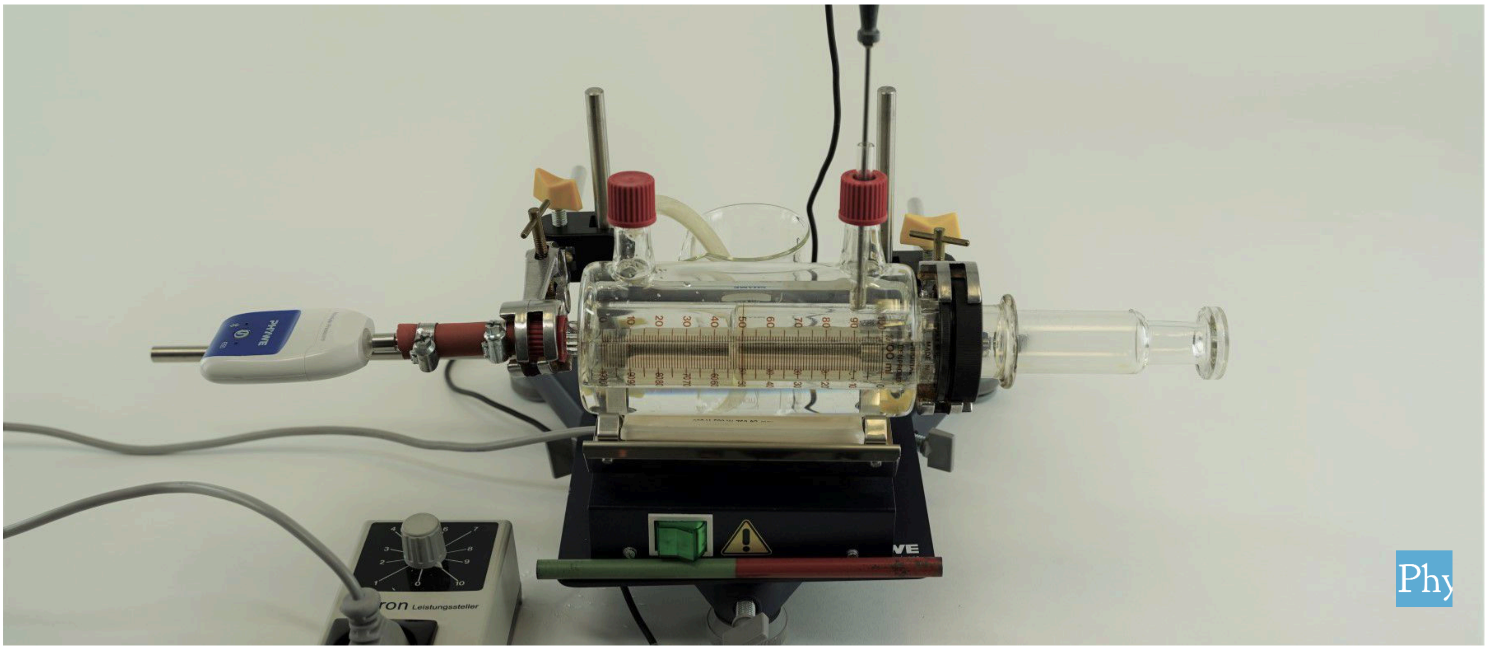
Zustandsgleichung für ideale Gase (Gasgesetze: Gay-Lussac, Amontons, Boyle)



P2320167

Physik	Wärmelehre / Thermodynamik	Wärmeenergie

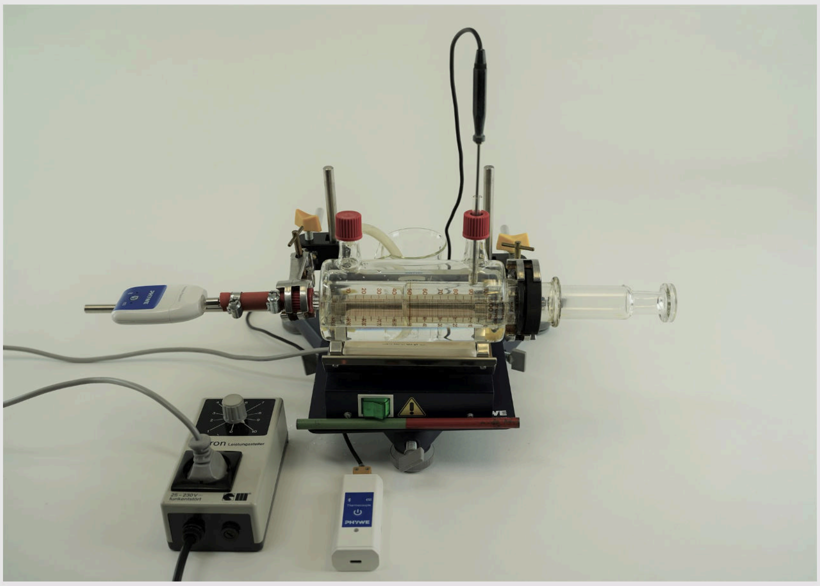
Schwierigkeitsgrad	Gruppengröße	Vorbereitungszeit	Durchführungszeit
-	-	-	-

