

Das Gesetz der festen Massenverhältnisse bei chemischen Reaktionen - quantitative Untersuchungen zu Oxiden und Sulfiden



Die Schüler und Studenten lernen auf praktische Weise, dass sich chemische Verbindungen aus den Elementen nach festen Massenverhältnissen zusammensetzen.

Chemie

Allgemeine Chemie

Chemische Reaktionen

Grundlagen der chemischen Reaktion



Schwierigkeitsgrad

schwer



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

PHYWE
excellence in science

Allgemeine Informationen

Anwendung

PHYWE
excellence in science

Versuchsaufbau

Mit der Stöchiometrie bedient man sich an der Mathematik, um chemische Berechnungen und durchzuführen. So können beispielsweise Reaktionen und die benötigten Mengenverhältnisse und Stoffmengen im Vorfeld berechnet werden.

Ausgangspunkt für die Stöchiometrie ist das so genannte "Gesetz der festen Massenverhältnisse bei chemischen Reaktionen", welches von Joseph Louis Proust entdeckt worden ist.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE
excellence in science

Vorwissen



Die Schüler und Studenten sollten bereits das Gesetz der festen Massenverhältnisse bei chemischen Reaktionen in der Theorie kennen.

Prinzip



Der Nachweis dieses Gesetzes wird im ersten Versuch durch quantitative Verfolgung der Synthese von Metallsulfiden, im zweiten und dritten Versuch dagegen durch Reduktionen von Metalloxiden geführt.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE
excellence in science

Lernziel



Die Schüler und Studenten lernen auf praktische Weise, dass sich chemische Verbindungen aus den Elementen nach festen Massenverhältnissen zusammensetzen.

Aufgaben



Die Schüler und Studenten untersuchen die Masserverhältnisse bei der Darstellung von Metallsulfiden aus den Elemente. Danach ermitteln sie die Masseverhältnisse von Kupfer und Blei zu Sauerstoff in den Oxiden durch Reduktion mit Wasserstoff und außerdem zwischen Silber und Sauerstoff in Silberoxid.

Sicherheitshinweise

PHYWE
excellence in science

- Handschuhe und Schutzbrille tragen!
- Wasserstoff ist ein farbloses, brennbares Gas, das mit Luft explosionsfähige Gemische bildet. Bei Reaktionen in Apparaturen müssen diese auf Abwesenheit von Sauerstoff geprüft werden (Knallgasprobe).
- Entsorgung: Lösungen, die Schwermetallionen enthalten in einem Behälter für Schwermetallsalzlösungen sammeln. Alle festen Schwermetallabfälle werden ebenfalls in diesem Behälter gesammelt.
- 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.

Theorie

PHYWE
excellence in science

Das Gesetz der festen Massenverhältnisse lautet: "Chemische Verbindungen setzen sich aus den Elementen nach festen Massenverhältnissen zusammen."

Entdecker dieses Gesetzes war Joseph Louis Proust (1754-1826). Nach ihm wird dieses Gesetz auch Proustsches Gesetz genannt.

In ein Beispiel gebracht bedeutet das, dass zum Beispiel ein Wasser-Molekül so wie wir es kennen immer aus der gleichen Masse Wasserstoff-Atomen und der gleichen Masse Sauerstoff-Atomen aufgebaut ist, sodass die Verhältnisse zwischen den beiden auf das Gewicht bezogen auch immer gleich ist.

