben Sie an, ob es sich bei einer Na_2CO_3 - Lösung um eine neutrale, basische oder saure Lösung handelt. Geben Sie die Reaktionsgleichung an und begründen Sie mit Hilfe der pK_B bzw. pK_S -Werte.

Geben Sie an, ob es sich bei einer NaCH_3COO - Lösung um eine neutrale, basische oder saure Lösung handelt. Geben Sie die Reaktionsgleichung an und begründen Sie mit Hilfe der pK_B bzw. pK_S -Werte.

Geben Sie an, ob es sich bei einer Na_2HPO_4 - Lösung um eine neutrale, basische oder saure Lösung handelt. Geben Sie die Reaktionsgleichung an und begründen Sie mit Hilfe der Gleichgewichtskonstanten (K_S , K_B).

Geben Sie an, ob es sich bei einer NaH_2PO_4 - Lösung um eine neutrale, basische oder saure Lösung handelt. Geben Sie die Reaktionsgleichung an und begründen Sie mit Hilfe der Gleichgewichtskonstanten (K_S , K_B).

Erklären Sie, was ein pH-Puffersystem ist und wie es funktioniert. Nennen Sie ein Beispiel.

Leiten Sie die Henderson-Hasselbalch-Gleichung aus dem Massenwirkungsgesetz der Reaktion einer Säure (HA) mit Wasser her.

Zu einem Phosphat-Puffer $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$ wird a) eine Säure b) eine Base zugegeben. Stellen Sie die jeweiligen Reaktionsgleichungen auf.

Zu 1 Liter Wasser wird 1 mL HCl ($c = 10 \text{ mol/L}$) zugegeben. Berechnen Sie den pH-Wert. Zu 1 Liter Puffer ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$, mit jeweils $c = 1 \text{ mol/L}$) wird 1 mL HCl ($c = 10 \text{ mol/L}$) zugegeben. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf und berechnen Sie den pH-Wert.

Zu 1 Liter Puffer ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$, mit jeweils $c = 1 \text{ mol/L}$) werden 4g NaOH zugegeben. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf und berechnen Sie den pH-

Wert. Geben Sie die Konzentrationen der Pufferbestandteile vor und nach der Zugabe an.

1 Liter Pufferlösung enthält 0,3 mol/L NH_4^+ - Ionen und 0,2 mol/L NH_3 . Berechnen Sie den pH-Wert dieser Lösung. Berechnen Sie den pH-Wert nach Zugabe von 2 mL HNO_3 ($c = 5\text{ mol/L}$). Geben Sie die Konzentrationen der Pufferbestandteile vor und nach der Zugabe an.

1 Liter Pufferlösung enthält 0,3 mol/L CH_3COOH und 0,2 mol/L CH_3COO^- . Berechnen Sie den pH-Wert dieser Lösung. Berechnen Sie den pH-Wert nach Zugabe von 2g KOH . Geben Sie die Konzentrationen der Pufferbestandteile vor und nach der Zugabe an.

Einer Acetat-Pufferlösung ($\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$) mit a) jeweils 1 mol/L, b) jeweils 0,1 mol/L werden 2g KOH zugegeben. Geben Sie die Konzentrationen der Pufferbestandteile vor und nach der Zugabe an und berechnen Sie den pH-Wert. Vergleichen Sie die Ergebnisse von a) und b) miteinander.

Erklären Sie, was eine gesättigte Lösung ist. Nennen Sie ein Beispiel, fertigen Sie eine Skizze an und stellen Sie die Gleichgewichtsreaktion auf.

Leiten Sie das Löslichkeitsprodukt für Salze aus dem Massenwirkungsgesetz her.

Silberchlorid wird in Wasser gelöst. Stellen Sie die Reaktionsgleichung und das Löslichkeitsprodukt auf. Berechnen Sie, wie viel g AgCl sich in 500 mL Wasser lösen. $K_L(\text{AgCl}) = 2 \cdot 10^{-10}$.

Calciumfluorid wird in Wasser gelöst. Stellen Sie die Reaktionsgleichung und das Löslichkeitsprodukt auf. Berechnen Sie, wie viel g CaF_2 sich in 200 mL Wasser lösen. $K_L(\text{CaF}_2) = 3 \cdot 10^{-11}$.

Calciumhydroxid wird in Wasser gelöst. Stellen Sie die Reaktionsgleichung und das Löslichkeitsprodukt auf. Berechnen Sie, wie viel g Ca(OH)_2 sich in 100 mL Wasser lösen. $K_L(\text{Ca(OH)}_2) = 4 \cdot 10^{-6}$.

Geben Sie an, wie die Standard-Reaktionsenthalpie definiert ist (Formelzeichen, Einheit, Definition) und erklären Sie die Begriffe endotherm sowie exotherm.

Erklären Sie, was man unter Entropie versteht.

Erklären Sie anhand eines Beispiels, warum man die Entropie auch als ein Maß für die Unordnung bezeichnet.

