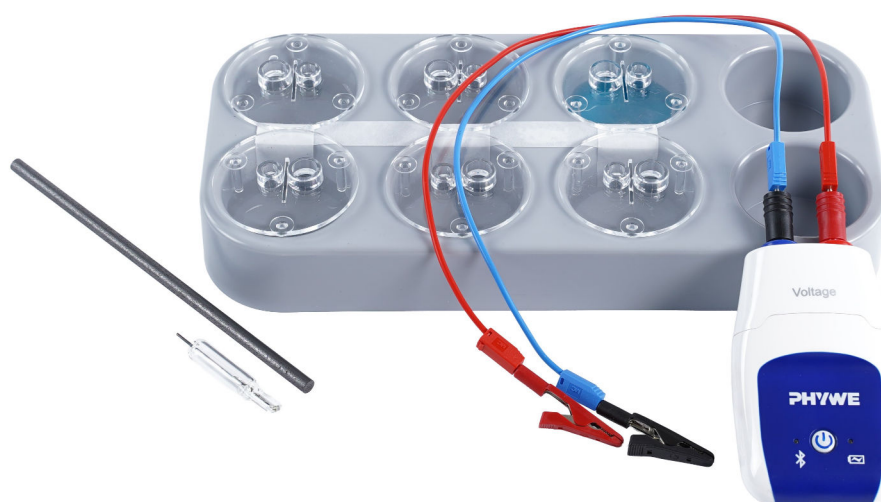


Herstellung einer vereinfachten Standard-Wasserstoff-Elektrode und Messung einiger Standard mit Cobra SMARTsense



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	Gruppengröße	Vorbereitungszeit	Durchführungszeit
mittel	2	10 Minuten	30 Minuten

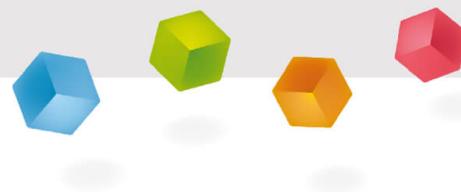
This content can also be found online at:



<https://www.curriculab.de/c/6835862efad9d1000271ed63>

PHYWE

Lehrerinformationen



Anwendung

PHYWE



Die Potenzialdifferenzen zwischen Metallen lassen sich in galvanischen Zellen als elektrische Spannungen messen. Diese Spannungen geben Aufschluss über die unterschiedliche Reduktions- bzw. Oxidationsfähigkeit der Metalle. Durch die Kombination verschiedener Halbzellen mit einer gleichbleibenden Bezugselektrode lässt sich jedem Redoxsystem ein Standardelektrodenpotenzial zuordnen.

Da alle Spannungen relativ zu dieser Referenzelektrode gemessen werden, sind die Ergebnisse vergleichbar. Als Bezugselektrode dient hier die Standard-Wasserstoffelektrode. Auf dieser Grundlage entsteht eine Spannungsreihe, die im Unterricht das Verständnis von Redoxvorgängen und den Aufbau galvanischer Zellen unterstützt.

Sonstige Lehrerinformationen (1/8)

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 folgenden Gleichung berechnen:

$$\Delta E = E_{\text{Kathode}} - E_{\text{Anode}}$$

Sonstige Lehrerinformationen (2/8)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler werden im Laufe des Versuchs eine vereinfachte Standard-Wasserstoffelektrode (SHE) herstellen, sodass ein Verständnis für deren Funktionsprinzip und Aufbau sowie das "Standardpotential" geschaffen wird.

Der Vergleich der Potentialdifferenzen verschiedener Metalle gegenüber der SHE liefert Aufschluss über die Reduktions- bzw. Oxidationsfähigkeit dieser Metalle.

Aufgaben



Eine Platinelektrode soll durch Elektrolyse von Schwefelsäure mit Wasserstoffgas 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 (3/8)

PHYWE

Im Versuch „Elektrochemische Spannungsreihe“ 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 Potentialdifferenzen zwischen den jeweils zusammengeschalteten Halbzellen. Das Potential ist abhängig von den Redoxvorgängen der Metalle in der Lösung. So gilt zum Beispiel für Zink: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$.