Durch dieses Gesetz lässt sich somit immer berechnen, wie schwer ein Element sein wird und wie viel Masse eines bestimmten Atoms vorhanden ist.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Bunsenstativ, 210 x 130 mm, h = 750 mm	37694-00	1
2	PHYWE Stativfuß, dreieckförmig, für 6 Stangen, d ≤ 14 mm	02007-55	1
3	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm	02037-00	2
4	Doppelmuffe, Kreuzklemme	37697-00	4
5	Stativklemme, Spannweite 80 mm mit Stellschraube	37715-01	4
6	Stativring, mit Muffe, d= 100 mm	37701-01	1
7	Drahtdreieck, Tonröhren, l = 60 mm	33278-00	1
8	Porzellantiegel niedrige Form, Deckel, 29 ml	46449-00	6
9	Verbrennungsrohr, Quarzglas, l = 300 mm, NS 19	33948-01	1
10	Ansatzstück, DURAN®, NS 19/26 auf GL 18/8	35678-01	2
11	Schliffklemme, Kunststoff, NS 19	43614-00	2
12	Teflon-Manschetten NS 19, 10 Stück	43616-00	1
13	Dreiweghahn, Boro, T-förmig, NS	36731-00	1
14	Glasröhrchen, rechtwinklig, 85 x 60, 10 Stück	36701-52	1
15	Porzellanschiffchen, 10 Stück	32471-03	1
16	Gasometer, 1000 ml	40461-00	2
17	Elektronische Wetterstation, 7 Zeilen LCD, 433 Mhz	87997-10	1
18	Reagenzglas, d = 16 mm, l = 160 mm, 100 Stück	37656-10	1
19	Reagenzglas, Duran®, d = 20 mm, l = 180 mm, SB 19	36293-00	1
20	Gummistopfen 17/22, Bohrung 7 mm	39255-01	1
21	Vakuum-Exsikkator - Wertex -, Duran®, d = 150 mm	34126-00	1
22	Exsikkatorplatte, d = 140 mm	32474-00	1
23	Präzisionswaage, Sartorius ENTRIS® II, 620 g : 1 mg Modell BCE623i-1S	49311-99	1
24	Teclubrenner mit Nadelventil, für Erdgas, DIN-Ausführung	32171-05	1
25	Sicherheits-Gasschlauch, DVGW, lfd. Meter	39281-10	1
26	Schlauchselle für d = 12-20 mm, 1 Stück	40995-00	2
27	Anzünder für Erd- und Flüssiggas	38874-00	1
28	Wasserstoff, 2 l, Stahlflasche	41775-00	1
29	Druckminderventil für Wasserstoff	33484-00	1
30	Tischständer für 2 l-Stahlflaschen	41774-00	1
31	Maulschlüssel 32/30 für Stahlflaschen	40322-00	1
32	Laborschere, l = 180 mm	64798-00	1
33	Tiegelzange, Edelstahl, l = 200 mm	33600-00	1
34	Löffelspatel, Stahl, l = 150 mm	33398-00	1
35	Pinzette, l = 200 mm, gerade, stumpf	40955-00	1
36	Gummischlauch, Innen-d = 6 mm, lfd. m	39282-00	1
37	Schmirgelpapier, mittlere Körnung	01605-00	1
38	Silicagel, orange, gekörnt, 500 g	30224-50	1
39	Kupferblech, d=0,1 mm, b=100 mm, 100 g	30117-10	1
40	Kupfer(II)-oxid, Pulver, 100 g	30125-10	1
41	Schwefel, 1000 g	30216-70	1
42	Blei, gekörnt, 250 g	30040-25	1
43	Blei(II)-oxid, 500 g	31121-50	1
44	Silberblech, 150 x 150 x 0,1 mm, 1 St. (ca. 25 g)	31839-04	1
45	Silber(I)-oxid, 5 g	31846-02	1



Aufbau und Durchführung

Aufbau und Durchführung (1/5) - Versuch 1

- Sechs Porzellantiegel mit Deckel werden in einer Gasflamme bis zur Gewichtskonstanz gegläht und anschließend in einen Exsikkator gestellt, in dem sie langsam abkühlen können und bis zur Unterrichtsstunde trocken gehalten werden.
- Zur Versuchsdurchführung wird dann zunächst die Masse eines jeden dieser Tiegel durch Wägung bestimmt (= 1. Wägung).
- Dann gibt man in 2 Tiegel je ein Stückchen blankes Kupferblech (zirka 1,2 g, in 2 andere Tiegel je ein Stückchen Silberblech (zirka 1,2 g), und in die beiden letzten Tiegel je zirka 3 bis 4 g Blei (gekörnt). Letzteres sollte möglichst oxidfrei sein. Man entnimmt es am besten einer neuen Packung.
- Durch eine zweite Wägung der Tiegel werden die Massen der Metallportionen bestimmt. Dann fügt man zu den Metallen Schwefel (Schwefelblüte) im Überschuss (zirka 1,5 g pro Tiegel), setzt die Deckel auf die Tiegel und glüht nun jeden Tiegel unter einem Abzug kräftig durch, bis kein Schwefeldampf mehr unter dem Deckel entweicht.

