

Reaktionsenthalpie einer Redoxreaktion mit Cobra SMARTsense



Die Schüler lernen, die Wärmeabgabe einer exothermen Redoxreaktion experimentell zu erfassen und quantitativ auszuwerten.

Chemie

Anorganische Chemie

Säuren, Basen, Salze

Chemie

Physikalische Chemie

Thermochemie / Kalorimetrie



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

Diese Inhalte finden Sie auch online unter:



<https://www.curriculab.de/c/68ac2ec119c68f0002fee307>

PHYWE

Lehrerinformationen



Anwendung

PHYWE



Der Versuch zeigt, wie sich Reaktionsenthalpien experimentell bestimmen lassen und bildet eine Grundlage für das Verständnis und die Anwendung chemischer Energieumwandlungen.

Chemische Reaktionen lassen sich hinsichtlich ihrer Wärmebilanz in **endotherme** und **exotherme** Reaktionen einteilen. Während bei endothermen Reaktionen Energie aufgenommen wird, geben exotherme Reaktionen Energie in Form von Wärme an die Umgebung ab. In diesem Versuch wird die **molare Reaktionsenthalpie** einer exothermen Redoxreaktion bestimmt: Zinkpulver wird einer Kupfersulfatlösung zugesetzt, woraufhin eine Temperaturerhöhung beobachtet wird.

Sonstige Lehrerinformationen (1/8)

Vorwissen



Für den Versuch sollten Schüler ein grundlegendes Wissen zu Redoxreaktionen, exothermen Reaktionen und der Kalorimetrie mitbringen.

Prinzip



Im vorliegenden Versuch wird die Reaktion von Zink mit Kupferionen genutzt, um die dabei abgegebene Reaktionswärme zu untersuchen. Dazu wird Zinkpulver zu einer Kupfersulfatlösung hinzugegeben. Bei der Reaktion wird Wärme an die Umgebung abgegeben, was sich in einer Temperaturerhöhung zeigt. Aus der gemessenen Temperaturdifferenz lassen sich die abgegebene Wärmemenge und anschließend die Reaktionsenthalpie berechnen.

Sonstige Lehrerinformationen (2/8)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler lernen, die Abgabe von Wärme einer exothermen Redoxreaktion experimentell zu erfassen und quantitativ auszuwerten.

Aufgaben



Die Schüler bauen ein einfaches Kalorimeter auf, in das eine Kupfersulfatlösung gegeben wird. Die Temperaturänderung nach Zugabe von Zink wird quantitativ erfasst.

Sonstige Lehrerinformationen (3/8)

PHYWE

In diesem Versuch soll ein einfaches Kalorimeter gebaut werden, in dem eine Redoxreaktion mit Kupferionen mit Zink durchgeführt wird. Bei der Reaktion handelt es sich um eine exotherme Reaktion, bei der Wärme an die Umgebung abgegeben wird.

Das Kalorimeter besteht aus zwei ineinander gesteckten Bechergläsern, die mit einer Filzschicht isoliert werden. Das Kalorimeter wird mit einem passenden Schaumstoffdeckel abgedeckt, in den das Temperaturmessgerät hineingesteckt werden kann. In das Kalorimeter wird eine Kupfersulfatlösung gefüllt. Unter ständigem Rühren kann nach Zugabe von Zinkpulver eine Temperaturerhöhung beobachtet werden.

Um aus den Messergebnissen die Reaktionsenthalpie bestimmen zu können, werden eine Vor- und eine Nachperiode der Temperatur aufgenommen, um anschließend mit der Drei-Geraden-Methode die Temperaturdifferenz zu bestimmen.

Sonstige Lehrerinformationen (4/8)

PHYWE

Eine **exotherme Redoxreaktion** ist eine chemische Reaktion, bei der Elektronen zwischen zwei Stoffen übertragen werden und gleichzeitig Wärmeenergie freigesetzt wird. Durch die Freisetzung von Wärme erhöht sich die Temperatur des Systems und wird an die Umgebung abgegeben.

