

W2 Bestimmung des Adiabatenexponenten κ

Fragen: Kinetische Gastheorie. Erster Hauptsatz der Thermodynamik. Zustandsgleichung von Gasen. Spezifische Wärmekapazität. Adiabatische Vorgänge, Zustandsänderungen von Gasen, Temperatur von Gasen, Unterschied zwischen C_p und C_v , harmonische Schwingung.

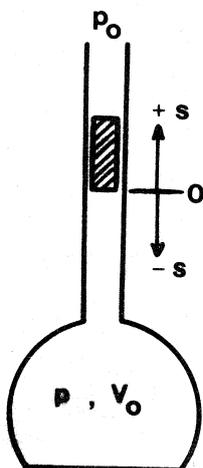


Abb. 1. Zylindrischer Körper in Glasrohr mit Kolben.

Aufgabe: Durch Messung der Schwingungsdauer eines auf einem Gaspolster ungedämpft schwingenden Oszillators ist das Verhältnis der spezifischen Wärmen $\kappa=C_p/C_v$ von Ar und N_2 zu bestimmen (abgewandelter Versuch von RÜCHARDT).

Grundlagen und Versuchsbeschreibung: In diesem Experiment schwingt ein zylindrischer Körper in einem Präzisionsglasrohr, das auf einen Kolben aufgesetzt ist (s. Abb. 1). Im Gleichgewicht gilt für den Körper

$$p=p_0+mg/A. \quad (1)$$

Hierbei sind p : Druck im Kolben, p_0 : äußerer Luftdruck, m : Masse des Körpers, A : Stirnfläche des Körpers. Wird nun der Körper um eine Strecke s aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt, so führt er in dem Glasrohr (zunächst idealerweise als ungedämpft angenommene) Schwingungen aus. Durch die Schwingung variiert das Gasvolumen V_0 um

$$\Delta V=As. \quad (2)$$

Die damit verbundene Druckänderung Δp bewirkt die rücktreibende Kraft $F=A\Delta p$, so dass schließlich folgt

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = A\Delta p \quad (3)$$

Den Zusammenhang zwischen ΔV und Δp erhält man über das totale Differential der adiabatischen Zustandsgleichung $pV^\kappa=\text{konstant}$

$$\kappa V^{\kappa-1} p dV + V^\kappa dp = 0 \quad (4)$$

Durch Umstellen erhält man für $V=V_0$

$$\Delta p = -p \kappa \frac{\Delta V}{V_0}. \quad (5)$$

Einsetzen von (5) in (3) ergibt nach dem Umstellen die Schwingungsgleichung

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + \frac{\kappa p A^2}{m V_0} s = 0 \quad (6)$$

mit einer periodischen Lösung mit der Eigenfrequenz

$$\omega_0^2 = \frac{\kappa p A^2}{m V_0} \quad (7)$$

und für κ schließlich

$$\kappa = \frac{\omega_0^2 m \cdot V_0}{p \cdot A^2}, \quad (8)$$

mit $\omega_0=2\pi/T_0$.

Für den Druck wird hier der äußere Luftdruck p_0 eingesetzt, natürlich korrigiert um den zusätzlichen Anteil des schwingenden Körpers mit der Masse m :

$$p = p_0 + \frac{mg}{A} \quad (9)$$

Durch Gasverluste und Reibung entstehen jedoch tatsächlich gedämpfte Schwingungen. Um nun ungedämpfte Schwingungen zu erhalten, wird dem System kontinuierlich Gas zugeführt. In halber Höhe des Rohres befindet sich eine kleine Öffnung, durch die das Gas entweichen kann. Am Anfang des Experiments befindet sich der Körper unterhalb der Öffnung. Steigt der Gasdruck im Kolben langsam an, so wird der Körper angehoben. Befindet er sich oberhalb der Öffnung, so fällt der Gasdruck langsam, und der Körper sinkt nach unten, so dass sich der Vorgang wiederholen kann. Bei richtig eingestelltem Gasstrom ist die Amplitude der Schwingung ober- und unterhalb der Öffnung gleich; es ergeben sich ungedämpfte, harmonische Schwingungen. Die in den Grundlagen angegebene Gleichgewichtslage ist mit der Lage der Öffnung identisch, da der Körper in beiden Fällen symmetrisch um diesen Punkt schwingt. Wegen der schnellen Kompression und Expansion kann der Vorgang als adiabatisch angesehen werden.

Versuchsdurchführung: Zur Messung ist für das entsprechende Gas ein feiner Gasstrom so einzustellen, dass der Schwinger symmetrisch um die Öffnung im Glasrohr schwingt.

Die blauen Kontrollringe dienen zur Einstellung einer symmetrischen Schwingung. Für 200 Schwingungen ist die Zeit zu messen. Diese Messung wird für jedes Gas 10 Mal durchgeführt. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass sich die Amplitude während der Messung nicht wesentlich ändert.

Auswertung: Aus den für 200 Schwingungen gemessenen Zeiten ist die gemittelte Schwingungsdauer T_0 und daraus κ mit seinem Vertrauensbereich zu bestimmen. Vergleichen Sie mit Literaturwerten.

Das **Einstellen des Gasstromes** geschieht auf folgende Weise (s. Abb.2):

Die Gasflaschen befinden sich im Gebäude außerhalb des Praktikums. Die Zuleitungen im Raum stehen ständig unter Druck.

1. Hauptventil vor dem Gasregler öffnen. Ein Druck von ca. 0,4 bar ist mit dem Regler RI voreingestellt (nicht verstellen!).
2. Nadelventil RII langsam öffnen, bis der Schwinger symmetrisch um die Öffnung schwingt. Bei Änderung der Amplitude ist der Gasstrom nachzuregeln.

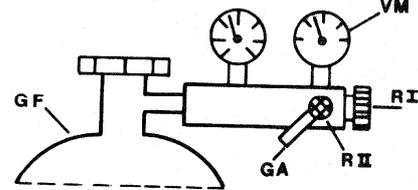


Abb. 2. GF: Gasflasche, VM: Vordruckmanometer, RI: Feinstregler (ist voreingestellt!), RII: Regler ist gegen den Uhrzeigersinn zu öffnen, GA: Gasauslass.

Literatur. [Wa], [De], [Ti]

Version 07-2009