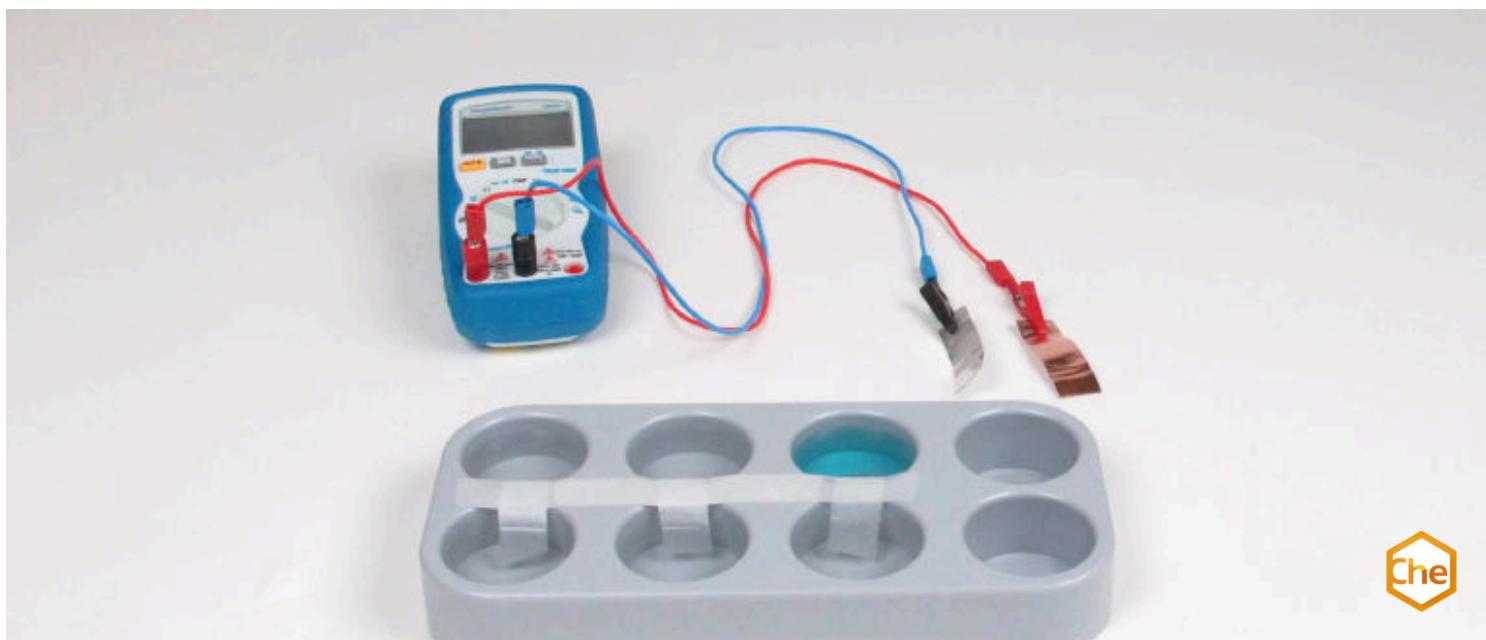


Herstellung einer vereinfachten Standard-Wasserstoffelektrode und Messung einiger Standardpotenziale



Die Schülerinnen und Schüler werden im Laufe des Versuchs eine vereinfachte Standard-Wasserstoffelektrode herstellen. Außerdem wird der Begriff "Standardpotential" weiter behandelt.

Chemie

Physikalische Chemie

Elektrochemie

Galvanische Elemente,
Brennstoffzellen

Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

30 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5f6a0cbdb07c92000385c482>



Lehrerinformationen

Anwendung



Versuchsaufbau

Zwischen verschiedenen Metallen entstehen verschieden hohe Gleichspannungen, sobald man sie in galvanischen Zellen kombiniert. Diese Spannungen sind der quantitative Ausdruck der Potenzialdifferenzen zwischen den jeweils zusammengeschalteten Halbzellen. Die Differenzen zwischen Potenzialen verschiedener Metalle sind messbar, wenn man sie zu galvanischen Zellen zusammenschließt. Das gibt nun die Möglichkeit, jedem Metall (und auch anderen Redoxpaaren) eine relative Potenzialgröße zuzuordnen, sobald man es mit einer stets gleichen Bezugselektrode zu einer galvanischen Zelle zusammenschließt.

