

Das Boyle-Mariottesche Gesetz



Physik → Mechanik → Mechanik der Flüssigkeiten & Gase

Physik → Wärmelehre / Thermodynamik → Kinetische Gastheorie & Gasgesetze

Chemie → Allgemeine Chemie → Stöchiometrie



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5f1feb80a680cb0003fd1cc9>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung



Versuchsaufbau zur Untersuchung des Boyle-Marriotte'schen Gesetzes

Das Boyle-Marriotesche-Gesetz ist benannt nach den Physikern Robert Boyle und Edme Mariotte. Diese haben das Gesetz unabhängig voneinander entdeckt.

Das Gesetz besagt, dass der Druck eines idealen Gases bei konstanter Temperatur und Stoffmenge umgekehrt proportional zu dessen Volumen ist.

$$p \sim \frac{1}{V}$$

Erhöht man den Druck auf ein ideales Gas, so wird dessen Volumen verringert. Senkt man den Druck wieder ab, so dehnt es sich aus.

$$p \cdot V = \text{const.} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau zur Untersuchung des Boyle-Marriote'schen Gesetzes

Das Boyle-Marriotesche-Gesetz ist benannt nach den Physikern Robert Boyle und Edme Mariotte. Diese haben das Gesetz unabhängig voneinander entdeckt.

Das Gesetz besagt, dass der Druck eines idealen Gases bei konstanter Temperatur und Stoffmenge umgekehrt proportional zu dessen Volumen ist.

$$p \sim \frac{1}{V}$$

Erhöht man den Druck auf ein ideales Gas, so wird dessen Volumen verringert. Senkt man den Druck wieder ab, so dehnt es sich aus.

$$p \cdot V = \text{const.} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten bereits grundlegende Kenntnisse zu den Themen Druck und Volumen erlernt haben.

Prinzip



Das Prinzip welches in diesem Versuch erarbeitet wird, bezeichnet man auch als Boyle-Marriottisches Gesetz. Es beruht auf der Tatsache, dass der von einem idealen Gas ausgeübte Druck bei konstanter Temperatur umgekehrt proportional zu dessen Volumen ist. Anschaulich betrachtet stoßen sich die Moleküle des Gases bei gleichbleibender Temperatur kräftiger voneinander ab, wenn das Volumen verringert wird.

Sonstige Lehrerinformationen (2/3)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollen an einem aus einem Schlauch und Glasrohren hergestellten U-Rohr den Nachweis erbringen, dass bei einer abgeschlossenen Gasmenge das Produkt aus Druck und Volumen eine Konstante ist.

Aufgaben



Dazu sollen sie die Höhendifferenz zwischen den Wasserspiegeln bei Veränderung des vorherrschenden Drucks ausmessen und durch Rechnung und graphische Darstellung den Zusammenhang verdeutlichen.

Sonstige Lehrerinformationen (3/3)

PHYWE

Anmerkungen

- Zahlenmäßig ist der Luftdruck in hPa gleich der Angabe in $mbar$. Die Angabe in hPa oder N/m^2 entspricht dem SI-System: $1 Pa = 1 N/m^2$.
- Das Ergebnis $p \cdot V = const.$, die Aussage des Boyle-Mariotte'schen Gesetzes, gilt nur bei konstanter Temperatur (z.B. konstante Raumtemperatur).
- Die Höhendifferenz bis zum Fußboden muss in beiden Fällen unbedingt ausgenutzt werden. Erst dadurch werden die Druck- und Volumenänderungen groß genug, um das Boyle-Mariotte'sche Gesetz wirklich nachzuweisen.
- Der atmosphärische Luftdruck p_0 sollte von den Schülern selbst an einem vorhandenen Barometer abgelesen oder vom Lehrer angegeben werden. Sollte beides nicht möglich sein, kann der Wert von $p_0 = 1013 hPa$ vorgegeben werden.