In diesem Kalorimetrieversuch reagieren Zink (Zn) und Kupferionen (Cu^{2+}):

- Zink gibt Elektronen ab (Oxidation): $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
- Kupferionen nehmen Elektronen auf (Reduktion): $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

Die beobachtete **Temperaturerhöhung** steht in direktem Zusammenhang mit der **Reaktionsenthalpie** und ermöglicht deren Bestimmung.

Sonstige Lehrerinformationen (5/8)

PHYWE

Die **Reaktionsenthalpie** ΔH beschreibt die Wärme, die ein chemisches System bei einer Reaktion unter konstantem Druck p aufnimmt oder abgibt. Sie ist eine wichtige Größe, um den **Energieumsatz** chemischer Reaktionen zu verstehen, also ob eine Reaktion exotherm ($\Delta H < 0$) oder endotherm ($\Delta H > 0$) ist. Die Reaktionsenthalpie kann durch folgenden Zusammenhang beschrieben werden:

$$\Delta H = \Delta U + p \cdot \Delta V.$$

Hier ist ΔU die Änderung der inneren Energie des Systems und $p \cdot \Delta V$ die Volumenarbeit, die das System gegen den äußeren Druck verrichtet.

In diesem Versuch reagieren Hydroxid- und Ammoniumionen in **wässriger Lösung**, wobei das Volumen der Lösung sich praktisch nicht ändert. Aus diesem Grund kann für den Versuch angenommen werden, dass $\Delta V \approx 0$ und folglich $p \cdot \Delta V \approx 0$ ist. Damit vereinfacht sich die Gleichung zu:

$$\Delta H \approx \Delta U.$$

Sonstige Lehrerinformationen (6/8)

PHYWE

Da der Versuch in einem einfach konstruierten Schülerkalorimeter durchgeführt wird, muss bei der Berechnung der Reaktionsenthalpie neben der Erwärmung des Wassers auch die vom Kalorimeter aufgenommene Wärme berücksichtigt werden. Die Wärmekapazität des Kalorimeters wird vor dem Versuch analog zu P1044100 bestimmt.

Im Versuch wird der Temperaturanstieg ΔT der Lösung im Kalorimeter gemessen, der durch die bei der Reaktion abgegebene Wärme verursacht wird. Die freigesetzte Wärme wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$Q = -(C_W \cdot m_W + C_K) \cdot \Delta T$$

mit der spezifischen Wärmekapazität des Wassers C_W , der Masse der Salzlösung m_W und der Wärmekapazität des Kalorimeters C_K .

Sonstige Lehrerinformationen (7/8)

PHYWE

Die aus dem Temperaturanstieg berechnete Wärmemenge bezieht sich auf die tatsächlich eingesetzte Stoffmenge. In diesem Versuch sind die Kupferionen die limitierende Komponente. Die molare Reaktionsenthalpie ΔH_R berechnet sich aus dem Quotienten von Q und der Stoffmenge n :

$$\Delta H_R = \frac{Q}{n(\text{Cu}^{2+})}.$$

Die molare Reaktionsenthalpie gibt also an, wie viel Energie pro Mol Kupferionen bei der Reaktion freigesetzt wird.

Bei einer exothermen Reaktion ist die gemessenen Reaktionswärme $Q < 0$ und damit auch $\Delta H_R < 0$.

Sonstige Lehrerinformationen (8/8)

PHYWE

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

- **Kupfersulfatlösung** (0,1 mol/l): Füge 12,49 g Kupfersulfat 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 im PHYWE Webshop.

Bestimmung der Wärmekapazität des Schülerkalorimeters:

Die Wärmekapazität des Kalorimeters C_K kann **optional** vor der eigentlichen Durchführung des Versuchs bestimmt werden. Dies kann analog zum Versuch P1044100 erfolgen. Wird C_K nicht bestimmt, ist mit einem Fehler von etwa 10 % bei der Berechnung der Änderung der Wärmemenge ΔQ zu rechnen.