Als eine solche Bezugselektrode wurde durch Übereinkunft die sogenannte »Standard-Wasserstoffelektrode« bestimmt.

Sonstige Lehrerinformationen (1/7)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten mit galvanischen Elementen in der Theorie und Praxis gearbeitet haben. Außerdem sollten sie wissen, was eine Standard-Wasserstoffelektrode und was Standardpotenziale sind.

Prinzip



Mit Hilfe der Standardpotenziale kann man die Potenzialdifferenzen bzw. die Spannungen zwischen allen Metallkombinationen leicht nach der Gleichung berechnen:

Sonstige Lehrerinformationen (2/7)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler werden im Laufe des Versuchs eine vereinfachte Standard-Wasserstoffelektrode herstellen, sodass ein Verständnis für deren Funktionsprinzip und Aufbau vertieft wird. Außerdem wird der Begriff "Standardpotential" weiter behandelt.

Aufgaben



Eine Platinelektrode soll durch Elektrolyse von Schwefelsäure mit Wasserstoff beladen werden. Diese Elektrode soll dann nacheinander mit 4 Halbzellen verschiedener Metalle zu galvanischen Zellen kombiniert werden. Die dabei auftretenden Spannungen werden gemessen und in einer Spannungsreihe nach Höhe und Vorzeichen geordnet notiert.

Sonstige Lehrerinformationen (3/7)

PHYWE

Sonstige Informationen (1/5)

Im Versuch 7400700 wurde beobachtet, daß zwischen den verschiedenen Metallen verschieden hohe Gleichspannungen entstehen, sobald man sie in galvanischen Zellen kombiniert. Diese Spannungen sind der quantitative Ausdruck der Potenzialdifferenzen zwischen den jeweils zusammengeschalteten Halbzellen. Den Potentialen der Metalle liegen die Redoxvorgänge zugrunde.

Je größer das Lösungsbestreben eines Metalls ist, desto weiter rechts liegt das Gleichgewicht eines solchen Redoxvorgangs. Da man jedoch dieses Lösungsbestreben bzw. das Potenzial eines Metalls in einer Halbzelle allein nicht messen kann, kann man ihm auch nicht ohne weiteres eine bestimmte Größenordnung zuweisen. Wie der Versuch P7400700 jedoch zeigte, sind die Differenzen zwischen Potenzialen verschiedener Metalle messbar, wenn man sie zu galvanischen Zellen zusammenschließt.

Sonstige Lehrerinformationen (4/7)

PHYWE

Sonstige Informationen (2/5)

Das gibt nun die Möglichkeit, jedem Metall (und auch anderen Redoxpaaren) eine relative Potenzialgröße zuzuordnen, sobald man es mit einer stets gleichen Bezugselektrode zu einer galvanischen Zelle zusammenschließt. Als eine solche Bezugselektrode wurde durch Übereinkunft die sogenannte »Standard-Wasserstoffelektrode« bestimmt. Sie hat folgenden Aufbau:

Ein auf elektrolytischem Wege mit feinsten Platinpartikeln (= Platinmohr) beschichtetes Platinblech wird als Elektrode in eine 1 molare Salzsäure getaucht. Dort lässt man über diese Elektrode einen feinblasigen Wasserstoffstrom perlen, der unter einem Druck von 1013 mbar (= 1013 Hektopascal) steht. Die Temperatur soll 25 °C betragen. Infolge seiner katalytischen Wirkung überzieht sich das Platinblech auf der ganzen Oberfläche mit einer geschlossenen Schicht aus atomarem Wasserstoff, so dass praktisch aus der Platinenelektrode eine Wasserstoffelektrode wird. An einer solchen Elektrode kann dann der Redoxvorgang ablaufen:

Sonstige Lehrerinformationen (5/7)

PHYWE

Sonstige Informationen (3/5)