Je größer das Lösungsbestreben eines Metalls ist, desto weiter rechts liegt das Gleichgewicht eines solchen Redoxvorgangs. Da man jedoch dieses Lösungsbestreben bzw. das Potential eines Metalls in einer Halbzelle allein nicht messen kann, kann man ihm auch nicht ohne weiteres eine bestimmte Größenordnung zuweisen. Wie der Versuch "Spannungsreihe (Redoxreihe) der Metalle" P7400669 jedoch zeigte, sind die Differenzen zwischen Potenzialen verschiedener Metalle messbar, wenn man sie zu galvanischen Zellen zusammenschließt.

Sonstige Lehrerinformationen (4/8)

PHYWE

Jedem Metall (und anderen Redoxpaaren) kann eine relative Potentialgröße zugeordnet werden, indem man ein Metall mit einer geichbleibenden Bezugselektrode zu einer galvanischen Zelle kombiniert. Als solche Bezugselektrode wurde die sogenannte Standard-Wasserstoffelektrode (SHE) festgelegt.

Sie besteht aus einem mit Platinschwarz beschichteten Platinblech, das in 1 M Salzsäure getaucht wird. Ein feinblasiger Wasserstoffstrom wird bei Normaldruck (1013 mbar) über die Elektrode geleitet. Die Messung erfolgt bei 25 °C. Durch die katalytische Wirkung des Platins bildet sich auf der Oberfläche eine adsorbierte Schicht atomaren Wasserstoffs – die Elektrode wird zur Wasserstoffelektrode.

An dieser Elektrode kann der folgende Redoxvorgang ablaufen:



Das Standardpotenzial dieser Elektrode ist willkürlich auf 0,00 V festgelegt und dient als Vergleichswert für alle anderen Redoxsysteme.

Sonstige Lehrerinformationen (5/8)

PHYWE

Schaltet man eine Metallhalbzelle mit der Standard-Wasserstoffelektrode (SHE) zu einer galvanischen Zelle zusammen, lässt sich die elektrische Spannung zwischen beiden Elektroden messen. Da das Potential der Wasserstoffelektrode per Konvention $0,00\text{ V}$ beträgt, entspricht die gemessene Spannung direkt dem Standardpotential des untersuchten Metalls bzw. Redoxsystems.

Die auf diese Weise ermittelten Spannungen – bezogen auf das definierte Wasserstoffpotential – nennt man Standardpotentiale. Sie ermöglichen eine vergleichende Einordnung verschiedener Redoxpaare hinsichtlich ihrer Tendenz, Elektronen aufzunehmen oder abzugeben.

In diesem Schülerexperiment wird statt der technisch aufwendigen SHE eine vereinfachte Version eingesetzt. Sie ist mit einfachen Mitteln herstellbar und liefert dennoch Messwerte, die den Literaturwerten sehr nahekommen: Hier wird die Elektrode nicht mit Platinschwarz überschichtet, es wird Schwefelsäure statt Salzsäure verwendet und es findet keine kontinuierliche Gaseinspeisung statt und der Wasserstoffdruck wird nicht geprüft.

Sonstige Lehrerinformationen (6/8)

PHYWE

Die Tabelle enthält die Standardpotentiale ausgewählter Elemente.

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

Sonstige Lehrerinformation (7/8)

PHYWE

Die Lösungen können für alle hergestellt werden, um Chemikalien zu sparen!

- **Kupfersulfatlösung** (1 mol/l): Füge 125 g Kupfersulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Bleinitratlösung** (1 mol/l): Füge 165 g Bleinitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Optionale Herstellung von Schwefelsäure (0,5 mol/l): Gebe in ein Becherglas 100 ml destilliertes Wasser. Pipettiere 14 ml 96%ige Schwefelsäure dazu und fülle auf 500 ml mit destilliertem Wasser auf.

Bei Verwendung dieser Ansatzgröße kann ein 600 ml Becherglas verwendet werden. Dieses finden Sie in PHYWE Webshop.

Sonstige Lehrerinformation (8/8)

PHYWE

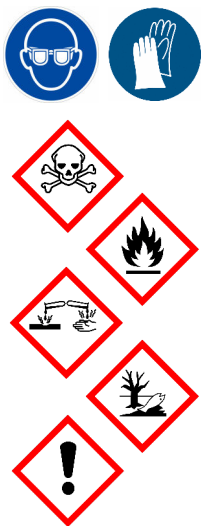
Die Lösungen können für alle hergestellt werden, um Chemikalien zu sparen!