Sicherheitshinweise

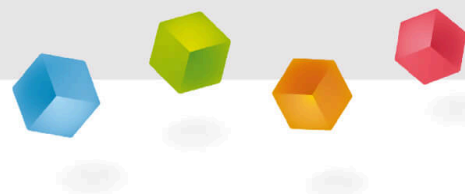
PHYWE



- 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!
- Für H- und P- Sätze bitte das Sicherheitsdatenblatt der jeweiligen Chemikalie hinzuziehen.

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Bei vielen chemischen Reaktionen wird Wärme freigesetzt oder aufgenommen. Bei der Reaktion von Zink mit Kupferionen handelt es sich um eine **Redoxreaktion**, bei der ein Temperaturanstieg beobachtet wird. Die experimentelle Bestimmung der **Reaktionsenthalpie** zeigt, unter welchen Bedingungen und wie energetische Größen erfasst werden können.

Solche Erkenntnisse sind nicht nur im Labor wichtig, sondern auch im Alltag. Ein Beispiel ist das Entzünden eines Streichholzes: Durch die Reibung wird eine Redoxreaktion ausgelöst, bei der Phosphor oxidiert und Sauerstoff reduziert wird. Die dabei freigesetzte Wärme entzündet das Streichholz und bringt es zum Brennen.

Aufgaben

PHYWE



Wie wird die Reaktionsenthalpie einer Redoxreaktion bestimmt?

1. **Optional:** Baue ein einfaches Kalorimeter aus Bechergläsern und bestimme die Wärmekapazität des Kalorimeters (P1044100).
2. Fülle das Kalorimeter mit Kupfersulfatlösung und miss die Temperatur.
3. Gib Zinkpulver hinzu und nimm den Temperaturanstieg auf.
4. Berechne die Reaktionsenthalpie der Reaktion aus der Temperaturkurve.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense Temperature - Sensor zur Messung von Temperatur -40 ... 125 °C (Bluetooth)	12903-00	1
2	Deckel für Schülerkalorimeter	04404-01	1
3	Rührstab	04404-10	1
4	Filzplatte, 100 x 100 mm	04404-20	2
5	Becherglas, Boro, niedrige Form, 250 ml	46054-00	1
6	Becherglas, Boro, niedrige Form, 400 ml	46055-00	1
7	Pipette mit Gummikappe, l = 100 mm	64701-00	1
8	Messzylinder, Kunststoff (PP), hohe Form, 100 ml	36629-01	1

Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Artikel-Nr.	Menge
1	Kupfer(II)-sulfat-5-Hydrat, 1 kg	30126-70	1
2	Zink, Pulver, 250 g	31978-25	1
3	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1

Aufbau (1/5)

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 (2/5)

PHYWE

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

- **Kupfersulfatlösung** (0,1 mol/l): Füge 2,5 g Kupfersulfat zu 50 ml destilliertem Wasser. Gut mischen und auf 100 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.
- **Zinkpulver** (1 g) in einem kleinen Becherglas abwiegen.

Bestimmung der Wärmekapazität des Schülerkalorimeters:

Die Wärmekapazität des Kalorimeters C_K kann **optional** vor der eigentlichen Durchführung des Versuchs bestimmt werden. Dies kann analog zum Versuch P1044100 erfolgen. Wird C_K nicht bestimmt, ist mit einem Fehler von etwa 10 % bei der Berechnung der Änderung der Wärmemenge ΔQ zu rechnen.

Aufbau (3/5)

PHYWE

Bau des Schülerkalorimeters:

1. In das größere Becherglas werden zwei Filzplatten gesteckt, sodass die gesamte Glaswand des Becherglas abgedeckt ist.
2. Das zweite Becherglas wird **vorsichtig!** in das größere Becherglas geschoben.