Aufbau und Durchführung (2/5) - Versuch 1

- Dann öffnet man den Deckel und glüht noch etwa 1 Minute weiter, damit auch alle Reste nicht umgesetzten Schwefels aus dem Tiegel verdampfen.
- Nach dem Erkalten werden die Tiegel wieder gewogen (3. Wägung). Aus den gefundenen Massen lassen sich nun die Massenverhältnisse, in denen die Metalle mit Schwefel reagieren, errechnen. Tabelle 1 zeigt Werte, wie man sie in einem Schulversuch erhalten kann.

Masse des Tiegels/ g (1. Wägung)	Masse des Tiegels + Metall/ g (2. Wägung)	Metallmasse, Metallart	Masse des Tiegels mit Sulfid/ g (3. Wägung)	Masse des gebundenen Schwefels/ g	Massenverhältnis Me : S
14,46	15,68	1,22 g Cu	16,00	0,32	3,81 : 1
15,35	16,36	1,01 g Cu	16,62	0,26	3,88 : 1
15,13	16,26	1,13 g Ag	16,43	0,17	6,65 : 1
14,90	16,22	1,32 g Ag	16,417	0,197	6,70 : 1
15,65	20,40	4,75 g Pb	21,10	0,70	6,786 : 1
15,72	18,95	3,23 g Pb	19,446	0,496	6,51 : 1

Tabelle zu Aufgabe 1

Für eine größere Darstellung, drücke auf den Button rechts.



Aufbau und Durchführung (3/5)- Versuch 2

- Kupfer(II)-oxid und Blei(II)-oxid müssen für diesen Versuch absolut trocken sein. Die Trocknung kann in einem Trockenschrank bei etwa 105°C oder in einem Exsikkator erfolgen. Ein bis zur Gewichtskonstanz geglühtes und wieder abgekühltes Porzellanschiffchen wird leer gewogen. Dann beschickt man dieses Schiffchen mit einer kleinen Portion Kupfer(II)-oxid (bzw. Blei(II)-oxid) und bestimmt durch eine zweite Wägung deren genaue Masse.
- Anschließend reduziert man diese Oxidportion restlos in einem Quarzrohr mit einer abgemessenen Wasserstoffmenge (Dazu werden die beiden Gasometer so eingestellt, dass sie eingebrachte Gasportionen in Normvolumina anzeigen; vergl. Bedienungsanleitung).



Achtung! Vor Durchführung der Reduktion ist die Apparatur mit Wasserstoff zu spülen.
Knallgasprobe!

Aufbau und Durchführung (4/5)- Versuch 2

- Nach der Reduktion und anschließender Abkühlung liest man das verbrauchte Wasserstoffvolumen ab und bestimmt durch eine weitere Wägung (3. Wägung) des Porzellanschiffchens den Massenverlust durch Sauerstoffentzug.
- Aus der Masse des eingesetzten Oxids und dem ermittelten Massenverlust wird das Massenverhältnis von Metall und Sauerstoff errechnet. Aus den gefundenen Werten für den Wasserstoffverlust und der Masse des Sauerstoffs lässt sich gleichzeitig das Massenverhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff in der Verbindung Wasser bestimmen.

