

Versuch TG2. C_p/C_v nach Rüchardt (V. 3.5)

I Ziel des Versuches

Bei dem Versuch sollen die molaren Wärmekapazitäten c_p und c_v für drei verschiedene Gase (Ar, O₂ and CO₂) bestimmt werden.

II Theoretischer Hintergrund

Die direkte Bestimmung der Molwärmen von Gasen durch kalorimetrische Messungen wird durch die geringe Wärmekapazität der Gase sehr erschwert. Man bedient sich daher im Falle der idealen Gase einer Versuchsanordnung, die die Bestimmung der Poissonschen Konstante κ erlaubt.

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} \quad (1)$$

c_p : Wärmekapazität bei konst. Druck, c_v : Wärmekapazität bei konstantem Volumen

Die Poissonsche Gleichung:

$$p \cdot V^\kappa = \text{const} \quad (2)$$

beschreibt den Zusammenhang für p (Druck) und V (Volumen) für adiabatische Zustandsänderungen.

In der Versuchsanordnung nach Rüchardt werden adiabatische Zustandsänderungen eines gegebenen Gasvolumens durch schnell aufeinanderfolgende Kompression und Expansion hervorgerufen, indem man eine Stahlkugel in ein Präzisionsrohr über dem Gasvolumen fallen lässt, so dass sie dann harmonische Schwingungen auf dem Gaspolster ausführt. Indem man den Prozess schnell ablaufen lässt, wird annähernd adiabatisches Verhalten erreicht.

Der Druck, der auf das unter der Kugel befindliche Luftvolumen ausgeübt wird, ist:

$$p = p_0 + \frac{mg}{A} \quad (3)$$

A: Rohrquerschnitt, m: Masse der Kugel, g: Erdbeschleunigung, p_0 : Luftdruck zur Zeit der Messung

Mit Hilfe des Vergleichs des 2. Newtonschen Axioms

$$F(t) = m a(t) \quad (4)$$

mit Gesetzen der Schwingungslehre erhält man die Gleichung:

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{4\pi^2 m V}{A^2 T^2 p} \quad (5)$$

T: Schwingungsdauer der Kugel

mit deren Hilfe man die molaren Wärmekapazitäten verschiedener Gase bestimmen kann.

III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Erster Hauptsatz der Thermodynamik
- Molare Wärmekapazität: Definition
- Thermodynamische Funktionen, Arbeit, Wärme, spezifische Wärme
- Adiabatische Prozesse, Adiabatengleichung, Carnotscher Kreisprozess
- Begriff des Freiheitsgrades, Gleichverteilungssatz
- Schwingungslehre

IV Aufgaben, die zum Versuchstag vorbereitet werden sollen

1. Leiten Sie Gleichung (5) her.
2. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen c_p und c_v .
3. Schätzen sie die spezifische Wärme c_v der drei Gase anhand des Gleichverteilungssatzes und den Freiheitsgraden ab.

V Versuchsbeschreibung und -durchführung

Eine Stahlkugel passt genau in ein Glasrohr hinein, das auf einer Seite mit einem großen Vorratsvolumen abgeschlossen ist. Eine Prinzipskizze der Anordnung zeigt die Abbildung 1.

