

2.2 Gesetz von Boyle-Mariotte

Stichworte: Zustandsgleichung für ideale Gase, Boyle-Mariottesche-Gesetz, Gesetz von Gay-Lussac, Gaskonstante

1 Theoretische Grundlagen

Die allgemeine Zustandsgleichung für ideale Gase lautet:

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

Das Gesetz von Boyle-Mariotte ist der Spezialfall für konstante Temperatur:

$$p \cdot V = c = \text{konst.}, \text{ wenn } T = \text{konst.}$$

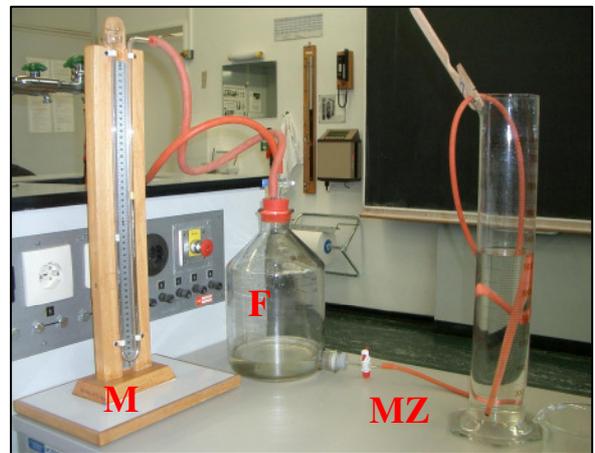
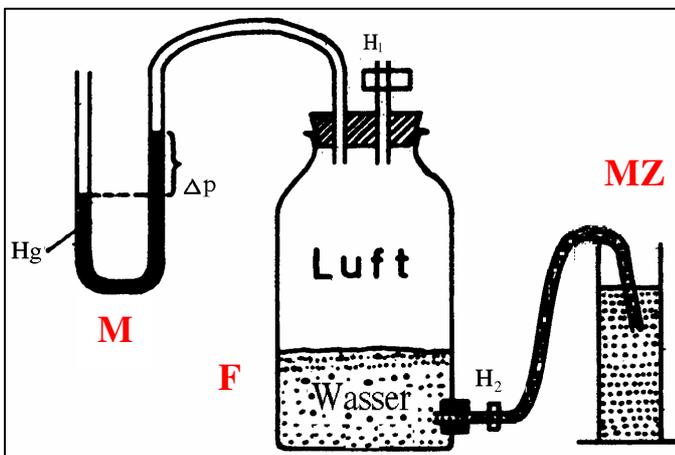
p = absoluter Druck, V = Volumen, T = (absolute) Temperatur, R = absolute Gaskonstante, n = Anzahl der Mole im Volumen V und $c = n \cdot R \cdot T$ eine Konstante, wenn $T = \text{konst.}$

2 Aufgabenstellung

Es sind drei Messreihen aufzunehmen. Prüfen Sie die Gültigkeit des Boyle-Mariotteschen-Gesetzes. Bestimmen Sie die Konstante c und berechnen Sie zur Kontrolle die allgemeine Gaskonstante R .

3 Erforderliche Geräte und Material

1 Quecksilbermanometer (**M**); 1 Messzylinder 2000 ml (ein Teilstrich $\hat{=}$ 20 ml) (**MZ**);
1 Abklärflasche 5 l (**F**); 1 Wasserstrahlpumpe; 2 Hähne; 2 Gummistopfen; 3 Schläuche; 1 Messschieber; 1 Barometer;



4 Versuchsdurchführung

- Das Luftvolumen in der Flasche und das Innenvolumen des Schlauches bis zum Manometer bilden das unbekannte Ausgangsvolumen V_1 .
- Die drei Messreihen haben unterschiedliche Ausgangsvolumina. Man beginnt die erste Messreihe mit einer leeren Abklärflasche. Zu Beginn der zweiten und dritten Messreihe ist die Flasche teilweise mit Wasser gefüllt.
- Mit einer Wasserstrahlpumpe wird durch Absaugen von Luft durch den Hahn H_1 in der Flasche der Unterdruck Δp_1 erzeugt, der am Quecksilbermanometer abgelesen werden kann. Dann wird H_1 geschlossen. Durch den Hahn H_2 lässt man mit (vorher berechneter) gleicher Schrittweite



Versuch 2.2

Physikalisches Praktikum

Wasser aus dem Messzylinder in die Flasche laufen. Bis zum Druckausgleich sollten pro Messreihe etwa 10 Wertepaare von Δp und ΔV gewonnen werden.

- Das Einfüllen eines Wasservolumens ΔV verringert das Luftvolumen auf $V_1 - \Delta V$ und erhöht den Druck von Δp_1 auf Δp .
- Am Anfang und am Ende des Versuchs misst man den Umgebungsluftdruck p_L .

5 Hinweise zur Auswertung

Das Luftvolumen V und der absolute Druck p in der Flasche sind eine Funktionen des eingefüllten Wasservolumens ΔV :

$$V = V_1 - \Delta V \text{ und } p = p_L - \Delta p.$$

Nach dem Gesetz von Boyle-Mariottesche ist die Funktion $p(V)$ eine Hyperbel. Es ist jedoch vorteilhafter, Messdaten in Form einer linearen Beziehung darzustellen, da man diese graphisch und numerisch einfacher auswerten kann.

Durch Einsetzen erhält man: $p \cdot V = p \cdot (V_1 - \Delta V) = c$

Durch Umstellung folgt: $\frac{1}{p} = -\frac{1}{c} \cdot \Delta V + \frac{V_1}{c}$

Der Kehrwert des Druckes $1/p$ als Funktion von ΔV stellt eine Geradengleichung mit Steigung $m = -\frac{1}{c}$ und dem Achsenabschnitt $b = \frac{V_1}{c} = V_1 \cdot |m|$ dar. Das Ausgangsvolumen ist: $V_1 = \frac{b}{|m|}$.

Zur Berechnung der allgemeinen Gaskonstante R benötigt man neben der absoluten Temperatur T_1 die Anzahl der Mole $n = \frac{V_1}{V_{Mol}^1}$ im Luftvolumen V_1 . Unter Standardbedingungen beträgt das Molvolumen $V_{Mol}^0 = 22,4 \text{ l}$. Im Luftvolumen der Flasche herrscht jedoch der Druck $p_1 = p_L - \Delta p_1$ und die Temperatur T_1 . Das entsprechende Molvolumen $V_{Mol}^1(p_1, T_1)$ kann aus der allgemeinen Gasgleichung gewonnen werden:

$$\frac{p_1 \cdot V_{mol}^1}{T_1} = \frac{p_0 \cdot V_{mol}^0}{T_0},$$

wobei der Index 0 den Standardbedingungen entspricht. Es handelt sich dabei nicht um eine Bestimmung der allgemeinen Gaskonstante R aus Messdaten sondern um eine Konsistenzprüfung von c , n , T_1 und R .

6 Versuchsplanung

Der Unterdruck in der Flasche darf 210 hPa ($\hat{=}$ 160 mmHg) nicht unterschreiten. Zur Vorbereitung der ersten Messreihe berechne man einen Näherungswert für die Volumenänderung ΔV_1 , die sich bei der maximal zulässigen Druckdifferenz Δp_0 für ein geschätztes Ausgangsvolumen von $V_1 = 5 \text{ l}$ und Standardluftdruck $p_L^0 = 1013 \text{ hPa}$ ergibt.