PHYWE excellence in science

Informationen für Lehrkräfte

Anmeldung

PHYWE excellence in science



Dieser Versuchsaufbau kombiniert die Untersuchung der drei von Robert Boyle, Jacques Charles, Amadeo Avogadro, Guillaume Amontons und Joseph-Louis Gay-Lussac postulierten Gasgesetze.

Diese drei beschriebenen Experimente definieren die modernen Gesetze der Thermodynamik.

Das ideale Gasgesetz beschreibt eine Gleichung, die den Druck PTemperatur T, Volumen VMenge des Stoffes n, Partikelanzahl N und Masse m.

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Sonstige Informationen für Lehrkräfte (1/2)

PHYWE excellence in science

Vorwissen

Die Studierenden müssen mit Einheiten wie Druck, Temperatur, Masse und Volumen vertraut sein und Berechnungen damit durchführen können. Darüber hinaus müssen sie mit der allgemeinen guten Laborpraxis und den allgemeinen Sicherheitsvorschriften für Labore vertraut sein.

Wissenschaftlicher Grundsatz

Der Zustand eines Gases wird durch Temperatur, Druck und Stoffmenge bestimmt. Für den Grenzfall der idealen Gase sind diese Zustandsgrößen über das ideale Gasgesetz miteinander verknüpft. Für eine Zustandsänderung unter isobaren Bedingungen geht diese Gleichung in das erste Gesetz von Gay-Lussac über, während sie unter isochoren Bedingungen in das Gesetz von Amonton und bei isothermer Prozessführung in das Gesetz von Boyle und Mariotte übergeht.

Sonstige Informationen für Lehrkräfte (2/2)

PHYWE excellence in science

Lernziel

In diesem Experiment machen sich die Schüler mit den verschiedenen Verhaltensweisen von Gasen vertraut und vertiefen ihr Wissen über physikalische Gleichungen. Indem sie die verschiedenen Teile mit dem gleichen Luftvolumen unter Veränderung der äußeren Einflüsse durchlaufen, lernen sie die Zusammenhänge von Druck, Temperatur und Volumen kennen. Es ist eine einfache Einführung in die Thermodynamik.

Aufgaben

1. Untersuche experimentell die Gültigkeit der drei Gasgesetze für eine konstante Gasmenge (Luft).

2. Berechnen Sie die universelle Gaskonstante anhand der erhaltenen Beziehung.

3. Berechnen Sie den thermischen Ausdehnungskoeffizienten anhand der Ergebnisse von Messungen unter isobaren Bedingungen.

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Theorie

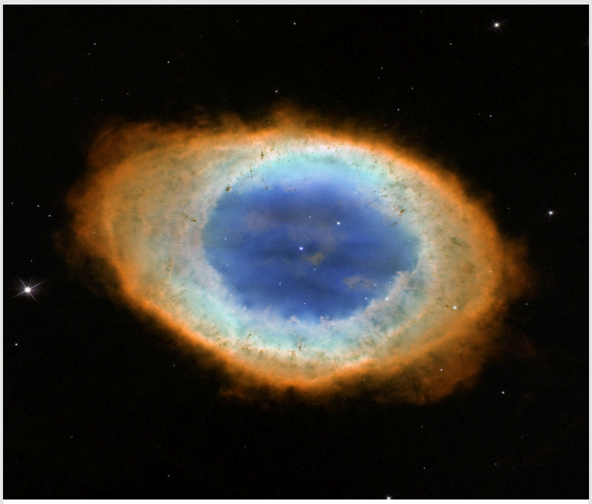


Abb. 1: Gase gibt es auf jedem Planeten im Universum

Diese drei Experimente veranschaulichen das ideale Gasgesetz. Trotz zahlreicher Einschränkungen ist dieses Gesetz eine gute Annäherung an das Verhalten vieler Gase unter vielen gegebenen Bedingungen.