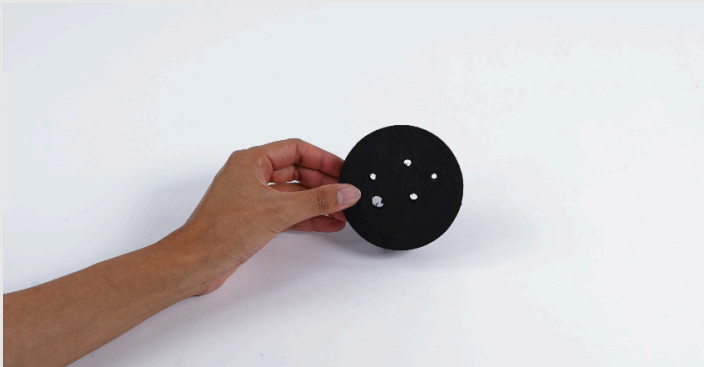
Hinweis: Sobald beim Zusammenschieben ein erhöhter Widerstand spürbar ist, sofort aufhören! Andernfalls besteht die Gefahr, dass das Glas bricht.



Aufbau (4/5)

PHYWE

Der Cobra SMARTsense Temperatur kann durch eines der Löcher im Deckel des Kalorimeters gesteckt und so fixiert werden.



Aufbau (5/5)

PHYWE

Der Versuch kann auch mit einem Glasstab gerührt werden, der durch die große Öffnung im Deckel des Kalorimeters gesteckt wird.


Lege alternativ einen Rührfisch in das selbstgebaute Kalorimeter und stelle es auf den Magnetrührer (dieser ist nicht standardmäßig im Lieferumfang enthalten).

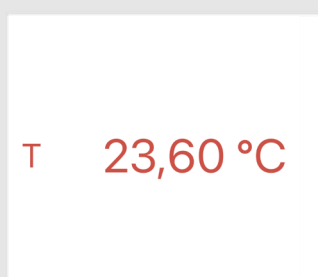
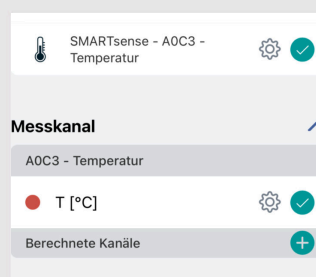
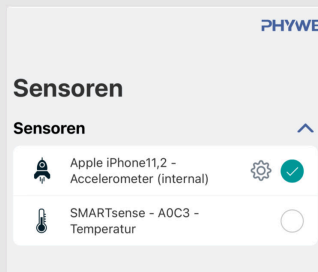
Der Deckel des Kalorimeters mit eingesetztem Temperatursensor wird zunächst lose auf den Rand des Kalorimeters gesetzt.



Durchführung (1/5)

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 (2/5)

PHYWE

Fülle die 0,1 M Kupfersulfatlösung in das Kalorimeter. Es muss darauf geachtet werden, dass der Temperatursensor mindestens 1 cm in die Lösung eintaucht und der drehende Rührfisch nicht gegen den Sensor stößt.

Stelle anschließend den Magnetrührer ein und erhöhe die Rührgeschwindigkeit schrittweise, bis die maximale stabile Rührleistung erreicht ist.

Stelle sicher, dass der Rührfisch gleichmäßig rotiert und nicht die Kontrolle verliert.

Halte die gewählte Rührgeschwindigkeit während des gesamten Versuchs konstant.



Durchführung (3/5)

PHYWE

Verschließe das Kalorimeter mit dem Deckel und beginne mit der Temperaturmessung mit dem Cobra SMARTsense Temperatursensor.

Vorperiode: Warte, bis sich eine stabile Temperatur eingestellt hat, und zeichne anschließend mindestens für 60 s weiterhin die Temperatur auf.



Durchführung (4/5)

PHYWE

Während der folgenden Schritte läuft die Temperaturmessung weiter und der Temperatursensor muss stets in die Lösung eingetaucht bleiben!

Entferne den Deckel des Kalorimeters wie in der Abbildung gezeigt. Gib das Zinkpulver zügig in einer Portion zur Kupfersulfatlösung und verschließe das Kalorimeter sofort wieder.



