

Versuch TG5. Bestimmung der Molmasse einer Flüssigkeit nach der Methode von Victor Meyer (V. 3.1)

I Ziel des Versuches

Bei dem Versuch soll die molare Masse einer leichtsiedenden Flüssigkeit (Aceton oder Hexan) nach der Methode von Victor Meyer bestimmt werden.

II Theoretischer Hintergrund

Alle gasförmigen Stoffe lassen sich näherungsweise durch die ideale Gasgleichung beschreiben:

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

p = Druck, V = Volumen, n = Molzahl, R = universelle Gaskonstante und T = Temperatur

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:

$$M = \frac{mRT}{pV} \quad (3)$$

Hier bei müssen die Masse der Probe m , der Druck p , die Temperatur T und das Volumen V gleichzeitig bestimmt werden. Handelt es sich bei der zu untersuchenden Substanz um eine verdampfbare Flüssigkeit, so kann man dessen molare Masse durch die Methode von Victor Meyer bestimmen. Die zu untersuchende Substanz

bekannter Masse aber unbekannter Molzahl wird verdampft. Entsprechend dem Gesetz von Avogadro verdrängt der Dampf eine Luftmenge, mit genau derselben Molzahl wie die zu untersuchende Probe aus dem Reaktionsgefäß. Die Molzahl der verdrängten Luftmenge wird durch das Messen des Volumens und des Druckes bei Umgebungstemperatur bestimmt.

III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Zustandsgleichungen realer und idealer Gase
- Gasgesetze (ideales, Virialgleichung, van der Waals)
- Definition eines idealen Gases
- Bestimmungsmöglichkeiten von Molmassen
- Siedevorgang
- Relative Luftfeuchte
- Partialdruck, Dalton'sches Partialdruckgesetz

IV Aufgaben, die zum Versuchstag vorbereitet werden sollen

1. Leiten Sie Gleichung 4 her.
2. Beschaffen Sie sich Literaturwerte für die Dichte und den Sättigungsdampfdruck von Wasser in einem Temperaturbereich von 283 bis 303 K.
3. Das Eudiometer hat ein Fassungsvermögen von 50 ml. Berechnen Sie die Masse an flüssigem Aceton und Hexan, die beim Verdampfen ein Volumen von 50 ml einnehmen unter der Annahme eines idealen Gasverhaltens.

V Versuchsbeschreibung und -durchführung

Die Apparatur ist entsprechend Abb. 1 aufgebaut. Eventuell vorhandene Gasreste aus den vorherigen Versuchen werden beseitigt, indem man vorsichtig mit Hilfe eines bis zum Boden reichenden Glasrohrs ca. 1 min lang Luft durchsaugt (Wasserstrahlpumpe). Ein in ein siedendes Wasserbad [4] eintauchendes Gefäß [5] wird erwärmt, bis eine konstante Temperatur erreicht worden ist. Die konstante Temperatur ist erreicht, wenn aus der Öffnung [11] keine Luftblasen mehr entweichen. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass der Stopfen des Rohrs [4] das Rohr oben nicht völlig verschließt (Überdruckgefahr). Erst dann schiebt man das mit Wasser gefüllte Eudiometerrohr [13] über die Öffnung [11].

Auf einer Analysenwaage wird das saubere und getrocknete Probengläschen zunächst ohne und dann mit der Probensubstanz gewogen. Da das Fassungsvermögen des Eudiometers begrenzt ist, sollte die Einwaage den oben berechneten Wert nicht überschreiten. Auf dem Transport von der Waage zur Apparatur können Verdampfungsverluste auftreten. Zur Abschätzung des Verlustes wird in einem Vorversuch die Gewichtsabnahme des gefüllten Probengläschens (mit Stopfen) etwa 5 min lang registriert. Dann lässt man das Probengläschen im Rohr [5] herunterfallen. Dazu wird der Stopfen [1] kurz abgenommen. Die Substanz verdampft und verdrängt im Rohr [5] eine entsprechende Luftmenge. Gemessen wird schließlich das Volumen V des aus dem Eudiometerrohr [13] verdrängten Wassers. Der Versuch ist fünf mal zu wiederholen.