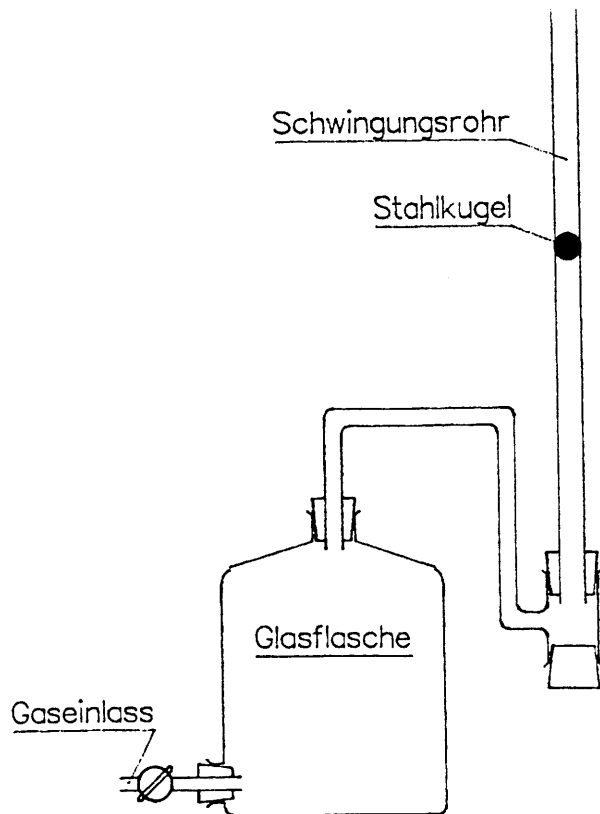


Abb.1: Apparativer Aufbau.

Die Apparatur wird **etwa 1 min** mit dem zu untersuchenden **Gas gespült**. Anschließend wird der Gaseinlass geschlossen und die Kugel in das Rohr fallen gelassen. Die Kugel führt auf dem Gaspolster harmonische, aber reibungsgedämpfte Schwingungen aus, wobei die Dauer von fünf Schwingungen mit der ausliegenden Stoppuhr bestimmt wird.

Jede Messung ist fünfmal zu wiederholen, vor jeder Messung wird das Rohr mit einem Mikrofasertuch gereinigt. Die Kugel sollte nur mit diesem Tuch angefasst werden. Sollte die Kugel stecken bleiben, ist das Rohr nochmals gründlich zu reinigen.

Wichtig:

Wenn sich die Kugel im Rohr befindet, darf kein Druck auf die Vorratsflasche gegeben werden.

Vorsicht: Wenn die Kugel oben herausspringt, fällt sie gerade nach unten zurück und zerstört das Präzisionsrohr (Murphys Gesetz).

Die Gasbefüllung soll langsam erfolgen, da durch das Vermeiden turbulenter Strömungen im Vorratsbehälter ein schnellerer Gasaustausch stattfindet.

VI Auswertung

a) Auswertung während des Versuchstages

1. Bestimmen Sie über Gleichung 5 die Poissonsche Konstante κ für die Gase Ar, O₂, und CO₂.

b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Berechnen Sie die molaren Wärmekapazitäten c_p und c_v für die angegebenen Gase aus den Messwerten.
2. Berechnen Sie die molaren Wärmekapazitäten c_p und c_v für das jeweilige Molekül aus dessen Freiheitsgraden und vergleichen Sie Theorie und Messung.

VII Materialien

1. Durchmesser des Präzisionsrohres: $d = 16 \text{ mm}$
2. Volumen der Glasflasche: $V = 9,74 \text{ l}$ (einschließlich des Verbindungsrohres)
3. Masse der Kugel: $m = 16,6 \text{ g}$
4. Schätzen Sie die Fehler zu diesen Angaben sinnvoll ab, und beachten Sie evt. abweichende Angaben an der Apparatur!
5. Literatur: Rüchardt, Phys.Zeitschrift 30, 1929, S. 58-59
6. Verwendete Chemikalien

Argon, 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

Sauerstoff

Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H270: Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.

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

Vorsichtsmaßnahmen

P220: Von Kleidung/brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P410 + P403: Vor Sonnenbestrahlung geschützt an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Versuch TG2

Messprotokoll

„ C_p/C_v “

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

O₂	CO₂	Ar
m_{Kugel} =	m_{Kugel} =	m_{Kugel} =
d_{Kugel} =	d_{Kugel} =	d_{Kugel} =
A_{Rohr} =	A_{Rohr} =	A_{Rohr} =
V_{Gas} =	V_{Gas} =	V_{Gas} =
P =	P =	P =
t [s]	t [s]	t [s]
\bar{t} [s] =	\bar{t} [s] =	\bar{t} [s] =
K_{O₂} =	K_{CO₂} =	K_{Ar} =