- **Zinksulfatlösung** (1 mol/l): Füge 144 g Zinksulfat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Silbernitratlösung** (1 mol/l): Füge 85 g Silbernitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitratlösung** (1 mol/l): Füge 51 g Kaliumnitrat zu 250 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 500 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Bei Verwendung dieser Ansatzgröße kann ein 600 ml Becherglas verwendet werden. Dieses finden Sie in PHYWE Webshop.

Sicherheitshinweise

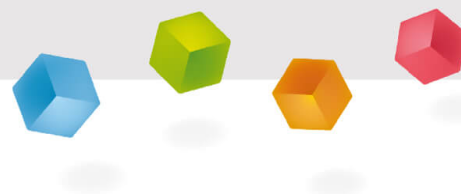
PHYWE



- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.
- Während des Versuches müssen alle im Raum befindlichen Personen eine Schutzbrille 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.
- Für H- und P- Sätze bitte das Sicherheitsdatenblatt der jeweiligen Chemikalie hinzuziehen.

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Warum wir uns mit galvanischen Zellen beschäftigen:

Batterien sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken – egal ob im Smartphone, in der Fernbedienung oder im E-Bike. Sie ermöglichen es uns, elektrische Energie überall flexibel zu nutzen. Hinter dieser praktischen Technik steckt ein einfaches chemisches Prinzip: die **galvanische Zelle**.

Spannend wird es, wenn man verschiedene Metalle miteinander kombiniert. Dann entstehen messbare Spannungen – je nachdem, wie „bereit“ ein Metall ist, Elektronen abzugeben. Genau diese Unterschiede nutzen wir im Experiment aus und lernen so, wie chemische Energie direkt in elektrische Energie umgewandelt wird.

Aufgaben

PHYWE



Bereite eine Platinelektrode vor, indem du sie durch Elektrolyse von Schwefelsäure mit Wasserstoffgas belädst (ca. 3–5 Minuten lang).

1. Kombiniere die so präparierte Wasserstoffelektrode nacheinander mit vier verschiedenen Halbzellen, die jeweils ein anderes Metall enthalten.
2. Messe die auftretende Spannung jeder galvanischen Zelle.
3. Notiere die Spannungen mit Betrag und Vorzeichen.
4. Ordne die Metalle entsprechend der gemessenen Spannungen in einer Spannungsreihe – vom höchsten zum niedrigsten Potenzial.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense Voltage - Sensor zur Messung von elektrischer Spannung ± 30 V (Bluetooth + USB)	12901-01	1
2	Verbindungsleitung, 2 mm-Stecker, 5 A, 50 cm, rot	07356-01	1
3	Verbindungsleitung, 2 mm-Stecker, 5 A, 50 cm, 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	1
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
15	Kupfer(II)-sulfat-5-Hydrat, 250 g	30126-25	1
16	Kaliumnitrat, 250 g	30106-25	1
17	Zinksulfat Heptahydrat, 250 g	30249-25	1
18	Silbernitrat, 25 g	30222-04	1
19	Schwefelsäure, 0,5 mol/l, 1 ltr	48462-70	1
20	Wasser, demineralisiert, rein, 10000 ml	CHE-882041145	1
21	Chromatographie-Papier, 100 Streifen	32972-00	1
22	Schutzbrille "classic" - OneSize, Unisex	39316-00	1

Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Artikel-Nr.	Menge
1	Pinzette	64610-01	1

Vorbereitung (1/2)

PHYWE

Die Lösungen können für alle hergestellt werden, um Chemikalien zu sparen!

- **Kupfersulfatlösung** (1 mol/l): Füge 12,5 g Kupfersulfat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Bleinitratlösung** (1 mol/l): Füge 16,5 g Bleinitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Optionale Herstellung von Schwefelsäure (0,5 mol/l): Gebe in ein Becherglas 10 ml destilliertes Wasser. Pipettiere 1,4 ml 96%ige Schwefelsäure dazu und fülle auf 50 ml mit destilliertem Wasser auf.

Vorbereitung (2/2)

PHYWE

Die Lösungen können für alle hergestellt werden, um Chemikalien zu sparen!