Sicherheitshinweise

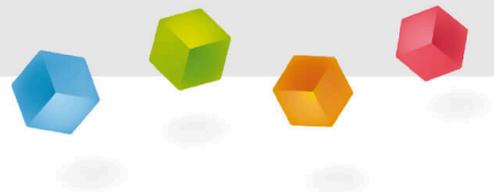
PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Vorderreifen eines Fahrrades

Um einen Reifen am Fahrrad aufzupumpen befüllst du den Schlauch des Reifens mit Hilfe einer Pumpe mit Luft. Dieser Schlauch hat ein gewisses maximales Volumen und ab einem gewissen Punkt wird es merklich schwerer weitere Luft in den Reifen zu befördern, da der Druck im Reifen immer weiter ansteigt. Der Druck steigt deshalb, da das Volumen des Schlauches begrenzt ist und die Luft somit komprimiert werden muss. Zuvor muss jedoch das Volumen in der Pumpe so stark zusammengedrückt werden, dass der aktuelle Druck im Schlauch hinter dem Ventil überstiegen wird.

In diesem Versuch untersuchst du in welchem Zusammenhang der Druck und das Volumen eines Gases stehen.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, $d \leq 14$ mm	02001-00	1
2	Stativstange, Edelstahl, $l = 600$ mm, $d = 10$ mm, zweigeteilt, verschraubbar	02035-00	1
3	Stativstange, Edelstahl, $l = 250$ mm, $d = 10$ mm	02031-00	1
4	Glasröhrchen, $d = 8$ mm, $l = 250$ mm, 10 Stück	36701-68	1
5	PVC-Schlauch, Innen- $d = 7$ mm, lfd. m	03985-00	2
6	Glasrohrhalter mit Maßbandklemme	05961-00	1
7	Laborbecher, Kunststoff (PP), 100 ml	36011-01	1
8	Spritze, 20 ml, LUER, 100 Stück	02591-10	1
9	Blindtülle (Gummikappe), 20 Stück	43903-01	1
10	Maßband, $l = 2$ m	09936-00	1
11	Messschieber (Schieblehre), Kunststoff	03011-00	1

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, d ≤ 14 mm	02001-00	1
2	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm, zweigeteilt, verschraubbar	02035-00	1
3	Stativstange, Edelstahl, l = 250 mm, d = 10 mm	02031-00	1
4	Glasröhrchen, d = 8 mm, l = 250 mm, 10 Stück	36701-68	1
5	PVC-Schlauch, Innen-d = 7 mm, lfd. m	03985-00	2
6	Glasrohrhalter mit Maßbandklemme	05961-00	1
7	Laborbecher, Kunststoff (PP), 100 ml	36011-01	1
8	Spritze, 20 ml, LUER, 100 Stück	02591-10	1
9	Blindtülle (Gummikappe), 20 Stück	43903-01	1
10	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
11	Messschieber (Schieblehre). Kunststoff	03011-00	1

Material

PHYWE

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, d ≤ 14 mm	02001-00	1
2	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm, zweigeteilt, verschraubbar	02035-00	1
3	Stativstange, Edelstahl, l = 250 mm, d = 10 mm	02031-00	1
4	Glasröhrchen, d = 8 mm, l = 250 mm, 10 Stück	36701-68	1
5	PVC-Schlauch, Innen-d = 7 mm, lfd. m	03985-00	2
6	Glasrohrhalter mit Maßbandklemme	05961-00	1
7	Laborbecher, Kunststoff (PP), 100 ml	36011-01	1
8	Spritze, 20 ml, LUER, 100 Stück	02591-10	1
9	Blindtülle (Gummikappe), 20 Stück	43903-01	1
10	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
11	Messschieber (Schieblehre). Kunststoff	03011-00	1

Aufbau (1/4)

PHYWE

Verbinde die beiden Stativfußhälften mit der 250 mm langen Stativstange und fixiere sie.
Schraube die geteilte 600 mm lange Stativstange zusammen.
Stelle die 600 mm lange Stativstange in die vordere Stativfußhälfte und schraube sie fest.