Das ideale Gasgesetz beschreibt eine Gleichung, die den Druck P, die Temperatur T, das Volumen V, die Stoffmenge n, die Teilchenzahl N und die Masse m enthält. Es ist definiert als

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

mit der Avogadro- oder idealen Gaskonstante R.

Sicherheitshinweise

- Beim Umgang mit Chemikalien sollten Sie geeignete Schutzhandschuhe, eine Schutzbrille und geeignete Kleidung tragen.
- Für dieses Experiment gelten die allgemeinen Anweisungen für sicheres Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.
- Für die H- und P-Sätze konsultieren Sie bitte das Sicherheitsdatenblatt der jeweiligen Chemikalie.

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE excellence in science

Einrichtung und Ablauf

Aufgaben

PHYWE excellence in science

1. Untersuche experimentell die Gültigkeit der drei Gasgesetze für eine konstante Gasmenge (Luft).
2. Berechnen Sie die universelle Gaskonstante anhand der erhaltenen Beziehung.
3. Berechnen Sie den thermischen Ausdehnungskoeffizienten anhand der Ergebnisse von Messungen unter isobaren Bedingungen.
4. Berechnen Sie den thermischen Spannungskoeffizienten anhand der Ergebnisse von Messungen unter isochoren Bedingungen.

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Ausrüstung

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Becherglas, Boro, hohe Form, 600 ml	46029-00	1
2	Dreibein, Ring-d = 140 mm, h = 240 mm	33302-00	1
3	Pinzette, l = 130 mm, gerade, stumpf	64610-00	1
4	Drahtnetz mit Keramik, 160 x 160 mm	33287-01	1
5	Universal-Wärmeschrank, 32 l	49559-93	1
6	Sicherheits-Gasschlauch, DVGW , lfd. Meter	39281-10	1
7	Bunsenbrenner mit Hahn, für Erdgas, Standard	32167-05	1
8	Petrischale, Glas, d = 100 mm	64705-00	10
9	Kompaktwaage, OHAUS TA 302, 300 g : 10 mg	49241-93	1
10	Messzylinder, Boro, hohe Form, 100 ml	36629-00	1
11	Objektträger, 76 mm x 26 mm, 50 Stück	64691-00	1
12	Messpipette, 10 ml, Teilung 0,1 ml	36600-00	1
13	Reagenzglasgestell, 12 Bohrungen, d = 22 mm, Holz, 6 Abtropfstäbe	37686-10	1
14	Erlenmeyerkolben, Duran®, Enghals, 500 ml	36121-00	2
15	Reagenzglas, d = 16 mm, l = 160 mm, 100 Stück	37656-10	1
16	Liebigs Fleischextrakt, 10 g	31521-03	1
17	Pepton aus Fleisch 50 g	31708-05	1
18	Doppelspatel, Stahl, l = 150 mm	33460-00	1
19	Glasrührstab, Boro, l = 300 mm, d = 7 mm	40485-05	1
20	Steristopfen für di = 15 mm, 250 Stück	39266-00	1
21	Steristopfen für di = 29 mm, 100 Stück	39267-00	1
22	Pipettierball, Flip-Modell, Pipetten bis 100 ml	36592-00	1
23	Tisch-Autoklav mit Einsatz	04431-93	1
24	Heizplatte, d= 185 mm,, 230 V für Versuche in der Wärmelehre	04025-93	1
25	pH Teststäbchen, pH 6,5-10, 100 Stück	30301-04	1
26	Natriumhydroxid, Perlen, 500 g	30157-50	1
27	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1
28	Agar-Agar, gepulvert, 100 g	31083-10	1
29	Ethanol, absolut, 500 ml	30008-50	1

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Zusätzliche Ausrüstung

Position	Material	Menge
1	PC mit Windows XP® oder höher	1

Einrichtung (1/3)