Schaltet man eine solche Standard-Wasserstoffelektrode als Halbzelle mit einer Halbzelle eines Metalls zu einer galvanischen Zelle zusammen, so kann man eine Spannung messen wie zwischen zwei metallischen Halbzellen. Durch Übereinkunft hat man nun das Potenzial der Standard-Wasserstoffelektrode auf den Wert ± 0 gesetzt, und die an einer solchen Zelle gemessene Spannung als das Standardpotenzial des jeweils eingesetzten Metalls bestimmt. Das Standardpotenzial eines Metalls ist somit nichts anderes, als die Potenzialdifferenz zwischen diesem Metall und einer Standard-Wasserstoffelektrode. Da eine Standard-Wasserstoffelektrode schwierig herzustellen ist, wird zu den folgenden Versuchen eine vereinfachte Ausführung verwendet, die man sich mit geringen Mitteln selbst herstellen kann, und die zu Messwerten führt, die sich den Literaturwerten sehr stark nähern.

Die Potenzialdifferenzen der Redoxpaare zur Standard-Wasserstoffelektrode (Redoxpaar) bezeichnet man, wie oben bereits gesagt, als STANDARD-POTENZIALE. Bezieht man in die erhaltene Messreihe das Potenzial des Wasserstoffs mit dem gesetzten Wert ± 0 ein, so ergibt sich folgende Reihe:

Sonstige Lehrerinformationen (6/7)

PHYWE

Sonstige Informationen (4/5)

Stoff	Standardpotenzial E^0	Redoxsystem
Zink (Zn)	-0,75 bis -0,76 V	$Zn^{2+} + 2 e^-$
Blei (Pb)	-0,12 bis -0,13 V	$Pb^{2+} + 2 e^-$
Wasserstoff (H)	± 0 V	$H^+ + e^-$
Kupfer (Cu)	+0,34 bis +0,35 V	$Cu^{2+} + 2 e^-$
Silber (Ag)	+0,79 bis +0,80 V	$Ag^+ + e^-$

Die so nach Standardpotenzialen geordneten Metalle ergeben die sogenannte ELEKTROCHEMISCHE SPANNUNGSREIHE DER METALLE. Die folgende Tabelle enthält die genauen Werte der Standardpotenziale aller wichtigen Metalle.

Sonstige Lehrerinformationen (7/7)

PHYWE

Sonstige Informationen (5/5)

Metall	Redoxsystem	Standardpotenzial ($E^{\circ}/V-$)
Cäsium (Cs)	$Cs^+ + e^-$	-2,92
Kalium (K)	$K^+ + e^-$	-2,924
Calcium (Ca)	$Ca^{2+} + 2 e^-$	-2,868
Natrium (Na)	$Na^+ + e^-$	-2,71
Magnesium (Mg)	$Mg^{2+} + 2 e^-$	-2,375
Aluminium (Al)	$Al^{3+} + 3 e^-$	-1,662
Zink (Zn)	$Zn^{2+} + 2 e^-$	-0,7628
Chrom (Cr)	$Cr^{3+} + 3 e^-$	-0,744
Eisen (Fe)	$Fe^{2+} + 2 e^-$	-0,409
Cobalt (Co)	$Co^{2+} + 2 e^-$	-0,28
Nickel (Ni)	$Ni^{2+} + 2 e^-$	-0,23
Zinn (Sn)	$Sn^{2+} + 2 e^-$	-0,136
Blei (Pb)	$Pb^{2+} + 2 e^-$	-0,126
Wasserstoff (H)	$H^+ + e^-$	± 0
Kupfer (Cu)	$Cu^{2+} + 2 e^-$	+0,3402
Silber (Ag)	$Ag^+ + e^-$	+0,7996
Platin (Pt)	$Pt^{2+} + 2 e^-$	+1,20
Gold (Au)	$Au^{3+} + 3 e^-$	+1,42

Für eine größere Darstellung der Tabelle bitten den Button anklicken:



Sicherheitshinweise

PHYWE



- Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen.
- Blei und Bleinitrat sind giftig beim Einatmen und Verschlucken wobei die Gefahr kumulativer Wirkung besteht. Sie können auch über die Haut aufgenommen werden. Jeden Kontakt der Chemikalien mit den Augen und der Haut vermeiden.
- Zinksulfat-Lösungen der Konzentration $c = 1,0 \text{ mol/l}$ und Schwefelsäure-Lösungen der Konzentration $c = 0,5 \text{ mol/l}$ wirken reizend.
- Beachten Sie für die H- und P-Sätze bitte die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter.
- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE

Schülerinformationen

Motivation

PHYWE

Versuchsaufbau

Die Entdeckung und Weiterentwicklung der so genannten galvanischen Elemente, besser bekannt als Batterien, hat für die Menschen eine besonders große Bedeutung. Diese macht u.a. die mobile Stromversorgung von verschiedenen Elektrogeräten möglich, was unseren heutigen Lebensstandard erheblich prägt.

