

Messung von C_p/C_v von Gasen mit ungedämpften Schwingungen

A. FLAMMERSFELD

II. Physikalisches Institut der Universität Göttingen

(Z. Naturforsch. 27 a, 540—541 [1972]; eingegangen am 28. Januar 1972)

Measurement of C_p/C_v of Gases with Steady Oscillations

For the determination of C_p/C_v by the method of Rüchardt a new apparatus is described which produces undamped oscillations.

RÜCHARDT¹ hat eine Versuchsanordnung zur Messung von C_p/C_v angegeben, die seitdem viel als Praktikumversuch verwendet wird: Ein großer Glaskolben ist mit einem lotrecht eingesetzten Präzisionsglasrohr versehen, in dem eine Stahlkugel Schwingungen ausführen kann. Aus der Schwingungsdauer kann C_p/C_v der Gasfüllung errechnet werden.

Ein Nachteil der Methode ist es, daß wegen der unvermeidlichen Reibung der Kugel im Glasrohr nur etwa 10 Schwingungen zu verfolgen sind, was die Genauigkeit begrenzt, und daß die rostanfälligen Kugeln schwer sauber zu halten sind.

HAFNER und DUTHIE² haben eine verbesserte Anordnung angegeben, die ungedämpfte Schwingungen ergibt. Statt des Präzisionsglasrohres wird ein gewöhnliches Glasrohr verwendet, das von unten nach oben seinen Innendurchmesser um einige Zehntel mm vergrößert. Ein solches Stück Glasrohr läßt sich aus einem Vorrat mit einiger Mühe finden. Bläst man einen schwachen Gasstrom in den Glaskolben, so führt eine Stahlkugel in dem Glasrohr ungedämpfte Schwingungen aus, die genauer zu messen sind.

Im folgenden soll über einen verbesserten Apparat berichtet werden, der leichter herstellbar und weniger störanfällig ist und auch mit kleinen Glaskolben präzise Werte liefert, so daß auch andere Gase als Luft schnell und sparsam studiert werden können. Außerdem ist der energieliefernde Vorgang, der die ungedämpfte Schwingung aufrechterhält, leichter ersichtlich und dazu einstellbar.

Ein Glaskolben von z. B. 2 Liter Inhalt trägt, mit einem kurzen Schlauchstück angesetzt, lotrecht ein Präzisionsglasrohr³ von z. B. $14,00 \pm 0,01$ mm Innendurchmesser und 170 mm Länge. Dieses Glasrohr ist bei seiner halben Länge mit einer kleinen Diamantsäge⁴ mit einem schrägen Schnitt angesägt, so daß ein Loch von etwa $0,5 \cdot 1,5$ mm² entstanden ist. Eine kleine federnde Rohrschelle gestattet es, dieses Loch teilweise zu bedecken und damit die wirksame Lochgröße zu variieren.

Am Glaskolben befindet sich seitwärts noch ein weiterer Rohransatz, durch den über ein Drosselventil ein schwacher Gasstrom zugeführt wird. Als Schwingkörper wird ein auf der Drehbank hergestellter Zylinder verwendet, dessen Durchmesser auszuprobieren ist, und der kolbenringartig mit Rillen versehen ist; diese die-

Sonderdruckanforderungen an Prof. Dr. A. FLAMMERSFELD, II. Physikalisches Institut der Universität Göttingen, D-3400 Göttingen, Bunsenstraße 7—9.