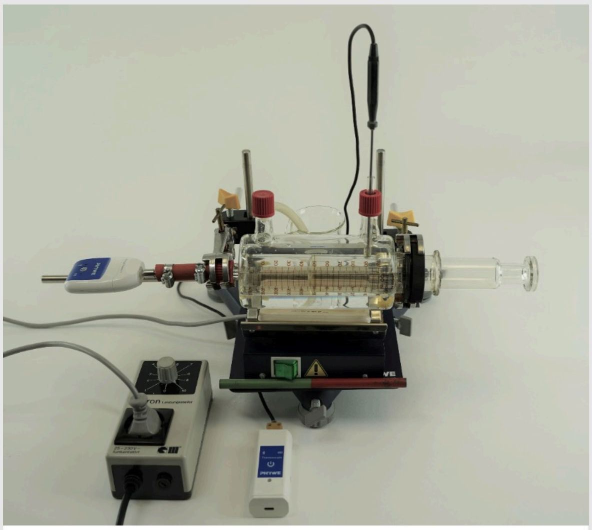


Abb. 2: Zusammengebautes Experiment

- Bauen Sie das Experiment wie in Abb. 1 gezeigt auf.
- Verbinden Sie das Cobra SMARTsense Thermoelement mit dem Temperaturfühler.
- Starten Sie den PC und verbinden Sie ihn mit dem Cobra SMARTsense Thermocouple.
- Starten Sie die Software "measureLAB" auf Ihrem Computer und wählen Sie das Experiment auf dem Startbildschirm aus ("PHYWE experiments", suchen Sie nach "P2320162", und klicken Sie auf den Ordner, der dieses Experiment enthält). Alle erforderlichen Voreinstellungen werden geladen.
- Nachdem das Cobra SMARTsense eingeschaltet wurde, wird der Sensor automatisch erkannt.

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Einrichtung (2/3)

PHYWE excellence in science

- Bauen Sie die Gasspritze in den Glasmantel ein, wie in der dem Glasmantel beiliegenden Betriebsanleitung beschrieben. Achten Sie besonders auf die Luftdichtheit.
- Ausnahmsweise, weil auch bei höherem Druck keine Luft austreten darf, ist der Kolben mit einigen Tropfen Mehrbereichs-Motoröl zu schmieren, so dass der Glaskolben während des gesamten Versuchs mit einem ununterbrochenen klaren Ölfilm bedeckt ist; ein Übermaß an Öl ist jedoch zu vermeiden.
- Füllen Sie den Glasmantel über den Trichter mit Wasser und setzen Sie einen Magnetrührstab ein.
- Schließen Sie einen Silikonschlauch an den Schlauchnippel der oberen Rohrhülse des Mantels an, damit die Badflüssigkeit, die sich bei Erwärmung ausdehnt, durch den Schlauch in ein Becherglas fließen kann.
- Setzen Sie das Thermoelement ein und platzieren Sie es so nah wie möglich an der Spritze.

Einrichtung (3/3)

PHYWE excellence in science

- Nachdem Sie das Anfangsvolumen der Gasspritze auf genau 50 ml eingestellt haben, verbinden Sie die Düse der Gasspritze über ein kurzes Stück Gummischlauch mit Cobra SMARTsense Absolute Pressure. Halten Sie die Schlauchverbindungen so kurz wie möglich.
- Sichern Sie die Schläuche sowohl an der Düse der Gasspritze als auch am Reduzierstück mit Schlauchschellen.
- Bevor Sie beginnen, müssen Sie einen berechneten Kanal für das Volumen mit dem erwarteten Maximum von 65, dem erwarteten Minimum von 50 und dem Berechnungsterm V = index + 50 erstellen

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Verfahren (1/6) - Gesetz von Boyle und

PHYWE excellence in science

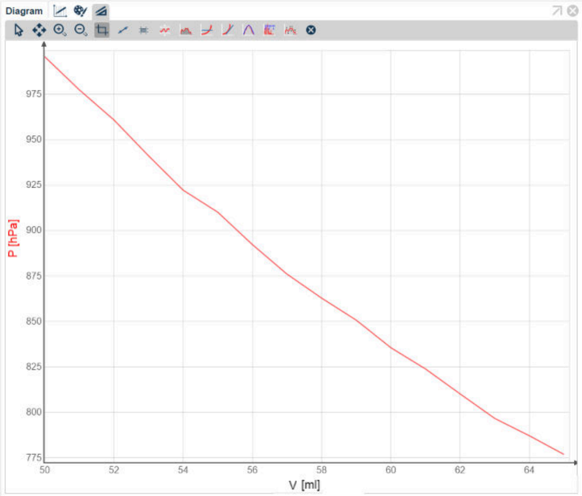


Abb. 3: Korrelation zwischen dem Volumen V und dem Druck p bei konstanten Temperaturen

- Starten Sie die Messung mit .
- Anschließend die eingeschlossene Luftmenge in 1-ml-Schritten auf ein Volumen von etwa 65 ml ausdehnen.
- Notieren Sie die Lautstärke für jeden Schritt, indem Sie auf klicken.
- Mischen Sie das Wasser im Glasmantel, indem Sie den Magnetrührstab mit Hilfe eines Stabmagneten bewegen und den Druckausgleich in der Gasspritze durch Drehen des Kolbens erleichtern.