Nutzen wir in den galvanischen Elementen verschiedene Metalle, so können wir verschiedene Differenzen zwischen den Potenzialen messen.

Aufgaben

PHYWE



Eine Platinenelektrode soll durch Elektrolyse von Schwefelsäure mit Wasserstoff beladen werden. Diese Elektrode soll dann nacheinander mit 4 Halbzellen verschiedener Metalle zu galvanischen Zellen kombiniert werden.

Die dabei auftretenden Spannungen werden gemessen und in einer Spannungsreihe nach Höhe und Vorzeichen geordnet notiert.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Digitalmultimeter, 600V AC/DC, 10A AC/DC, 20 MΩ, 200µF, 20 kHz, -20°C...760°C	07122-00	1
2	Verbindungsleitung, 2 mm-Stecker, 5 A, 500 mm, rot	07356-01	1
3	Verbindungsleitung, 2 mm-Stecker, 5 A, 500 mm, blau	07356-04	1
4	Reduzierstecker 4/2-mm-Buchse, 1 Paar	11620-27	2
5	Krokodilklemme, isoliert, rot & schwarz, 2 mm, 2 Stück	07275-00	1
6	Streifenelektroden-Set für Schülerversuche Elektrochemie Länge: 75 mm, Breite 15 mm	07856-00	2
7	Messzellenblock mit 8 Bohrungen, d = 40 mm für Aufbau galvanischer Zellen	37682-00	1
8	Deckel für Messzellenblock, 8 Stück	37683-00	1
9	Silberblech, 150 x 150 x 0,1 mm, 1 St. (ca. 25 g)	31839-04	1
10	Graphitelektrode, d = 5 mm, l = 150, 6 Stück	44510-00	1
11	Platinelektrode, kurz	45207-00	1
12	Becherglas, Boro, hohe Form, 50 ml	46025-00	5
13	Tropfflasche, Kunststoff, 50 ml	33920-00	1
14	Batterie 4,5 V, 3R 12 DIN 40869	07496-01	1

Vorbereitung (1/2)

PHYWE

Herstellen der benötigten Lösungen

- **Schwefelsäure (0,5 mol/l):** Gebe in ein Becherglas 100 ml destilliertes Wasser. Pipettiere 13,8 ml 96 %ige Schwefelsäure dazu und fülle auf 500 ml mit destilliertem Wasser auf.
- **Kupfersulfatlösung (1 mol/l):** Füge 79,5 g Kupfersulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Bleinitratlösung (1 mol/l):** Füge 166 g Bleinitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Vorbereitung (2/2)

PHYWE

Herstellen der benötigten Lösungen

- **Zinksulfatlösung 1 mol/l:** Füge 80,5 g Zinksulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Silbernitratlösung (0,1 mol/l):** Füge 8,49 g Silbernitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitratlösung (1 mol/l):** Füge 55,5 g Kaliumnitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

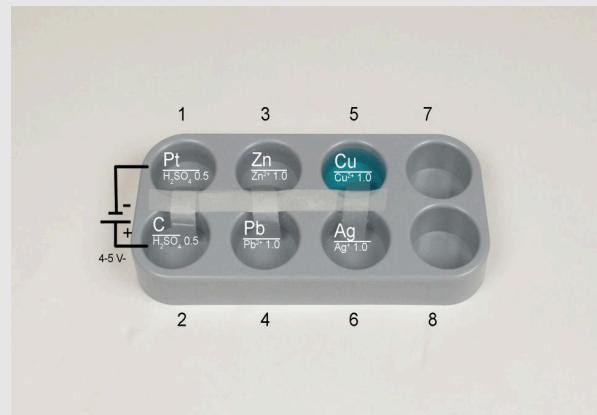
Aufbau

PHYWE

Verteile die Schwefelsäure und die übrigen Lösungen nach in die Messzellen 1 bis 6 (Abb. rechts).