Geben Sie an, wie die Reaktionsentropie definiert ist (Formelzeichen, Einheit, Definition).

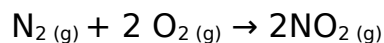
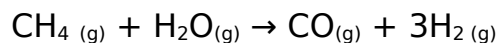
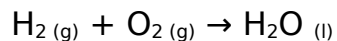
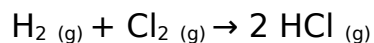
Geben Sie an, wie die freie Reaktionsenthalpie (Gibbs - Energie) definiert ist (Formelzeichen, Einheit, Definition) und erklären Sie die Begriffe endergon sowie exergon.

Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie ΔH°_R für die Verbrennung von Kohlenstoff und skizzieren Sie das Energiediagramm dieser Reaktion.

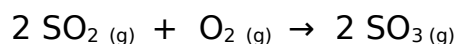
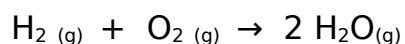
Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie ΔH°_R für elektrolytische Spaltung von Wasser und skizzieren Sie das Energiediagramm dieser Reaktion.

Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie ΔH°_R für die Verbrennung von Oktan (C_8H_{18}) und skizzieren Sie das Energiediagramm dieser Reaktion.

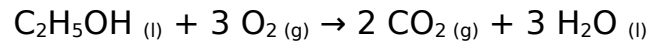
Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie ΔH°_R für folgende Reaktionen:



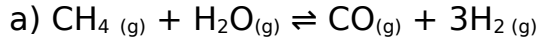
Berechnen Sie die Reaktionsentropie ΔS°_R für folgende Reaktionen:



Berechnen Sie die freie Enthalpie ΔG°_R für die Verbrennung von Ethanol und interpretieren Sie das Ergebnis.



Berechnen Sie die freie Enthalpie ΔG°_R für folgende Reaktion und interpretieren Sie das Ergebnis.



Geben Sie den Zusammenhang zwischen der freien Enthalpie ΔG° und der Gleichgewichtskonstante K an.

Berechnen Sie die freie Enthalpie ΔG°_R sowie die Gleichgewichtskonstante K für die Bildung von Ammoniak NH_3 aus den Elementen bei 25°C und bei 450°C. Vergleichen Sie die Ergebnisse.

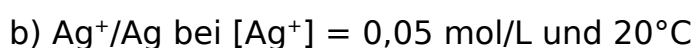
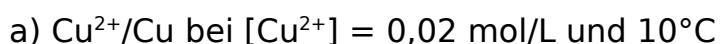
Für das Gleichgewicht $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}$ ist die Gleichgewichtskonstante $K_S = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ (25°C). Berechnen Sie ΔG° .

Für das Gleichgewicht $\text{HF}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(aq)} + \text{F}^-_{(aq)}$ ist die Gleichgewichtskonstante $K_S = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ (25°C). Berechnen Sie ΔG° .

Erklären Sie den Unterschied zwischen der Standardpotenzialdifferenz ΔE^0 und der Potenzialdifferenz ΔE .

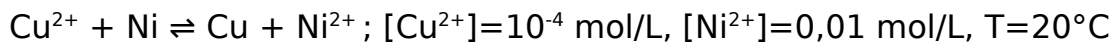
Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die Halbzellenkombination (Ag/Ag⁺//Zn²⁺/Zn) auf und berechnen Sie die Potenzialdifferenz ΔE° .

Berechnen Sie das Potenzial von

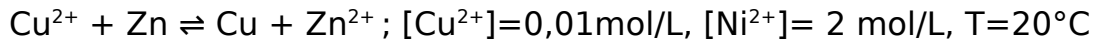


mit Hilfe der Nernst - Gleichung.

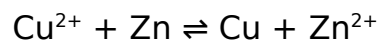
Berechnen Sie die Potentialdifferenz ΔE folgender Reaktion mit Hilfe der Nernst - Gleichung.



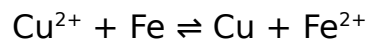
Berechnen Sie die Potentialdifferenz ΔE folgender Reaktion mit Hilfe der Nernst - Gleichung.



Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante K bei 20°C für die Reaktion von Zink mit Cu^{2+} - Ionen. $\Delta E^0 = 1,11$ Volt. Wo liegt das Gleichgewicht?



Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante K bei 20°C für die Reaktion von Eisen mit Cu^{2+} - Ionen. $\Delta E^0 = 0,75$ Volt. Wo liegt das Gleichgewicht?



Berechnen Sie die Standard-Gibbs-Energie ΔG^0 für die Reaktion von Zink mit Cu^{2+} - Ionen. $\Delta E^0 = 1,11$ Volt. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. Läuft die Reaktion freiwillig ab?

Berechnen Sie die Standard-Gibbs-Energie ΔG^0 für die Reaktion von Eisen mit Cu^{2+} - Ionen. $\Delta E^0 = 0,75$ Volt. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. Läuft die Reaktion freiwillig ab?