Verfahren (2/6) - Gesetz von Boyle und

PHYWE excellence in science

- Beenden Sie die Messung durch Drücken von
- Nach Beendigung der Messung zeigt die measureLAB-Software ein Diagramm an, das die Korrelation zwischen Volumen und Druck bei konstanter Temperatur darstellt.
- Um den Druck im Verhältnis zum reziproken Volumen darzustellen, klicken Sie auf das Symbol , um den Datenpool zu öffnen
- Nun können Sie einige Kanaländerungen vornehmen, indem Sie auf $\sqrt{\alpha}$ klicken. Ziehen Sie zunächst Ihre Messdaten (Volumen) per Drag & Drop in die Messungen und dann die Daten per Drag & Drop in Ihre Formel.
- Gehen Sie zurück zum Datenpool und wählen Sie die Messdaten für den Druck und den von Ihnen geänderten Kanal pVT. Wenn Sie ausgewählt sind, wählen Sie die Option "Diagramm" und die Software präsentiert Ihnen das gewünschte Diagramm, das die Korrelation zwischen Druck p und der Größe 1/V zeigt.

Verfahren (3/6) - Gay-Lussac'sches Gesetz

- Starten Sie die Messung mit
- Notieren Sie den ersten Wert für die Anfangstemperatur, indem Sie auf klicken
- Schalten Sie das Heizgerät ein und stellen Sie den Leistungsregler so ein, dass der Glasmantel langsam erwärmt wird.
- Mischen Sie das Wasser im Glasmantel, indem Sie den Magnetrührstab mit Hilfe eines Stabmagneten bewegen und den Druckausgleich in der Gasspritze durch Drehen des Kolbens erleichtern.
- Nach jeder Erhöhung des Volumens um 1 ml wird der nächste Wert genommen.

Verfahren (4/6) - Gay-Lussac'sches Gesetz

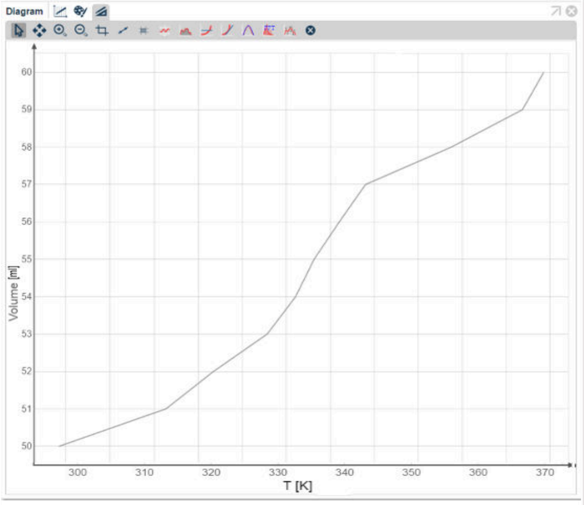


Abb. 4: Abhängigkeit des Volumens V von der Temperatur T bei konstantem Druck

- Nachdem das Gasvolumen 60 ml erreicht hat, schalten Sie das Heizgerät aus und beenden Sie die Messung durch Drücken von
- Um das Diagramm der Menge pV/T gegen das Volumen zu erhalten, gehen Sie zum Datenpool und klicken Sie auf
- Nun können Sie einige Kanaländerungen vornehmen, indem Sie die Messdaten für Volumen, Temperatur und Druck per Drag & Drop in die Messungen ziehen. Ziehen Sie anschließend die Daten per Drag & Drop in die Formel
- Gehen Sie zum Datenpool und wählen Sie die Messdaten für das Volumen und Ihren geänderten Kanal pVT aus. Wenn Sie ausgewählt sind, wählen Sie die Option "Diagramm" und die Software wird Ihnen das gewünschte Diagramm präsentieren.

excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Verfahren (5/6) - Gesetz von Amonton

