

Es ist Sinn dieses Experimentes, durch Anschauung das Verständnis für Begriffe aus der Wärmelehre zu fördern. Experimentell kommt es vor allem darauf an, die notwendigen Versuchsbedingungen (z.B. 'adiabatisch' oder 'Gleichgewichtszustand') einzuhalten und notwendige Korrekturen zu erkennen und bei der Auswertung zu berücksichtigen (z.B. beim Gasthermometer).

Hinweis:

- 1) Die Glasgeräte, ganz besonders die Gasthermometer-Kapillare und die Dampfdruckapparatur, aber auch die Schwingungsröhre, sind sehr bruchempfindlich. Bitte sehr vorsichtig handhaben!
- 2) Nicht bei Feuchtigkeit in den eingeschalteten Heizpilz fassen. Keine perfekte Isolierung.
- 3) Der Versuch darf erst nach Erläuterungen durch den Betreuer begonnen werden.

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie mit dem Jollyschen Gasthermometer den Spannungskoeffizienten α für Luft, und berechnen Sie daraus die Celsius-temperatur des absoluten Nullpunkts.

Die Fehler durch thermische Ausdehnung und schädlichen Raum des Gasthermometers sind mit Hilfe einer weiteren Messung zu eliminieren. Wenn sich das Gasthermometer abkühlt, muß das bewegliche Manometerrohr bis zum Anschlag nach unten geschoben werden, da sonst Quecksilber in das Gefäß überfließt. Verwenden Sie destilliertes Wasser. Ein Diagramm 'Siedetemperatur des Wassers bei reduziertem Barometerstand' befindet sich am Arbeitsplatz. Vergessen Sie nicht, das Barometer abzulesen.

Anm: Zur Wartezeitüberbrückung können schon parallel Messungen zu den Aufgaben 2.1 und 2.2 ausgeführt werden.

- 2.1 Bestimmen Sie für Luft das Verhältnis der spezifischen Wärmen, $\kappa = c_p/c_v$, nach der Methode von Clément-Desormes.

Achtung: Nicht zu viel Überdruck erzeugen, da sonst bei der Expansion Flüssigkeit aus dem Manometer spritzt!

Skizzieren Sie den Prozeß im p-V-Diagramm. Ablesungen dürfen nur vorgenommen werden, wenn sich ein Gleichgewicht eingestellt hat. Bis zu ~10 Sekunden Wartezeit müssen eingehalten werden. Zum Erzeugen von Überdruck (Welcher Überdruck ist sinnvoll?) den Dreiwegehahn am Blasebalg in Stellung 'Vorn' bringen. Zur Messung den Hahn entsprechend drehen.

- 2.2 Überzeugen Sie sich durch einige Vergleichsmessungen mit verschieden schnellem Druckausgleich davon, daß bei der Messung in Aufgabe 2.1 die Entspannung ausreichend adiabatisch erfolgt.

- 3 Bestimmen Sie dasselbe Verhältnis $\kappa = c_p/c_v$, mit einer Schwingungsmethode (Sie können sich eine der beiden Möglichkeiten 3.1 oder 3.2 aussuchen)

- 3.1 Wenden Sie die Methode von Rüchardt an, indem Sie κ aus der Schwingungsdauer einer Stahlkugel, die im Glasrohr auf einem Luftpolster schwingt bestimmen.

Achtung: Das Glasrohr ist ein Präzisionsschwingungsrohr und sehr teuer! Gehen Sie sehr vorsichtig damit um. Die Qualität der Messung hängt sehr stark von folgenden Bedingungen ab:

- a) Das Glasrohr muß innen extrem sauber sein. (Kugel und Rohrinnefläche nicht mit den Fingern berühren!)
- b) Alle Stopfen müssen dicht schließen.
- c) Das Glasrohr muß recht gut senkrecht stehen. Das kann durch vorsichtiges Drehen des Stopfens gut erreicht werden.

d) Die Stahlkugel muß sehr sauber sein. Schon kleine Verunreinigungen führen zu starker Bremsung. Die Kugel deshalb vor jeder Messung mit fusselfreiem Tuch (kein Zellstoff) reinigen. (Bis zu 17 Schwingungen sind schon erreicht worden!)

