

Aufgabe:

Bestimmen Sie mit dem JOLLYschen Gasthermometer den Spannungskoeffizienten α für Luft. Ermitteln Sie daraus die Celsius-temperatur des absoluten Nullpunktes.

Achtung:

Schieben Sie das Rohr R_2 nach dem Durchführen des Versuchs unbedingt bis zum Anschlag hinab, da sonst Quecksilber in das sich abkühlende Gefäß fließt.

Grundlagen:

Die Temperaturmessung mit dem Gasthermometer beruht auf der thermischen Zustandsgleichung:

$$p = f(V, T) \quad (1)$$

wobei p der Gasdruck, T die absolute Temperatur (in Kelvin) und V das Volumen ist. Aus Gleichung (1) ergeben sich zwei Messprinzipien für die Temperatur:

1. Druckmessung bei konstantem Volumen
2. Volumenmessung bei konstantem Druck

Das Gasthermometer wird fast ausschließlich nach dem ersten Prinzip angewendet. Das Füllgas und der Gasdruck wird entsprechend dem geforderten Temperaturbereich gewählt. So wählt man Helium für niedere Temperaturen, Wasserstoff für mittlere und Stickstoff für hohe Temperaturen (bis etwa 1600°C).

Bei konstantem Volumen V wächst der Druck p eines idealen Gases proportional mit der Temperatur:

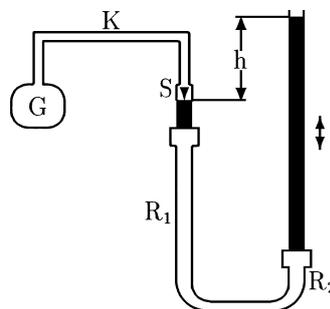
$$p = p_0 \cdot (1 + \alpha t) \quad (2)$$

Die Konstante α wird Spannungskoeffizient genannt und ist numerisch gleich dem Raumausdehnungskoeffizient des Gases. p_0 ist der Druck bei 0°C .

Gleichung (2) erweist sich als zweckmäßige Definition der Temperatur und der Temperaturskala. Aus ihr folgt, dass der Gasdruck p bei einer Temperatur von

$$t = -1/\alpha \quad (3)$$

verschwindet. Diese Temperatur wird **absoluter Nullpunkt** genannt.



Das aufgebaute Gasthermometer besteht aus einem mit getrockneter Luft gefüllten Gefäß G , das über eine Kapillare K mit einem Quecksilbermanometer verbunden ist. Das Manometer hat zwei Schenkel R_1 und R_2 . R_2 lässt sich vertikal verschieben, damit die Quecksilberkuppe in R_1 immer auf die Marke S (Glasspitze) eingestellt werden kann. Dadurch ist gewährleistet, dass das Volumen V immer konstant ist. Der Spiegelmaßstab gestattet den Höhenunterschied der Quecksilberkuppen parallaxefrei abzulesen. Das Gefäß G wird in ein Temperaturbad getaucht.

Der Druck des in G eingeschlossenen Gases (Luft) wird am Gefrierpunkt und am Siedepunkt t_s des Wassers gemessen. Somit folgt aus Gleichung (2):

$$\alpha_1 = \frac{p_{t_s} - p_0}{p_0 \cdot t_s} \quad (4)$$

Beachten sie, dass t_s vom barometrischen Druck abhängt.

Der aus Gleichung (4) bestimmte Wert für α ist nicht exakt. Folgendes wurde bisher nicht beachtet:

- (a) die thermische Ausdehnung des Gefäßes G;
- (b) das verwendete Gas (Luft) ist kein ideales Gas;
- (c) elastische Volumenänderung bei verschiedenen Drücken;
- (d) ein Teil des Gases (außerhalb von G) besitzt Raumtemperatur

Die Einflüsse (b), (c) und (d) sind bei diesem Versuch so klein, dass sie vernachlässigt werden können. Sie müssen jedoch den Einfluss (a) berücksichtigen, und erhalten somit den korrigierten Wert:

$$\alpha = \alpha_1 + \frac{p_{t_s}}{p_0} \cdot \gamma \quad (5)$$

γ ist der kubische Ausdehnungskoeffizient von Glas ($\gamma = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$).

Durchführung:

Schieben Sie das Becherglas von unten her so hoch wie möglich über das Kugelgefäß G. Füllen Sie dann das Becherglas so mit einem Gemisch aus fein zerstoßenem Eis und Wasser, dass die Kugel ganz bedeckt ist. Rühren Sie die Mischung vorsichtig durch. Nach circa fünfzehn Minuten hat die Luft in G die Temperatur von 0°C angenommen. Stellen Sie das Gasvolumen ein, indem Sie R_2 langsam so weit verschieben, dass die Quecksilberkuppe in R_1 die Spitze S gerade berührt. Aus der Höhendifferenz h der beiden Quecksilberkuppen können Sie den Druck p_0 bestimmen, unter dem die Luft in G steht.

Beachten Sie dabei, dass auf die Quecksilberkuppe in R_2 noch der äußere Luftdruck wirkt. Ein Präzisionsbarometer zur Messung des Luftdruckes hängt im Praktikumsraum.

Dann wird das Wasserbad auf Siedetemperatur gebracht. Dazu schalten Sie die Heizhaube stufenweise (mit etwa drei Minuten Abstand) auf die Stellungen I, II bzw. III. Achten Sie auch beim Heizen darauf, dass G immer ganz mit Wasser bedeckt ist! Bevor Sie p_{T_s} bestimmen, muss das Wasser einige Minuten lang sieden.

Die Siedetemperatur für den momentanen Barometerdruck lässt sich aus dem ausliegenden Diagramm entnehmen. Ermitteln Sie, um wieviel (Prozent) α von α_1 abweicht, um ein Gefühl für den Einfluss der Wärmeausdehnung zu bekommen.

Literatur:

Gerthsen-Kneser-Vogel, Physik, 16.Auflage, S.199 ff.

Walcher, Praktikum der Physik, 2.Auflage, S.111 ff.

Westphal, Physik, 25.und 26.Auflage, S.217 ff.

Westphal, Physikalisches Praktikum, 8.Auflage, S.122 ff.