- Starten Sie die Messung mit
- Stellen Sie anschließend das Heizgerät mit dem Leistungsregler auf langsames Heizen ein.
- Mischen Sie das Wasser im Glasmantel, indem Sie den Magnetrührstab mit Hilfe eines Stabmagneten bewegen und den Druckausgleich in der Gasspritze durch Drehen des Kolbens erleichtern.
- Notieren Sie den der Anfangstemperatur entsprechenden Druck, indem Sie auf klicken
- Drücken Sie nach jeder Temperaturerhöhung um 5 K den Kolben zügig in die Gasspritze, bis das Gasvolumen auf das Ausgangsvolumen V = 50 ml komprimiert ist und übernehmen Sie den nächsten Wert durch Klicken auf
- Nach Erreichen einer Temperatur von ca. 370 K oder bei deutlichem Luftverlust während der Kompression ist das Heizgerät auszuschalten und die Messung durch Drücken von abzubrechen.

Verfahren (6/6) - Gesetz von Amonton

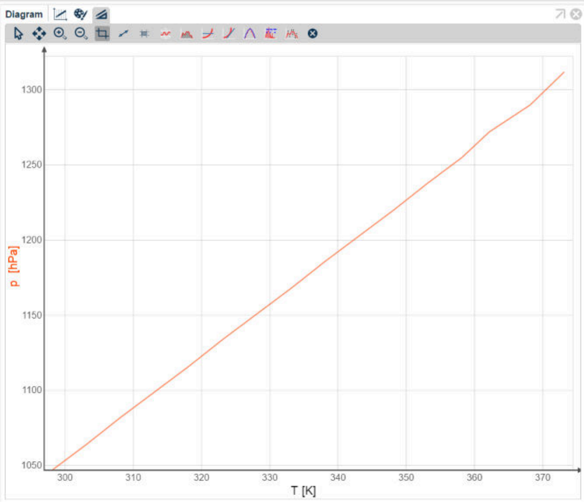


Abb. 5: Abhängigkeit des Drucks p von der Temperatur T bei konstantem Volumen

- Die Abbildung 5 auf der linken Seite zeigt das Diagramm für die Abhängigkeit des Drucks p von der Temperatur bei konstantem Volumen, wie es dann vom Programm dargestellt wird.
- Um die Darstellung der Menge pV/T gegen die Temperatur, gehen Sie zum Datenpool und klicken Sie auf.
- Jetzt können Sie einige Kanaländerungen vornehmen, indem Sie die Messdaten für Volumen, Temperatur und Druck per Drag & Drop in die Messungen ziehen. Ziehen Sie anschließend die Daten per Drag & Drop in die Formel.
- Gehen Sie zum Datenpool und wählen Sie die Messdaten für die Temperatur und Ihren geänderten Kanal pVT aus. Wenn Sie ausgewählt sind, wählen Sie die Option "Diagramm" und die Software wird Ihnen das gewünschte Diagramm präsentieren.

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Bewertung (1/12)

Der Zustand eines Gases ist eine Funktion der Zustandsgrößen Temperatur T, Druck p und die Menge der Substanz n, die sich gegenseitig bedingen. So wird die Abhängigkeit des Drucks von den Variablen Temperatur, Volumen und Menge des Stoffes durch das Gesamtdifferential beschrieben.

$$dV = (\frac{\delta V}{\delta T})_{p,n} dT + (\frac{\delta V}{s\delta p})_{T,n} dp + (\frac{\delta V}{\delta n})_{T,V} dn \text{(1.1)}$$

Analog gilt für die Änderung des Drucks mit *T*, *V* und *n*:

$$dp = (\frac{\delta p}{\delta T})_{V,n} dT + (\frac{\delta p}{s\delta V})_{T,n} dV + (\frac{\delta p}{\delta n})_{T,V} dn \text{(1.2)}$$

Bewertung (2/12)

Diese Beziehung vereinfacht sich für eine bestimmte Stoffmenge (n= const, dn = *0*; eingeschlossene Gasmenge in der Gasspritze) und isothermische Zustandsänderung (T = const, dT = *0*) an

$$dV = (\frac{\delta V}{\delta T})_{T,n} dp \text{(2.1)}$$

und

$$dp = (\frac{\delta p}{\delta T})_{V,n} dT \text{(2.2)}$$

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Bewertung (3/12)

Der partielle Differentialquotient $(\delta V/\delta p)T, n$ bzw. $(\delta p/\delta V)T, n$ entspricht geometrisch der Steigung einer Tangente an die Funktion $V = f(p)$ oder $p = f(V)$ und charakterisiert somit die gegenseitige Abhängigkeit von Druck und Volumen. Der Grad dieser Abhängigkeit wird durch das Ausgangsvolumen oder den Ausgangsdruck bestimmt. Man definiert also den kubischen Kompressibilitätskoeffizienten, indem man ihn in Beziehung setzt zu V oder V_0 unter $T_0 = 273.15K$.

