

Versuch TG4. Bestimmung der Molmasse eines Gases und der Avogadro-Konstanten (V 3.5)

I Ziel des Versuches

Bei dem Versuch sollen die Avogadro-Konstante und die molare Masse eines Gases nach der Methode von Regnault bestimmt werden.

II Theoretischer Hintergrund

Da Atom- und Molekülmassen sehr klein sind, führte Wilhelm Ostwald erstmal das Mol ein. Dieses definierte er als die Masse, die betragsmäßig der Molekülmasse in Gramm entspricht. Inzwischen ist ein Mol als die Anzahl Teilchen definiert, die 12 g des Kohlenstoffisotops ^{12}C einnehmen. Die Avogadro-Konstante wurde zu $6,022 \cdot 10^{23}$ bestimmt.

Mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse lässt sich der Aufbau fester, kristalliner Stoffe ermitteln. Kennt man die Anzahl der Atome in einer Elementarzelle und das Volumen der Zelle, so kann man die Anzahl der Atome eines Stoffes und somit die Avogadro-Konstante berechnen.

Anfang des 19. Jahrhundert konnten mehrere Wissenschaftler experimentell zeigen, dass für Gase annähernd gilt:

Gesetz von Charles: $p \propto T$ bei $N, V = \text{const.}$

Gesetz von Boyle-Mariotte: $p \propto 1/V$ bei $N, T = \text{const.}$

Gesetz von Gay-Lussac: $V \propto T$ bei $p, V = \text{const.}$

Gesetz von Gay-Lussac: $V \propto n$ bei $p, T = \text{const.}$

mit p = Druck, T = Temperatur, N = Teilchenzahl und V = Volumen.

Aus den Gasgesetzen ergibt sich das ideale Gasgesetz zu:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (1)$$

n : Molzahl, R : universelle Gaskonstante

Ein Gas, das diese Gleichung exakt befolgt, bezeichnet man als ideales Gas (ein solches Gas gibt es in der Natur nicht). Reale Gase folgen dieser Gleichung (1) umso besser,

a) je geringer der Druck und damit die Dichte ist (Bei verschiedenen Gasen kommt es auf die Teilchenzahldichte an)

- b) je höher die Temperatur ist (beim Vergleich verschiedener Gase kommt es auf das Verhältnis Siede- oder Schmelztemperatur zur Temperatur an, nicht auf den absoluten Wert)

Die Abweichungen vom idealen Verhalten liegen für viele Gase (Ar, H₂, O₂, N₂, CO₂) bei Normalbedingungen unter 1%.

Im Rahmen der Genauigkeit, mit der für ein unbekanntes Gas das ideale Gas-Gesetz gilt, kann man auch die Molmasse M des Gases bestimmen. Mit

$$n = \frac{m}{M} \quad (2)$$

gilt:

$$M = \frac{m R T}{p V} \quad (3)$$

III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Zustandsgleichungen realer und idealer Gase
- Gasgesetze (ideales, Virialgleichung, van der Waals)
- Definition eines idealen Gases
- Avogadro-Konstante, Definition des Mols
- Bestimmungsmöglichkeiten von Molmassen
- Kristallstrukturen, Kugelpackung

IV Aufgaben, die zum Versuchstag vorbereitet werden sollen

In welchen Gitterstrukturen kristallisieren Aluminium und Kupfer? Wie groß ist die Anzahl der Atome pro Elementarzelle? Wie kann man bei Kenntnis der Masse eines Kristalls, dessen Abmessungen und der Gitterkonstante für eine gegebene Gitterstruktur die Avogadrokonstante berechnen.

V Versuchsbeschreibung und -durchführung

Für die Bestimmung der Avogadro-Konstanten erhalten Sie Zylinder aus Aluminium und Kupfer. Für die Messungen stehen eine Waage und eine Schieblehre zur Verfügung.

Die Apparatur zur Molmassenbestimmung besteht aus einem Glasrohr mit Dreiwegehahn für die Verbindung zur Pumpe und zur Gasversorgung sowie einem Manometer zur Druckmessung. Außerdem befindet sich an der Apparatur ein

Anschluss, an den während des Versuches ein Rundkolben mit bekanntem Volumen angeschlossen werden kann sowie ein Belüftungshahn, vgl. auch Abb. 1.