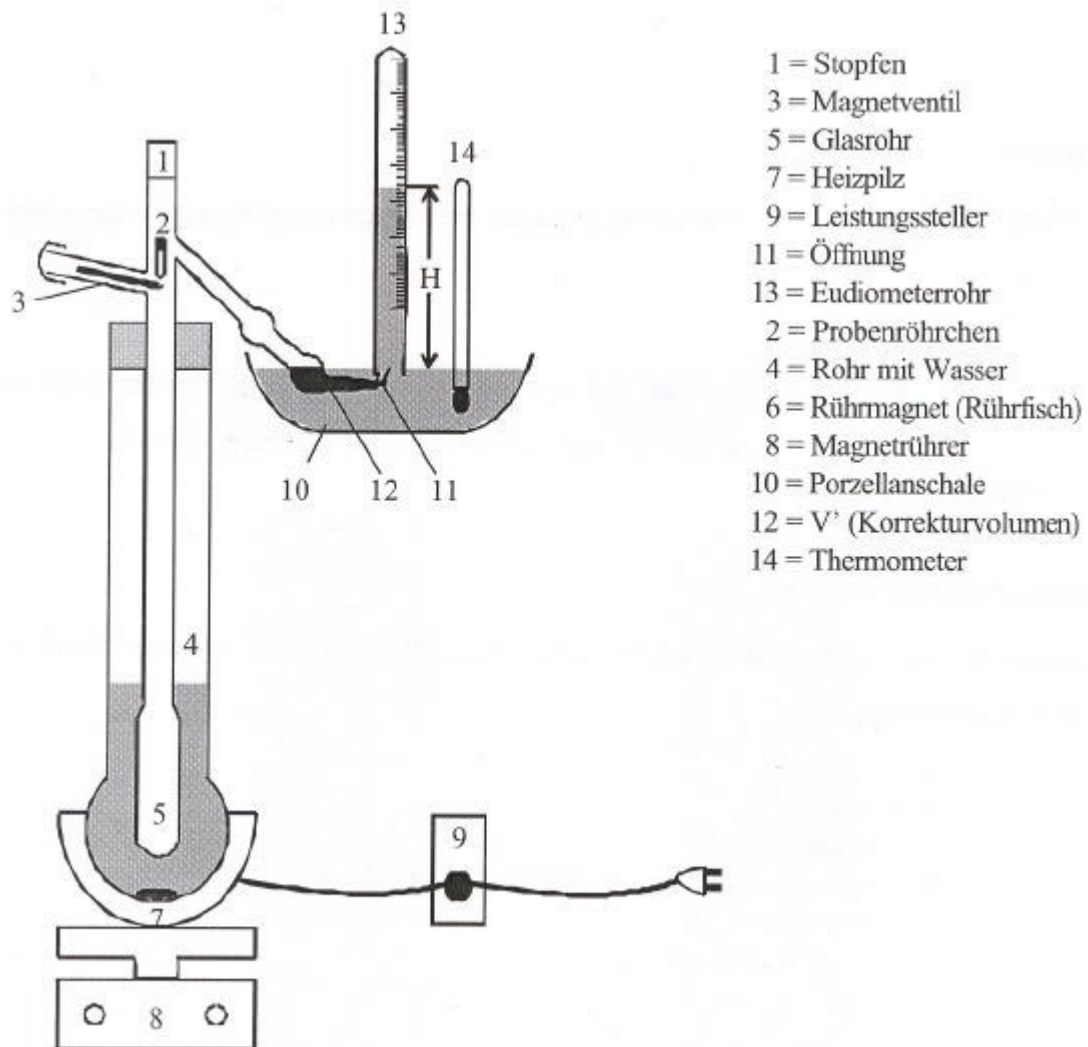


Abbildung 1: Apparatur zur Molmassenbestimmung nach Victor Meyer.

Die Temperatur kann auf einem ausliegenden Thermometer abgelesen werden. Der Druck im Eudiometerrohr ergibt sich aus dem Luftdruck (abzulesen an dem

Barometer) vermindert um den hydrostatischen Druck der Wassersäule. Zudem ist zu beachten, dass die Luft in der Apparatur vor dem Versuch eine relative Luftfeuchte RH hatte, die an dem ausliegenden Hygrometer abzulesen ist. Nach dem Übertritt in das Eudiometer ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt.

Der Druck ergibt zu damit zu:

$$p = p_{\text{Barometer}} - \rho_{\text{H}_2\text{O}}(T) \cdot g \cdot \Delta h - (100 - RH)/100 \cdot p_s(T) \quad (4)$$

mit: $\rho_{\text{H}_2\text{O}}(T)$ = Dichte des Wasser, g = Erdbeschleunigung, Δh = Wassersäule im Eudiometer und p_s = Sättigungsdampfdruck von Wasser.

VI Auswertung

a) Auswertung während des Versuchstages

1. Bestimmen Sie die Molmasse der zu untersuchenden Substanz.

b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Vergleichen Sie ihre Ergebnisse mit den Literaturdaten und diskutieren Sie die Abweichungen.

VII Materialien

1. Verwendete Chemikalien:

Aceton

Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Vorsichtsmaßnahmen

P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P370 + P378: Bei Brand: Löschpulver oder Trockensand zum Löschen verwenden.
P403 + P235: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren. Kühl halten.

Ergänzende Gefahrenmerkmale (EU)

EUH066: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

Hexan

Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H304: Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

H361f: Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.

H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.

H411: Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

Vorsichtsmaßnahmen

P201: Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.

P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P301 + P310: BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P308 + P313: BEI Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ ärztliche Hilfe hinzuziehen.

P331: KEIN Erbrechen herbeiführen.

Versuch TG5

Messprotokoll

„Molmassenbestimmung nach Victor Meyer“

Gruppe	Umgebungstemp.[°C]	Datum/ Stempel
Name		

Luftdruck

rel. Luftfeuchte

Substanz:

Nr.	Einwaage [mg]	V(Eudiometer) [ml]	p [Pa]	M [g mol ⁻¹]
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Rechenweg für den Druck p und die molare Masse M (1 mal exemplarisch):