Zusammenbau des Stativfußes



Verschrauben der Stativstangen



Befestigen mit Hilfe der Verschlusschraube

Aufbau (2/4)

PHYWE



Glasrohrhalter an der Stativstange befestigen

Klemme den Glasrohrhalter an die lange Stativstange.

Klemme anschließend das Maßband in den Glasrohrhalter.



Maßband am Glasrohrhalter befestigen

Aufbau (3/4)

PHYWE



Aufbau eines U-Rohres

Baue mit den Glasröhrchen und dem Siliconschlauch ein U-Rohr. Die Schlauchlänge soll mehr als 1,5 m betragen.

- Befestige das U-Rohr möglichst hoch an der Stativstange.
- Benutze ggf. etwas Glycerin zum Verbinden der Glasröhrchen mit dem Schlauch.

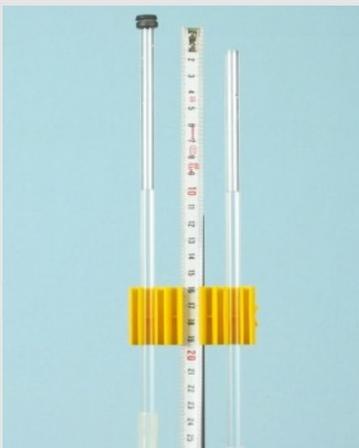
Fülle das U-Rohr mit Hilfe der Spritze (ohne Kolben, als Trichter) mit Wasser, bis die beiden Glasröhrchen halb gefüllt sind.



U-Rohr mit Wasser befüllen

Aufbau (4/4)

PHYWE



Gummikappe auf das U-Rohr setzen

Setze auf das linke Glasröhrchen eine Gummikappe fest auf.

Verstelle das U-Rohr so, dass das Wasser in beiden Schenkeln wieder gleich hoch steht.

Markiere den Wasserstand im linken Glasröhrchen mit einem Filzstift.



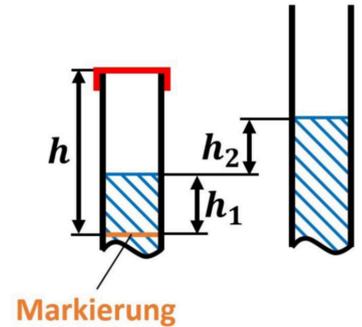
Markieren des Wasserstandes

Durchführung (1/3)

PHYWE

Ausmessen des Innendurchmessers d_i

- Miss mit dem Messschieber den Innendurchmesser d_i der Glasröhrchen.
- Miss den Luftdruck p_0 oder lass ihn dir von deinem Lehrer geben. Notfalls setze ihn mit $p_0 = 1013 \text{ hPa}$ ein.
- Miss die Höhe h der Luftsäule über der Markierung im linken Glasröhrchen.
- Notiere die Messwerte im Protokoll.

Messen der Höhe h der Luftsäule

Durchführung (2/3)

PHYWE



Absenken des rechten Glasröhrchens

Druckerniedrigung im abgeschlossenen Volumen:

- Nimm das rechte Glasröhrchen aus dem Halter und senke es schrittweise tiefer, bis auf den Fußboden.
- Notiere zu jeder Höhe h_1 (Abstand des Wasserspiegels im linken Glasrohr von der Markierung) die Höhe h_2 (Abstand der Wasserspiegel im rechten und linken Glasrohr).
- Miss 6 Wertepaare und trage sie in Tabelle 2 im Protokoll ein.

Durchführung (3/3)

PHYWE



Absenken des linken
Glasröhrchens

Druckerhöhung im abgeschlossenen Volumen:

- Befestige das rechte Glasröhrchen wieder im Halter, nimm das linke heraus und senke es wie zuvor das rechte schrittweise tiefer, bis auf den Fußboden.
- Notiere erneut zu jeder Höhe h_1 (Abstand des Wasserspiegels im linken Glasrohr von der Markierung) die Höhe h_2 (Abstand der Wasserspiegel im rechten und linken Glasrohr).
- Miss wieder 6 Wertepaare und trage sie in Tabelle 3 im Protokoll ein.

