

Physikpraktikum I - Gruppe III

Gasthermometer

KENN Michael, 8725258

20. Jänner 2010

Zusammenfassung

Im Rahmen des Physikpraktikums I WS09/10 wurde mit einem Jolly'schen Gasthermometer und dem Gesetz von Gay-Lussac der absolute Nullpunkt mit $-293\text{ }^{\circ}\text{C}$ geschätzt.

1 Einleitung und Zielsetzung

Ziel dieses Experimentes war es mit einem Jolly'schen Gasthermometer Stützpunkte für den isochoren Druckverlauf eines Gases zu bestimmen und daraus den Raumausdehnungskoeffizienten α des Gases zu bestimmen. Mit dem Gesetz von Gay-Lussac sollte im Weiteren der absolute Nullpunkt abgeschätzt werden, also jener Punkt, wo überhaupt kein Gasdruck mehr vorhanden ist.

2 Physikalische Grundlagen und Messmethoden

Die Grundlage für dieses Experiment bildet das Gesetz von Gay-Lussac nach dem ein linearer Zusammenhang zwischen Temperatur T (in $^{\circ}\text{C}$) und dem Druck $p(t)$ eines Gases besteht.

$$p(T) = p_0 (1 + \alpha T)$$

$p_0 = p(0)$ ist der Druck bei $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, T die Temperatur und α der isochore Spannungskoeffizient (=Raumausdehnungskoeffizient) des Gases in $^{\circ}\text{C}^{-1}$. Im

Versuch selbst können nur relative Drücke \tilde{p} bezüglich eines beliebig (zufällig) gewählten Bezugspunktes bestimmt werden. Zur Berechnung von α reicht es die Druckdifferenz zweier relativer Drücke $\tilde{p} = p + p_{corr.}$ bei den Temperaturen T_{max} und T_{min} zu kennen.

$$\alpha = \frac{1}{p_0} \cdot \frac{\tilde{p}(T_{max}) - \tilde{p}(T_{min})}{T_{max} - T_{min}}$$

Der Wert für p_0 ergibt sich aus der Messung des relativen Gasdrucks $\tilde{p}(T)$ bei Zimmertemperatur T , Messung des tatsächlichen aktuellen Luftdrucks b und anschließender Interpolation.

$$p_0 = b - (\tilde{p}(T) - \tilde{p}(T_{min})) - \frac{T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \cdot (\tilde{p}(T_{max}) - \tilde{p}(T_{min}))$$

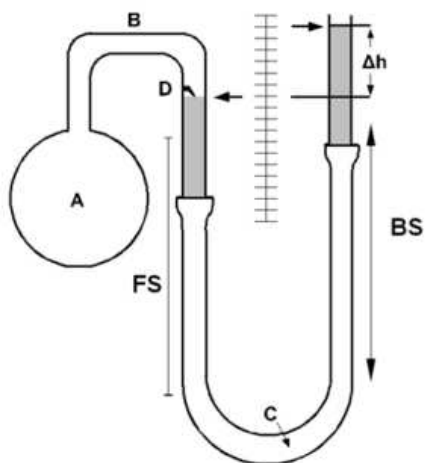
Im Falle von $T_{min} = 0^\circ\text{C}$ vereinfacht sich das zu

$$\alpha = \frac{\tilde{p}(T_{max}) - \tilde{p}(0)}{p_0 T_{max}}$$

$$p_0 = \tilde{p}(0) - \tilde{p}(T) + b$$

3 Experimenteller Aufbau

Die Versuchsanordnung wurde wie in der Angabe vorgeschlagen aufgebaut.



A	Rezipient
B	Kapillare
C	Quecksilber-Manometer
D	Dorn
FS	fixierter Schenkel
BD	beweglicher Schenkel

Der Dorn dient zur Ausrichtung des beweglichen Schenkels, d.h. zur Festlegung eines Referenzdrucks. Δh ist die Druckdifferenz zum Referenzdruck nach Temperaturänderung des Gases im Rezipienten A.