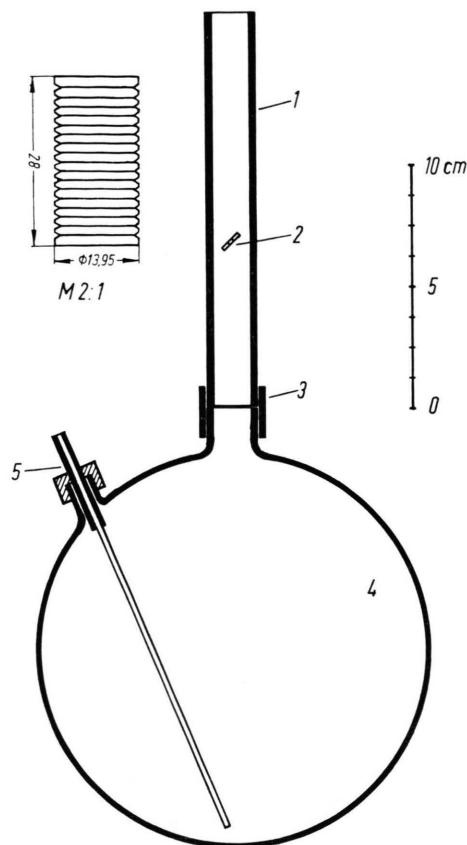


Abb. 1. Aufbau des Apparates. 1 Präzisionsglasrohr, 2 Luftloch, 3 Schlauchverbindung, 4 Glaskolben, 5 Gaszufuhr mit Drosselstelle. Darüber: Schwingkörper vergrößert.

nen zum Druckausgleich längs des Umfangs (Abb. 1).

Befindet sich dieser Schwingkörper gut passend, aber leicht beweglich, im Präzisionsglasrohr, so kann er ungedämpfte Schwingungen ausführen, wenn er dabei periodisch das Loch passiert: Das Gasvolumen und damit der Druck variiert mit dem Ort des Schwingkörpers. So entsteht die rücktreibende Kraft. Wegen der schwachen ständigen Gaszufuhr kommt zu dieser periodischen Druckänderung noch eine schwächere Komponente hinzu: befindet sich der Schwingkörper unterhalb des Loches, so steigt der Gasdruck mit der Zeit langsam an, befindet er sich oberhalb des Loches, so sinkt der Gasdruck langsam ab. Bewegt sich nun der Schwingkörper im ersten Viertel der Periode unterhalb des Loches nach unten, so ist der Gasdruck im zweiten Viertel der Periode bei der Aufwärtsbewegung stets etwas größer als in dem ersten Viertel. Ähnliches gilt für das dritte und vierte Viertel der Periode oberhalb des Loches; dem Schwingkörper wird ständig Energie zugeführt, die die Reibungsverluste kompensiert. Je nach Gaszufuhr und Lochgröße kann so die Amplitude in weiten Grenzen eingestellt werden.

Es sei m_1 die Masse des Schwingkörpers, D sein Durchmesser, V das Volumen des Glaskolbens einschl.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

des Rohrstückes bis zum Loch, b der äußere Luftdruck, g die Erdbeschleunigung und p der Druck des Gases in der Apparatur. Der Schwingkörper befände sich in der Gleichgewichtslage, wenn

$$p = b + 4 m_1 g / \pi D^2.$$

Schwingt der Schwingkörper um die Strecke x über die Gleichgewichtslage hinaus, wobei p sich um Δp ändert, so gilt

$$m_1 d^2x/dt^2 = \frac{1}{4} \pi D^2 \Delta p.$$

Der Vorgang ist adiabatisch, und aus $p \cdot V^\kappa = \text{const}$ folgt

$$\Delta p = -\kappa p \Delta V / V = -\frac{\kappa p \pi D^2}{4 V} \cdot x,$$

also

$$m_1 \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\kappa p \pi^2 D^4}{16 V} \cdot x = 0.$$

Für die Kreisfrequenz ω dieser Schwingung gilt

$$\omega^2 = \frac{4 \pi^2}{T^2} = \frac{\kappa p \pi^2 D^4}{16 V m_1}.$$

Da leicht tausend Schwingungen gemessen werden können, muß noch eine Korrektur berücksichtigt werden, um die Genauigkeit voll auszunutzen. Die Gasmasse m_2 in dem Präzisionsglasrohr macht die Beschleunigungen des Schwingkörpers mit, an die Stelle von m_1 ist also zu setzen:

$$m = m_1 + m_2.$$

Damit wird

$$\kappa = 64 m V / D^4 p T^2.$$

Bei einem von mehreren Geräten, die 1 Jahr einwandfrei im Praktikum arbeiteten, waren z. B.:

$$V = 2185 \text{ cm}^3; \quad m_1 = 5,548 \text{ g}; \quad m_2 = 0,031 \text{ g}; \\ D = 13,93 \text{ mm}.$$