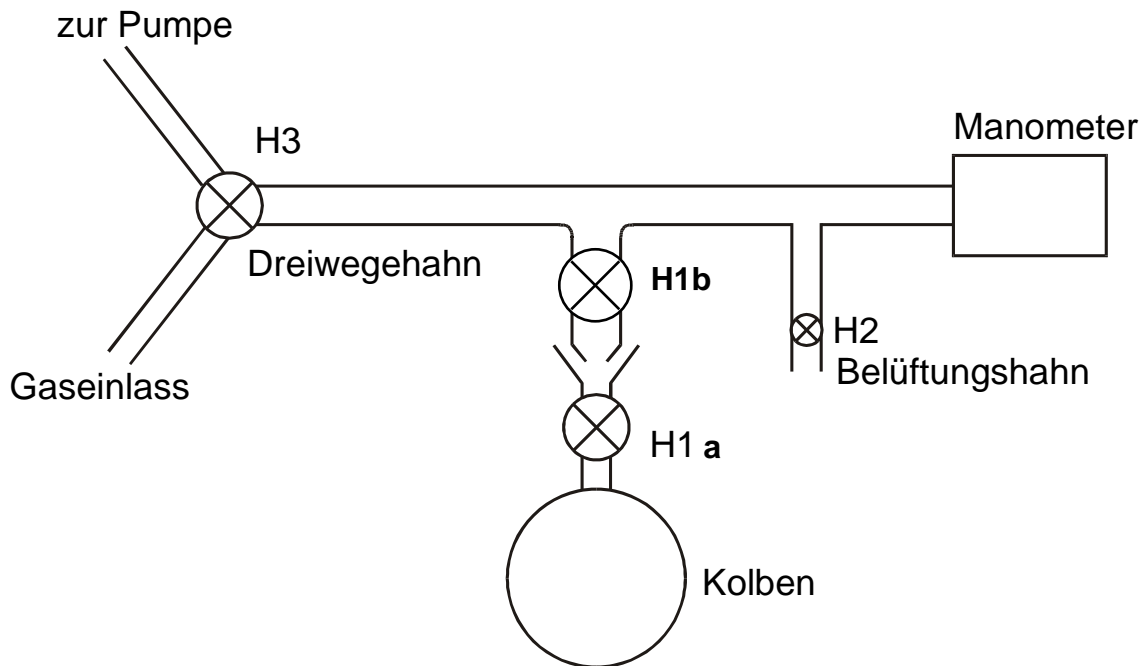


Abb. 1: Aufbau der Apparatur zur Molmassenbestimmung nach Regnault.

Die Vakuumpumpe wird angestellt, Hahn 3 ist geschlossen. Die Apparatur wird über Hahn 2 vorsichtig belüftet und der Kolben an die Apparatur gehängt. Hahn 2 wird geschlossen, die Hähne 1a und 1b werden vorsichtig geöffnet, und die gesamte Apparatur über den Dreiwegehahn 3 evakuiert. Hahn 3 wird geschlossen und der Druck am Manometer über 5 min beobachtet, um die Dichtigkeit der Apparatur zu überprüfen. Danach wird Hahn 1a geschlossen und die Apparatur über Hahn 2 wieder vorsichtig belüftet. Der Kolben wird abgenommen und gewogen (3-mal wiegen und mitteln). Um zu verhindern, dass Hautfett das Wäageergebnis beeinflusst sind hierbei Handschuhe zu tragen.

Der Kolben wird wieder an die Apparatur angeschlossen, Hahn 2 geschlossen und über Hahn 3 wieder evakuiert, dann werden auch die Hähne 1a und 1b geöffnet.

Die Apparatur wird mit dem zu untersuchenden Gas über Hahn 3 zweimal gespült, dann der Druck eingestellt und Hahn 3 geschlossen. Der Hahn 1a wird geschlossen und die Apparatur wird über Hahn 3 evakuiert. Nach Überprüfung der Dichtigkeit des Kolbenhahns 1a wird die Apparatur über Hahn 2 vorsichtig belüftet. Dann kann der Kolben abgenommen und 3 mal gewogen werden (Handschuhe nicht vergessen).

Der Versuch soll bei sieben verschiedenen Drücken von max. 0,7 bar wiederholt werden.

Die Temperatur kann auf einem ausliegenden Thermometer abgelesen werden.

VI Auswertung

a) Auswertung während des Versuchstages

1. Bestimmen Sie die Molmasse des zu untersuchenden Gases bei sieben verschiedenen Drücken aus dem idealen Gasgesetz.

b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Berechnen Sie die Avogadro-Konstante.
2. Vergleichen Sie ihre Ergebnisse mit den Literaturdaten und diskutieren Sie die Abweichungen.

VII Materialien

1. Das Volumen ist auf jedem Kolben eingraviert.
2. R in geeigneten Einheiten s. Anhang 5b
3. Gitterkonstante und Molare Massen:

$$a_{\text{Al}} = 4,0495 \cdot 10^{-10} \text{ m}, M_{\text{Al}} = 26,9815 \text{ g/Mol}$$

$$a_{\text{Cu}} = 3,6153 \cdot 10^{-10} \text{ m}, M_{\text{Cu}} = 63,54 \text{ g/Mol}$$

4. Verwendete Chemikalien

Kohlendioxid

Signalwort: Achtung



Gefahrenbezeichnung(en)

H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Vorsichtsmaßnahmen

P410 + P403: Vor Sonnenbestrahlung schützen. An einem gut belüfteten Ort Aufbewahren

Versuch TG4

Messprotokoll

„Molmassenbestimmung nach Regnault“

| | | |
|--------|-----------------------|----------------|
| Gruppe | Umgebungstemp.[°C] | Datum/ Stempel |
| Name | Umgebungsdruck [mbar] | |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| m _{Kolben, leer, 1} = m _{Kolben, leer, 2} = m _{Kolben, leer, 3} = | | m _{Kolben, leer, mittel} = | V _{Kolben} = |
| <i>Nr.</i> | <i>p [mbar]</i> | <i>m [g]</i> | <i>M [g/mol]</i> |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| | | | $\bar{M} \left[\frac{g}{mol} \right] =$ |

Messprotokoll
„Avogadro-Konstante“

| | Cu | Al |
|----------------------|-----------|-----------|
| m [g] | | |
| r[mm] | | |
| l[mm] | | |
| V | | |
| N | | |
| n [mol] | | |
| N_A | | |