Die Schwingungsdauer muß sorgfältig bestimmt werden. Sie geht quadratisch in das Ergebnis ein.

Das Luftvolumen unter der Kugel beträgt 10,58 Liter $\pm 0,3\%$.

3.2 Bestimmen Sie κ für zwei unterschiedliche Gase aus der Schwingungsdauer T eines Kolbens, der auf einem (kleinen) Gasvolumen V schwingt.

Messen Sie T für Volumina im Bereich von 30ml bis 80ml. Beginnen Sie mit Luft im Kolbenprober (zweiatomiges Gas). Der Kolben besteht aus Glas, also schlagen Sie ihn vorsichtig an. Achten Sie bei Volumenänderung darauf, dass die Pick-Up Spule mitverschoben wird. Zur Schwingungsmessung steht Ihnen ein Frequenzzähler Hameg-HM8021-4 zur Verfügung.

Wiederholen Sie die Messung mit dem Edelgas Argon.

Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit der Erwartung aus den Schwingungsfreiheitsgraden für die jeweilige Gasart.

4. Messen Sie die Dampfdruckkurve einer Flüssigkeit zwischen Zimmertemperatur und 0°. Berechnen Sie aus der Dampfdruckkurve die Verdampfungswärme der Flüssigkeit.

Achten Sie darauf, daß zu Beginn im Gefäß keine Flüssigkeit außerhalb des Temperaturbades niedergeschlagen ist. Das kugelförmige Gefäß muß immer kälter sein als die anderen Teile der Apparatur. Vor der Messung Gleichgewicht abwarten. Die Meßkurven müssen für fallende und für steigende Temperatur übereinstimmen. Die Verdampfungswärme kann aus der Dampfdruckkurve graphisch ermittelt werden (Clausius-Clapeyron-Gleichung mit $V_{\text{Flüss}} \ll V_{\text{Dampf}}$ und mit $pV = RT$, integriert).

Bei der Flüssigkeit handelt es sich um n-Hexan. Warmes Wasser bereiten Sie mit dem Gerät von Versuch 1. Verwenden Sie destilliertes Wasser.

Stichworte:

Ideales Gas und reales Gas, Zustandsgleichungen, Thermodynamische Definition der Temperatur, spezifische Wärmen c_p und c_v , Isotherme, Adiabate, Polytrope, Kreisprozeß, Gleichgewichtszustände zwischen verschiedenen Phasen, Dampfdruckkurve, Tripelpunkt, Clausius-Clapeyron-Gleichung.

Zubehör:

Jollysches Gasthermometer,

Kathetometer für die Ablesung,

Heizpilz (320 W),

Becherglas, Rührer,

2 Glasflaschen, 10 Liter,

U-Rohr-Manometer,

Blasebalg-Gummiball zur Überdruckerzeugung mit Dreiwegehahn,

Präzisionsglasrohr (60cm lang) mit gut passender Stahlkugel (16mm $\varnothing \pm 0,5\%$; 16,68g $\pm 0,1\%$),

Kolbenprober 100ml / Kolben- $\varnothing = 31,1(1)$ mm / m = 109,80(5) g (incl. Magnet)

Frequenzzähler Hameg-HM8021-4,

2 Liter-Wassergefäß,

Dampfdruckgefäß mit n-Hexan-Füllung und Hg-Manometer,

Thermometer 0-50 Grad Celsius,

Barometer im Versuchsraum.

Literatur:

Walcher: *Praktikum der Physik*

Krafft: GfK-Fortbildungskurs *Physikalische Grundlagen der Vakuumtechnik*

Pohl: *Mechanik, Akustik, Wärmelehre*

Gerthsen, Kneser, Vogel: *Physik*

Westphal: *Physikalisches Praktikum*

Falk: *Theoretische Physik*, Bd. IIa