4 Messvorgang

Beim Messvorgang wurden die Hinweise der Angabe berücksichtigt. Insbesondere wurde darauf geachtet, dass das Quecksilber nicht überströmte und die Temperatur des Gases im Rezipienten niemals zu hoch wurde. Die Kühlung und Erwärmung des Gases im Rezipienten erfolgte jeweils durch Eintauchen in einen Wasserbehälter mit der entsprechenden Temperatur¹. Als Referenzpunkt bei Zimmertemperatur (25.7 °C) stand die Quecksilbersäule bei 28 mmHg. Es wurden folgende relativen Millimeter-Quecksilbersäulewerte gemessen:

Temperatur	relativer Druck
$T_{min} = 0.1\text{ °C}$	-33 mmHg
25.7 °C	28 mmHg
$T_{max} = 41.2\text{ °C}$	62 mmHg

5 Auswertung

Leider wurde beim Messvorgang verabsäumt den Luftdruck b zu messen, und dieser mußte deshalb mit Hilfe der barometrischen Höhenformel und anderen Korrekturwerten geschätzt werden:

$$b \approx \xi \cdot b_0 \cdot \exp\left(-\frac{h_{Phy}\rho_{Luft}g}{b_0}\right) \approx 98295 \text{ Pa}$$

Dabei bezeichnet $b_0 = 1.01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ den Luftdruck auf Meeresniveau, $h_{Phy} = 175 \text{ m}$ die Höhe der Lage des Versuchsortes, $\rho_{Luft} = 1.184 \text{ kgm}^{-3}$ die Dichte von Luft bei Zimmertemperatur von 25.7 °C, $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$ die Erdbeschleunigung und $\xi = 0.99$ einen Schlechtwetterfaktor da zur Zeit des Versuchs Tiefdruckwetter herrschte. Mit der üblichen Umrechnung von mmHg in Pa [2]

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mmHg} = \frac{101325}{760} \text{ Pa} \approx 133.322 \text{ Pa}$$

erhält man

$$\begin{aligned} p(T_{min} = 0.1\text{ °C}) &= 90187 \text{ Pa} \\ p(T_{max} = 41.2\text{ °C}) &= 102853 \text{ Pa} \end{aligned}$$

¹Ein erster Versuchsdurchgang scheiterte dran dass der Rezipient bei der Temperaturmessung nicht vollständig im Wasserbehälter versenkt wurde.

Interpolation ergibt

$$p_0 = p(0^\circ\text{C}) = 90156 \text{ Pa}$$

und damit

$$\alpha = \frac{1}{p_0} \cdot \frac{p(T_{max}) - p(T_{min})}{T_{max} - T_{min}} = 293^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Dies ergäbe einen berechneten absoluten Nullpunkt von -293°C , was nur 20°C neben dem tatsächlichen Wert von -273.15°C liegt.

6 Messgenauigkeit

Eine Abschätzung des Fehlers von α^{-1} erfolgt in zwei Schritten

$$\alpha^{-1} = \frac{p_0 \Delta T}{\Delta p}$$
$$\sigma_{\alpha^{-1}} = \alpha^{-1} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{p_0}}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta T}}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta p}}{\Delta p}\right)^2}$$

Da der Luftdruck b wegen der fehlenden Messung von vornherein mit einem Fehler von zumindest $\epsilon = 0.05$ behaftet ist fällt der mittlere Term nicht ins Gewicht. Der erste und der dritte Term können zusammengezogen werden, wobei zu berücksichtigen ist dass der dritte Term eine Differenz von Werten behandelt und deshalb der Beitrag unter der Wurzel zu verdoppeln ist. Es bleibt demnach

$$\sigma_{\alpha^{-1}} = \alpha^{-1} \epsilon \sqrt{3} = 25^\circ\text{C}$$

7 Schlussfolgerungen

Mit einem Jolly'schen Gasthermometer und dem Gesetz von Gay-Lussac kann der absolute Nullpunkt zumindest größenordnungsmässig gut geschätzt werden. Bei unserem Versuch wäre jedoch der exakte Luftdruck bei Versuchsdurchführung für eine genauere Abschätzungen erforderlich gewesen.

Literatur

- [1] Praktikum zur Einführung in die Physik I WS 2009/10
https://elearning.mat.univie.ac.at/physikwiki/index.php/LV005:LV-Uebersicht/WS09_10
- [2] Umrechnung mmHg (Torr) in Pa
<http://de.wikipedia.org/wiki/Torr>

Updated 15. Februar 2010