Durchführung (5/5)

PHYWE

Hauptperiode: Sobald das Zinkpulver zur Kupfersulfatlösung gegeben wurde, setzt die Redoxreaktion ein und die Temperatur des Systems steigt an. Während der Hauptperiode ist darauf zu achten, dass die Rührgeschwindigkeit konstant bleibt und der Deckel des Kalorimeters geschlossen ist.

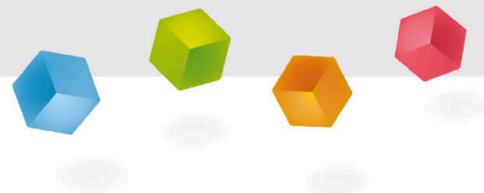
Nachperiode: Erfasse anschließend für mindestens weitere 100 s die Temperaturdaten.

Welche Temperaturerhöhung konntest du feststellen?
Notiere sie.



PHYWE

Protokoll



Aufgabe 1

PHYWE

Welche Aussage zur Redoxreaktion zwischen Zink und Kupferionen ist korrekt?

- ☐ Die Reaktion ist endotherm, daher sinkt die Temperatur.
- ☐ Bei der Reaktion entsteht ein Gas, das das Volumen verändert.
- ☐ Zink gibt Elektronen ab, die Kupferionen nehmen Elektronen auf.
- ☐ Zink wird reduziert, Kupferionen werden oxidiert.

☒ Check

Aufgabe 2

PHYWE

Warum kann in dem Versuch die Reaktionsenthalpie ΔH näherungsweise mit der inneren Energieänderung ΔU gleichgesetzt werden?

- ☐ Weil Gase beteiligt sind.
- ☐ Weil die Volumenänderung ΔV näherungsweise gleich Null ist.
- ☐ Weil sich das Volumen stark verändert.
- ☐ Weil der Druck stark schwankt.

☒ Check

Aufgabe 3

PHYWE

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

In einem Kalorimeter wird bei einer [] Reaktion [] freigesetzt, wodurch sich die [] der Lösung erhöht. Die dabei freigesetzte Wärmemenge Q kann mit der Formel $Q = -(C_W \cdot m_W + C_K) \cdot \Delta T$ berechnet werden. Dabei steht C_W für die spezifische Wärmekapazität von [], m_W für die [] der Lösung und C_K für die [] des Kalorimeters. Da das [] sich kaum ändert, gilt näherungsweise $\Delta U \approx \Delta H$.

Wasser

Wärmekapazität

Masse

Reaktionsvolumen

Wärme

Temperatur

exothermen

☒ Überprüfen

Aufgabe 4

PHYWE

Warum werden bei der Berechnung der molaren Reaktionsenthalpie ΔH_m im Kalorimeterversuch nur die Kupferionen zur Berechnung der Stoffmenge herangezogen?

- ☐ Weil die Temperaturerhöhung nur durch die Kupferionen verursacht wird.
- ☐ Weil Zink im Überschuss vorliegt und somit nicht die Reaktionsgeschwindigkeit limitiert.
- ☐ Weil sich während der Reaktion nur die Kupferionen verändern.
- ☐ Weil Kupferionen keine Elektronen aufnehmen.

☒ Check

Aufgabe 5

PHYWE

Wieso bestimmen wir die Wärmekapazität des Kalorimeters? Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Bei der Bestimmung der Reaktionsenthalpie muss auch die Wärmekapazität des berücksichtigt werden. Das Kalorimeter während der Reaktions einen Teil der auf, die bei der chemischen Reaktion freigesetzt wird. Würde man diesen Einfluss nicht berücksichtigen, würde man eine insgesamt freigesetzte zu berechnen.

niedrig

nimmt

Wärme

Energie

Kalorimeters

 Überprüfen

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 28: Verständnis der Reaktion	0/1
Folie 29: Reaktionsenthalpie	0/1
Folie 30: Wie funktioniert das Daniell-Element?	0/7
Folie 31: Zusammenfassung: Daniell-Element	0/1
Folie 32: Wärmekapazität des Kalorimeters	0/5

Gesamtsumme

  0/15 Lösungen Wiederholen