- **Zinksulfatlösung** (1 mol/l): Füge 14,4 g Zinksulfat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Silbernitratlösung** (1 mol/l): Füge 8,5 g Silbernitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Kaliumnitratlösung** (1 mol/l): Füge 5,1 g Kaliumnitrat zu 25 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 50 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Hinweis: Eine Silberelektrode ist im Standardsortiment nicht enthalten und muss daher zusätzlich bereitgestellt werden (siehe Zusätzliche Material).

Aufbau (1/4)

PHYWE

Zur Messung mit den **Cobra SMARTsense Sensoren** wird die **PHYWE measureAPP** benötigt. Die App kann kostenfrei im jeweiligen App Store (QR-Codes siehe unten) heruntergeladen werden. Bitte überprüfe vor dem Starten der App, ob auf deinem Gerät (Smartphone, Tablet, Desktop-PC) **Bluetooth aktiviert** ist.



iOS



Android



Windows

Aufbau (2/4)

PHYWE

Feuchte nacheinander vier Salzbrücken (drei kurze, eine lange) mit Hilfe einer Pinzette in der Kaliumnitratlösung an und platziere sie als Brücke zwischen den Messzellen im Messzellenblock (siehe Abbildung).



Aufbau (3/4)

PHYWE

Fülle die Messzellen 1 und 2 mit der verdünnten Schwefelsäure, und die Zellen 3 bis 6 mit den entsprechenden Metallsalzlösungen (siehe Abbildung).

Setze auf jede Messzelle einen Messzellendeckel auf.



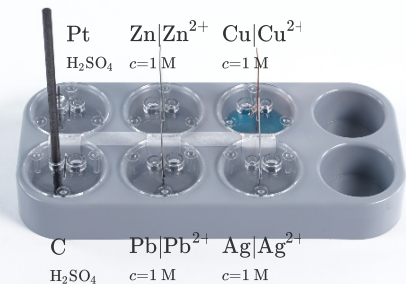
Aufbau (4/4)

PHYWE

Schau dir die Elektroden an: Sollte das Metall durch die Lagerung oxidiert sein, verwende ein Stück Schmirgelpapier, um die Oxidschicht zu entfernen.

Stecke dann in die Messzelle 1 eine Platinelektrode, in Zelle 2 eine Kohlelektrode und in die Zellen 3 bis 6 die angegebenen Metallelektroden: Platin, Zink, Kupfer, Silber und Kohlenstoff (Grafrit).

Hinweis: Eine Silberelektrode ist im Standardsortiment nicht enthalten und muss daher zusätzlich bereitgestellt werden.

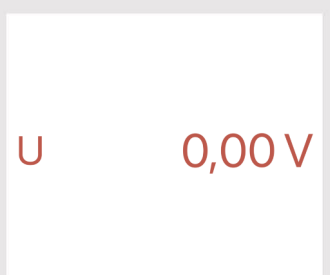
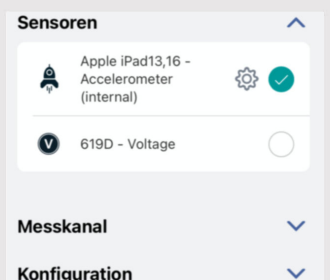
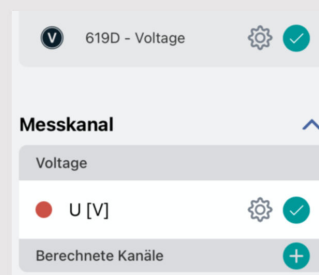


Durchführung (1/4)

PHYWE

- Starte die measureAPP auf einem mobilen Endgerät.
- Drücke am Sensor für circa 3 Sekunden die Start-Taste.
- Verbinde den Sensor durch Tippen auf  neben der Beschreibung des Sensors in der measureAPP.
- Stelle die Messwertanzeige durch Tippen auf oberhalb des Diagramms ein.