Verbinde diese Messzellen alle miteinander durch Stromschlüssel aus getränkten Filterpapierstreifen (Kaliumnitratlösung). Dabei lege zunächst Stromschlüssel zwischen den Messzellenpaaren 1/2, 3/4 und 5/6, und verbinde diese dann miteinander durch einen getränkten Filterpapierstreifen entlang der Mittellinie des Messzellenblocks.

Setze auf alle 6 Messzellen Deckel auf. Stecke dann in die Messzelle 1 eine Platinenelektrode, in Zelle 2 eine Kohleelektrode und in die Zellen 3 bis 6 die angegebenen Metallelektroden.



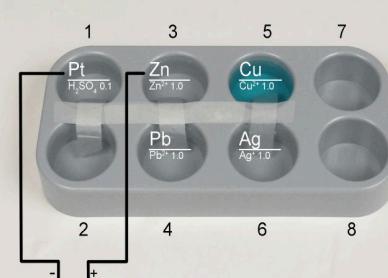
Verteile die Lösungen in den Messzellen

Durchführung

PHYWE

Verbinde die Platinenelektrode mit dem Minuspol einer Flachbatterie (4,5 V) oder einer anderen Gleichspannungsquelle, und die Kohleelektrode mit dem Pluspol. Bei der nun einsetzenden Elektrolyse entsteht an der Kathode Wasserstoff, an der Anode Sauerstoff.

Nach einer Elektrolysierzeit von 2 bis 3 Minuten ist die Platinenelektrode mit einer unsichtbaren Wasserstoffschicht überzogen, womit praktisch eine vereinfachte Standard-Wasserstoffelektrode entstanden ist, mit der man einige Messungen durchführen kann. Verbinde nun diese Wasserstoffelektrode (Halbzelle 1) mit der Massebuchse des Messinstruments (Einstellung 2 V-) (Abb. rechts) und die Voltbuchse nacheinander mit den Halbzellen 3 bis 6.



Verbinde diese Wasserstoffelektrode mit der Massebuchse des Messinstruments

PHYWE

Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Was ist das Standard-Potenzial eines Metalls?

- Das Standardpotenzial eines Metalls ist immer mit dem Wert 2 angegeben.
- Das Standardpotenzial eines Metalls ist nichts anderes als die Potenzialdifferenz zwischen diesem Metall und einem Nicht-Metall.
- Es gibt kein Standardpotenzial bei Metallen, sondern nur bei Nicht-Metallen.
- Das Standardpotenzial eines Metalls ist nichts anderes als die Potenzialdifferenz zwischen diesem Metall und einer Standard-Wasserstoffelektrode.

Check

Aufgabe 2

PHYWE

Gegen welche Metalle bildet die Wasserstoffelektrode den Pluspol bzw. Minuspol?

- Pluspol: - Minuspol: Kupfer, Silber, Blei, Zink, Kalium
- Pluspol: Kupfer, Silber Minuspol: Blei, Zink, Kalium
- Pluspol: Kupfer, Silber, Blei, Zink, Kalium Minuspol: -
- Minuspol: Kupfer, Silber Pluspol: Blei, Zink, Kalium

Check

Aufgabe 3

PHYWE

Warum wurde in diesem Versuch nicht wie sonst üblich Salzsäure zum Aufbau der Wasserstoffelektrode verwendet, sondern 0,5 molare Schwefelsäure?

- Aus Kostengründen. Salzsäure ist sehr teuer.
- Aus Sicherheitsgründen. Bei der Elektrolyse der Schwefelsäure entsteht kein Chlor.
- Aus Sicherheitsgründen. Bei der Elektrolyse der Schwefelsäure entsteht Chlor, welcher Gesundheitsfördernd wirkt.

Check

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 20: Standardpotential	0/1
Folie 21: Wasserstoffelektrode Metalle	0/1
Folie 22: Wasserstoffelektrode	0/1

Gesamtsumme

0/3

Lösungen

Wiederholen