$$X_0 = \frac{1}{V_0}(\frac{\delta V}{\delta p})_{T,n} \quad (3)$$

Der partielle Differentialquotient $(\delta p/\delta T)V, n$ entspricht geometrisch der Steigung einer Tangente an die Funktion $p = f(T)$ und charakterisiert somit die Abhängigkeit des Drucks von der Temperatur. Das Ausmaß dieser Abhängigkeit wird durch den Ausgangsdruck bestimmt. Daher definiert man den thermischen Spannungskoeffizienten β_0 als Maß für die Temperaturabhängigkeit, indem man sie mit $p$oder $p_0$unter $T_0 = 273.15K$.

$$\beta_0 = \frac{1}{V_0}\frac{\delta 0}{\delta T}_{p,n} \quad (4)$$

Bewertung (4/12)

Der partielle Differentialquotient $(\delta V/\delta T)p, n$ entspricht geometrisch der Steigung einer Tangente an die Funktion $V = f(T)$ und charakterisiert somit die gegenseitige Abhängigkeit von Volumen und Temperatur. Das Ausmaß dieser Abhängigkeit wird durch das Ausgangsvolumen bestimmt. Der Wärmekoeffizient $y_0$der Ausdehnung wird daher als Maß für die Temperaturabhängigkeit des Volumens definiert, indem man es in Bezug setzt zu Voder V_0unter $T_0 = 273.15K$.

$$y_0 = \frac{1}{V_0}(\frac{\delta V}{\delta T})_{p,n} \quad (5)$$

Für den Grenzfall eines idealen Gases (hinreichend niedrige Drücke, hinreichend hohe Temperaturen) ist die Korrespondenz zwischen den Zustandsgrößen p, V, T und $n$wird durch das ideale Gasgesetz beschrieben:

$$pV = nRT \quad (6)$$

mit R als die Universelle Gaskonstante

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Bewertung (5/12)

PHYWE excellence in science

Für den Fall einer konstanten Stoffmenge und einer isothermen Prozessführung geht diese Gleichung in die folgenden Gleichungen über:

pV = const. (6.1) und p= const. (6.2)

Nach dieser von Boyle und Mariotte empirisch ermittelten Korrelation geht eine Druckerhöhung mit einer Volumenabnahme einher und umgekehrt. Die grafische Darstellung der Funktionen $V = f(p)$ oder $p = f(V)$ Im Gegensatz dazu ergibt die Darstellung des Drucks eine Hyperbel. p gegen das reziproke Volumen $1/V$ ergibt sich eine gerade Linie, bei der $p = 0$ unter $1/V$. Aus der Steigung dieser linearen Beziehungen,

$$\left(\frac{\delta p}{\delta v^{-1}}\right)_{T,n} = nRT (7)$$

ist es möglich, die Gaskonstante zu bestimmen R experimentell, wenn die eingeschlossene konstante Menge an Luft n ist bekannt. Dies ist gleich dem Quotienten aus dem Volumen V und das molare Volumen V_m, $n = \frac{V}{V_m}$ (8), die lautet $V_0 = 22.414 l \cdot mol^{-1}$ unter $T_0 = 273.15 K$ und $p_0 = 1013.25 hPa$ unter Standardbedingungen.

Bewertung (6/12)

PHYWE excellence in science

Ein Volumen gemessen an p und T wird daher zunächst auf diese Bedingungen reduziert, indem die Beziehung aus (6) verwendet wird:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{pV}{T} (9)$$

Für den Grenzfall eines idealen Gases (ausreichend niedriger Druck, ausreichend hohe Temperatur) ergibt sich die Integration einer Differentialgleichung aus (1.2) und (4), wobei β_0 = const., ergibt sich

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p}{T} (10.1)$$

und

$$p = const. T$$

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Bewertung (7/12)

Nach diesem von Charles und Amontons entdeckten Zusammenhang ergibt die grafische Darstellung des Drucks in Abhängigkeit von der Temperatur eine ansteigende Gerade, wobei $p = 0$ unter $T = 0$.