0.0



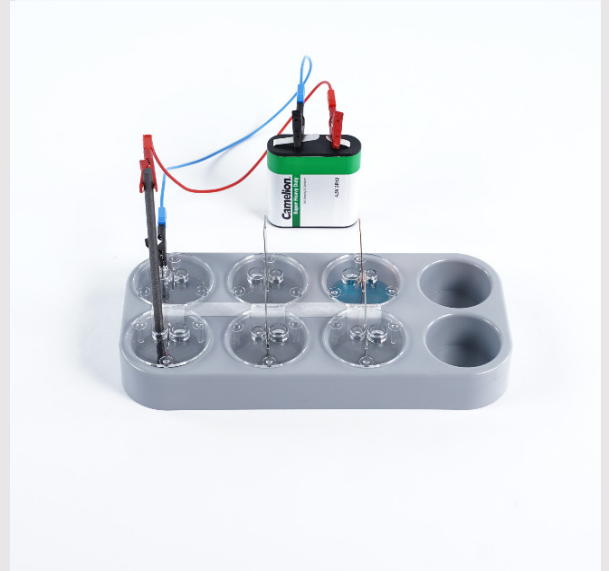
Durchführung (2/4)

PHYWE

Im Folgenden die Polung beachten!

Die Platinelektrode in Zelle 1 ist der Minuspol (blau), die Kohlelektrode in Zelle 2 der Pluspol (rot). *Achte darauf, dass die Farben korrekt zugeordnet sind: blau (Minuspol) immer an blau/schwarz, rot (Pluspol) immer an rot.*

1. Nimm zwei Kabel und befestige an beiden Enden jeweils eine Krokodilklemme.
2. Verbinde eine Ende der Kabel mit den Elektroden und das andere Ende mit einer Gleichspannungsquelle (Batterie 4,5 V).



Durchführung (3/4)

PHYWE

Elektrolysiere die Schwefelsäure zwischen den beiden Elektroden für etwas 3 bis 5 Minuten.

Löse nach dieser Zeit die Verbindungen an der Spannungsquelle, tausche die Krokodilklemmen gegen Reduzierstecker aus und schließe den Cobra SMARTsense Voltage an (siehe Abbildung).

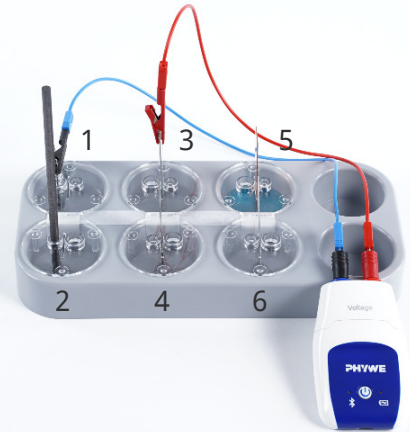
Verbinde die Platinelektrode mit dem Minuspol (blau) und die Kohlelektrode mit dem Pluspol (rot)!

Lies die angezeigte Spannung in der measureAPP ab.

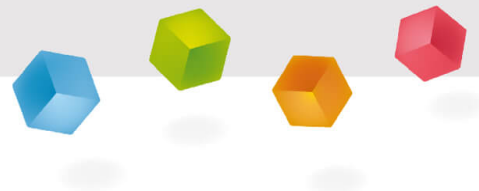


PHYWE

Miss die entsprechenden Spannungen mit Hilfe der measureAPP.



PHYWE



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Was ist das Standard-Potenzial eines Metalls?

- ☐ Das Standardpotenzial eines Metalls ist immer mit dem Wert 2 angegeben.
- ☐ 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 einem Nicht-Metall.
- ☐ 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: Kupfer und Silber, Minuspol: Blei und Zink
- ☐ Pluspol: —, Minuspol: Kupfer, Silber, Blei und Zink
- ☐ Minuspol: Kupfer und Silber, Pluspol: Blei und Zink
- ☐ Pluspol: Kupfer, Silber, Blei und Zink, Minuspol: —

✓ Check

Aufgabe 3

PHYWE

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

- ☐ Bei der Elektrolyse von Salzsäure kann gefährliches Chlorgas entstehen.
- ☐ Schwefelsäure ergibt ein stabileres Redoxpotential als Salzsäure.
- ☐ Schwefelsäure ermöglicht eine bessere Elektronenübertragung.
- ☐ Schwefelsäure ist kostengünstiger als Salzsäure.

 Check

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 28: Standardpotential	0/1
Folie 29: Wasserstoffelektrode Metalle	0/1
Folie 30: Wasserstoffelektrode	0/1

Gesamtsumme  0/3 Lösungen Wiederholen