Masse des Schiffchens/g (1. Wägung)	Masse des Schiffchens + Oxid/g (2. Wägung)	Masse des Oxids/g	Masse des Schiffchens nach Reduktion/ g (3. Wägung)	Massenverlust durch Sauerstoffentzug/ g	Masse des Metalls/ g	Massenverhältnis Metall/ Sauerstoff	Wasserstoffverbrauch / ml bzw. g	Massenverhältnis von H : O im Wasser
8,78	10,47	CuO 1,69	10,12	0,35	Cu 1,34	Cu : O 3,83 : 1	480 ml 0,0439 g	1 : 7,973 (1 : 8)
8,61	15,88	PbO 7,27	15,365	0,515	Pb 6,755	Pb : O 13,12 : 1	720 ml 0,0648 g	1 : 7,95 (1 : 8)



Die Tabelle zeigt ein Beispiel einer Messung.

Aufbau und Durchführung (5/5) - Versuch 3

- Eine in ein schwerschmelzbares Reagenzglas (Duran) eingewogene Masse Silberoxid wird vollständig thermisch zersetzt.
- Der abgespaltene Sauerstoff wird in einem Gasometer aufgefangen, dessen Skalen so eingestellt sind, dass man an ihnen das Normvolumen der eingeströmten Gasmenge ablesen kann (vergl. Bedienungsanleitung).
- Aus den Werten Anfangsmasse und Masse des aufgefangenen Sauerstoffs lässt sich das Massenverhältnis errechnen.

Beispiel:

Einwaage von Ag_2O = 3,0 g

Normvolumen des abgespaltenen Sauerstoffs:
290 ml

Masse von 290 ml Sauerstoff =

$$\frac{1,43\text{g} \cdot 290\text{ml}}{1000\text{ml}} = 0,415\text{g}$$

Masse des Silbers (3,000 g - 0,415 g) = 2,585 g

Massenverhältnis Ag:O = 2,585:0,415 = 6,23:1



Auswertung

Auswertung (1/4)

Beobachtung und Auswertung

Die Metalle verbinden sich jeweils in bestimmten festen Massenverhältnissen mit Schwefel. Im Mittel verbinden sich:

Kupfer und Schwefel im Verhältnis 3,96 : 1

Silber und Schwefel im Verhältnis 6,73 : 1

Blei und Schwefel im Verhältnis 6,46 : 1

Daten

Litermasse Sauerstoff: 1,43 g/l

Litermasse Wasserstoff: 0,09 g/l

Literaturwerte der Massenverhältnisse:

Cu:O in CuO = 3,97:1

Pb:O in PbO = 12,95:1

H:O in H₂O = 1:8

Auswertung (2/4)

Wie lautet das Gesetz der festen Massenverhältnisse bei chemischen Reaktionen?

- Chemische Verbindungen setzen sich aus den Elementen nach festen Massenverhältnissen zusammen.
- Chemische Verbindungen setzen sich aus immer aus Wasser (H) und weiteren Elementen zusammen.
- Chemische Verbindungen setzen sich aus den Elementen nach variablen Massenverhältnissen zusammen.

✓ Überprüfen

Auswertung (3/4)

In welchem Mittel verbinden sich Kupfer und Schwefel?

- Keine der Antworten ist korrekt. Kupfer und Schwefel können sich unter keinen Umständen verbinden, da sie sich gegenseitig abstoßen.
- Im Mittel verbinden sich Kupfer und Schwefel im Verhältnis 6,73:1.
- Im Mittel verbinden sich Kupfer und Schwefel im Verhältnis 6,46:1.
- Im Mittel verbinden sich Kupfer und Schwefel im Verhältnis 3,69:1.

✓ Überprüfen

Auswertung (4/4)

In welchem Mittel verbinden sich Blei und Schwefel?

- Im Mittel verbinden sich Blei und Schwefel im Verhältnis 6,73:1.
- Im Mittel verbinden sich Blei und Schwefel im Verhältnis 6,46:1.
- Im Mittel verbinden sich Blei und Schwefel im Verhältnis 3,96:1.
- Keine der Antworten ist korrekt. Blei und Schwefel gehören zu den Edelmetalle, welche wie die Edelgase nicht reaktiv sind.

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 16: Gesetz der festen Massenverhältnisse	0/1
Folie 17: Verhältnis 1	0/1
Folie 18: Verhältnis 2	0/1

Gesamtsumme  0/3

👁️ Lösungen

🔄 Wiederholen