PHYWE

Protokoll



Tabelle 1

PHYWE

Notiere zunächst deine eine Messwerte für die Versuchskonstanten in den nebenstehenden Feldern.

$h =$
 $d_i =$
 $p_0 =$

Hinweise zu Tabelle 2 & 3:

Berechne das Volumen V der eingeschlossenen Gasmenge gemäß:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot (h \pm h_1) \quad \text{mit } r = \frac{d_i}{2}$$

(+ für Druckerniedrigung, – für Druckerhöhung)

Berechne den Druck p im abgeschlossenen Gasvolumen gemäß:

$$p = p_0 \mp h_2 \cdot g \cdot \rho \quad \text{mit } g = 9,81 \frac{m}{s^2}, \rho = 1 \frac{g}{cm^3}$$

(– für Druckerniedrigung, + für Druckerhöhung)

Tabelle 2 (Druckerniedrigung)

PHYWE

$h_1 [cm] \quad h_2 [cm] \quad V [cm^3] \quad p [hPa] \quad p \cdot V [hPa \cdot cm^3]$

$h_1 [cm]$	$h_2 [cm]$	$V [cm^3]$	$p [hPa]$	$p \cdot V [hPa \cdot cm^3]$

Notiere deine Messwerte für den Versuchsteil mit der Druckerniedrigung in der nebenstehenden Tabelle.

Berechne die zugehörigen Drücke und Volumina. Bestimme für jede Messwertepaar das Produkt $p \cdot V$ und vervollständige damit die Tabelle.

Tabelle 3 (Druckerhöhung)

PHYWE

h_1 [cm] h_2 [cm] V [cm³] p [hPa] $p \cdot V$ [hPa · cm³]

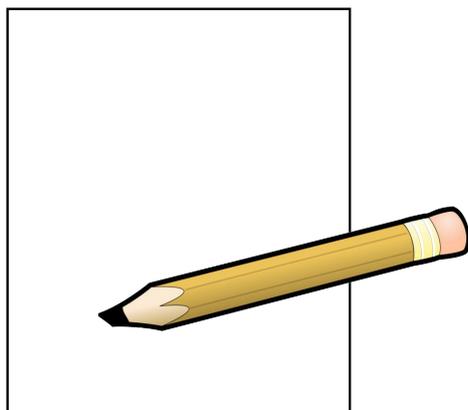
h_1 [cm]	h_2 [cm]	V [cm ³]	p [hPa]	$p \cdot V$ [hPa · cm ³]

Notiere deine Messwerte für den Versuchsteil mit der Druckerhöhung in der nebenstehenden Tabelle.

Berechne die zugehörigen Drücke und Volumina. Bestimme für jede Messwertepaar das Produkt $p \cdot V$ und vervollständige damit die Tabelle.

Aufgabe 1

PHYWE



Nimm Dir nun ein Blatt Papier zur Hand, auf dem du ein Diagramm erzeugst.

In diesem Diagramm soll der Druck p (y -Achse) in Abhängigkeit des Volumens V (x -Achse) dargestellt werden.

Aufgabe 2

PHYWE

Betrachte den Verlauf der resultierenden Kurve für das Diagramm der Wertepaare aus Druck p und Volumen V . Als welche Art von Funktion kann diese Kurve beschrieben werden?

- Eine konstante Funktion.
- Eine exponentielle Funktion.
- Eine parabolische Funktion.
- Eine lineare Funktion.

 Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

Betrachte die Werte für $p \cdot V$ in den Tabellen 2 und 3, was kannst du feststellen?

- Die Produkte von p und V nehmen stetig ab.
- Die Produkte von p und V sind immer gleich.
- Die Produkte von p und V nehmen stetig zu.

 Überprüfen

Aufgabe 4

PHYWE

Gib den Zusammenhang zwischen p und V in einer Formel an.

$p \cdot V = m \cdot g \cdot h$

$p \cdot V = \text{const.}$

$p \cdot V = \rho \cdot g \cdot h$

 Überprüfen