Aus (4) und dem idealen Gasgesetz (6) ergibt sich für die Steigung dieser linearen Beziehungen Folgendes

$$(\frac{\delta p}{\delta T})_{V,n} = p_0\beta_0 = \frac{nR}{V} \quad (11)$$

Daraus ergibt sich der thermische Spannungskoeffizient β_0 und die universelle Gaskonstante R kann bei bekanntem Anfangsdruck bestimmt werden p_0 und eine bekannte Menge eines Stoffes n. Die beigefügte konstante Menge an Stoffen n ist gleich dem Quotienten aus dem Volumen V und das molare Volumen V_m.

Für den Grenzfall eines idealen Gases (ausreichend niedriger Druck, ausreichend hohe Temperatur) ergibt sich die Integration einer Differentialgleichung aus (1.2) und (5), wobei y_0 = konstant, ergibt sich

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T} (12.1) \text{ und } V = const. T \quad (12.2)$$

Bewertung (8/12)

Nach dieser von Gay-Lussac entdeckten Korrelation ergibt die grafische Darstellung des Volumens in Abhängigkeit von der Temperatur eine verlaufende Gerade, bei der $V = 0$ für $T = 0$. Aus (5) und dem idealen Gasgesetz (6) ergibt sich für die Steigung dieser linearen Beziehungen Folgendes:

$$(\frac{\delta V}{\delta T}) = V_0\gamma_0 = \frac{nR}{p} \quad (13)$$

Daraus ergibt sich der thermische Ausdehnungskoeffizient γ_0 und die universelle Gaskonstante Rsind bei bekanntem Ausgangsvolumen experimentell zugänglich V_0 und einer bekannten Menge der Substanz n.

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Bewertung (9/12)

PHYWE excellence in science

Daten und Ergebnisse

Die teoretischen Werte für ein ideales Gas sind

$R(lit.) = 8.31441 Nm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} = J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

$\gamma_0(lit.) = 3.661 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

$\beta_0(lit.) = 3.661 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

Bewertung (10/12)

PHYWE excellence in science

1. Boyle und Mariotte's Gesetz

Die im ersten Versuch gewonnenen Daten bestätigen die Gültigkeit des Gesetzes von Boyle und Mariotte. Anhand der Steigung, die für $n = 2.086 und (T = 295.15 K, (\delta p/\delta V^{-1})_{T,n} = 4.6464 kPa/m^{-3} = 4.6464 Nm$der linearisierten Korelation zwischen p und $1/V$kann die universelle Gaskonstante wie folgt berechnet werden $R = 7.547 Nm \cdot K^{-1}$.

Die Abweichung vom Literaturwert ist auf die unvermeidliche mangelnde Gasdichtheit bei zunehmender Abweichung vom Atmosphärendruck durch Kompression oder Expansion zurückzuführen, wobei der Zustand $dn = 0$ verletzt wird und die beobachtete Steigung $(\delta p/\delta V^{-1})T$ im Vergleich zu dem mit einer konstanten Stoffmenge messbaren Wert vermindert ist.

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Bewertung (11/12)

2. Gay-Lussac's Gesetz

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Volumen und Temperatur bei einer konstanten Gasmenge von $n = 2.23mmol$, berechnet nach den Beziehungen (8) und (9), bestätigt die Gültigkeit des ersten Gay-Lussac-Gesetzes mit einer linearen Beziehung.

Aus der entsprechenden Steigung $(\delta V/\delta T)_{p,n} = 0.18ml/K$ und für das Ausgangsvolumen $V_0 = 50ml$erhält man folgende Werte für die universelle Gaskonstante R und der Wärmeausdehnungskoeffizient γ_0.

$R(exp.) = 8.07174Nm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

$\gamma_0(exp.) = 3.04 \cdot 10^{-3}K^{-1}$

Bewertung (12/12)

3. Amontonsches Gesetz

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Druck und Temperatur bei einer konstanten Gasmenge von , berechnet nach den Beziehungen (8) und (9), bestätigt die Gültigkeit des Charles'schen (Amontons'schen) Gesetzes mit der im dritten Versuch nachgewiesenen linearen Beziehung.

Aus der entsprechenden Steigung $(\delta p/\delta T)_{V,n} = 3.72hPa/K$ und für den Anfangsdruck $p_0 = 1002.2hPa$ erhält man folgende Werte für die universelle Gaskonstante R und der Koeffizient der thermischen Spannung β_0.

$R(exp.) = 8.34Nm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

$\beta_0(exp.) = 3.71 \cdot 10^{-3}K^{-1}$

excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de