Die Bestimmung der Schwingungsdauer wurde mit einer Lichtschranke vorgenommen und ergab bei Zählung von etwa 4000 Schwingungen je Meßpunkt:

$$\begin{aligned} \text{Luft:} \quad T &= (385,35 \pm 0,05) \text{ ms}, \quad \kappa = 1,404 \pm 0,002, \\ \text{Argon:} \quad T &= (352,86 \pm 0,05) \text{ ms}, \quad \kappa = 1,659 \pm 0,002, \\ \text{CO}_2: \quad T &= (400,70 \pm 0,05) \text{ ms}, \quad \kappa = 1,300 \pm 0,002. \end{aligned}$$

Verwendet wurden Preßluft und technische Gase aus Stahlflaschen. Einige technische Einzelheiten seien noch erwähnt. Für gutes Funktionieren muß die Drosselstelle möglichst nahe am Glaskolben sein, und zum guten Durchspülen beim Gaswechsel wird der Gasstrom zweckmäßig bis zum Kolbenboden geleitet. Das Präzisionsglasrohr kann natürlich auch länger gewählt werden, z. B. 500 mm. Dann wird der Apparat für Praktikumszwecke ansehnlicher, aber die Meßwerte für κ werden dann um bis zu 0,5% kleiner, vermutlich wegen schlechter Adiabasie des Gases im Rohr selbst.

Als Material für den Schwingkörper hat sich nur PVC (Polyvinylchlorid) bewährt, alle anderen Materialien zeigten nach einigen 100 Schwingungen starke elektrische Aufladungen. Ferner war es nötig, das Präzisionsglasrohr mit 3-proz. Calciumchlorid-Lösung antistatisch vorzubehandeln und auch den PVC-Schwingkörper durch Einreiben mit Galvanographit oberflächlich zu graphitieren und damit elektrisch leitend zu machen.

¹ E. RÜCHARDT, Physik. Z. **30**, 58 [1929].

² E. M. HAFNER u. J. G. DUTHIE, Amer. J. Phys. **32**, No. 9 [1964].

³ „Kalibrierte Rohre“, Schott u. Gen., Mainz.

⁴ Zahntechnischer Bedarf.

Diffusion of Tracer Indium in Liquid Gallium

P.-E. ERIKSSON, H. G. OLSSON, and S. J. LARSSON

Physics Department, Chalmers University of Technology
Gothenburg, Sweden

(Z. Naturforsch. **27 a**, 541–542 [1972]; received 20 December 1971)

Impurity diffusion of ^{115}In in liquid Ga has been investigated between 73° and 266 °C by a method earlier used for Ga self-diffusion. The results can be expressed by

$$D = 1.51 \cdot 10^{-3} \exp\{-1.32/RT\} \text{ (cm}^2\text{/sec)}.$$

The effective activation energy is only about 70% of that of self-diffusion. At the melting point of gallium the impurity- and self-diffusivity are about equal, but at the upper end of the range the tracer diffuses by about 40% slower than the host. The results can be reconciled with electrostatic screening arguments.

Reprint requests to Dr. A. LODDING, Physics Department, Chalmers University of Technology, S-40 220 Göteborg, Sweden.

We have utilized the main features of a method developed by LARSSON et al.^{1,2} in an investigation of the diffusion of ^{115}In in liquid Ga. The method when earlier applied to Ga self-diffusion¹ was “non-destructive”; the radioactive profile was studied by moving the metal column across a collimator slit. In the present case, in order to reduce the radioactivity required, the column was sectioned before counting. A correction for cooling contraction had to be made³. It had been demonstrated by test experiments on Ga self-diffusion⁴ that the reproducibility of the sectioning method is of the order of 6%, as compared to about 2% of the “non-destructive” method. In all other respects the present experimental procedure was identical with that described in Ref. ¹.

The results are plotted in Fig. 1 in an Arrhenius representation and compared with the self-diffusion results of Ref. ¹. A least squares treatment of the experimental points yields

$$D = 1.51 \cdot 10^{-3} \exp\{-(1.32 \pm 0.07)/RT\} \text{ (cm}^2\text{/sec)}$$