Vorbemerkung

Dies ist ein korrigierter Übungszettel aus dem Modul physik211.

Dieser Übungszettel wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physik211/ gefunden werden.

Sofern im Dokuments nichts anderes angegeben ist: Dieses Werk von Martin Ueding ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

[disclaimer]

physik210 Übung 1

Martin Ueding*
Gruppe 2

10. April 2012

Aufgabe 1a

isobar Der Druck ist konstant.

isochor Das Volumen ist konstant.

isotherm Die Temperatur ist konstant.

isotrop Richtungsunabhängigkeit.

Aufgabe 1b

Celsius	Kelvin	Fahrenheit	Réaumur
−273,15	0	−459,67	−218,52
0	273,15	32	0
100	373,15	212	80

Kelvin 0 K wurde als absoluter Nullpunkt gesetzt. Es wurde die gleiche Einteilung wie bei Celsius gewählt. So ~~sind~~ ist 273,16 K der Trippelpunkt des Wassers.

Fahrenheit Damals, noch bevor man mit D-Mark bezahlte, glaubte jemand den kältesten Winter gefunden zu haben und deklarierte es als 0°F. Die Temperatur des gesunden Menschen wurde als 100°F deklariert, leider hatte Fahrenheit an dem Tag Fieber.

Réaumur Wie Celsius am Wasser orientiert, Wasser schmilzt bei 0°Ré und siedet bei 80°Ré.

Aufgabe 2a

Die Gasmoleküle bewegen sich isotrop mit einer Mittelgeschwindigkeit v durch den Raum. Ein sechstel der Teilchen wird eine Geschwindigkeit direkt auf die Wand zu haben. In der Zeit $\mathrm{d}t$ werden $R_{St} = \frac{1}{6}\frac{nv}{\mathrm{d}t} = \frac{n}{6}v$ Teilchen pro Flächeneinheit gegen die Wand stoßen. Bei jedem Stoß werden sie $\Delta p = 2mv$ an die Wand übertragen. Somit ist der Druck auf die Wand

*mu@uni-bonn.de

$$p = R_{St} 2mv = \frac{1}{3} nmv^2.$$

Dies kann man auch durch die kinetische Energie ausdrücken:

$$p = \frac{2}{3} n E_{\text{kin}}.$$

Nach der Bolzmann-Verteilung gilt $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}k_B T$. So wird aus der obrigen Gleichung

$$p = nk_B T.$$

Ersetzt man nun die Teilchendichte n duch $\frac{N}{V}$, erhält man fast das Gesetz für ideale Gase. Man drückt die Teilchenzahl N noch in n mol aus und fasst Avogardo- und Bolzmannkonstante zu R zusammen:

$$pV = nRT.$$

Die drei Gesetze folgen dann direkt aus dem Gesetz für ideale Gase.

Boyle-Mariottesches Gesetz

$$\frac{P}{V} = \text{konstant}$$ P

2. Gesetz von Gay Lussac oder Gesetz von Amontons

$$\frac{V}{T} = \text{konstant}$$ V

(1)

1. Gesetz von Gay-Lussac oder Charlessches Gesetz

$$\frac{p}{T} = \text{konstant}$$ V

Es sollte jeder Historiograph einmal gesagt werden

Aufgabe 3a

Die Molekülgeschwindigkeit für Stickstoff ist:

$$\bar{v} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{2m_N}} \rightsquigarrow \bar{v} = \text{~~698 m/s~~} \quad 494 \text{ m/s}$$ ✓ (1)

Aufgabe 3b

Das N_2 Molekül hat drei Freiheitsgrade aus der Translation und zwei aus der Rotation. Da die Freiheitsgrade im Mittel gleich viel Energie enthalten, fällt auf die Rotation also $\frac{2}{5}$ der Energie.

Die Energie pro Freiheitsgrad ist $\bar{E} = \frac{1}{2}kT$. Somit gibt ist

$$\bar{E}_{\text{rot}} = kT \rightsquigarrow \bar{E}_{\text{rot}} = 3{,}77 \cdot 10^{-21}\,\text{J}.$$

Diese Rotationsenergie hängt mit der Rotationsgeschwindigkeit zusammen:

$$E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} 2 \underbrace{\frac{1}{2} m_N \left(\frac{1}{2} d_{N_2}\right)^2}_{I=\frac{1}{2}mr^2} \omega^2 = \frac{1}{16} m_N d_{N_2}^2 \omega^2$$

(2)

Dies forme ich nach ω um:

$$\omega = \pm \frac{4\sqrt{E_{\text{rot}}}}{d_{N_2}\sqrt{m_N}} \rightsquigarrow \omega = \text{2,3} \cdot 10^{10}\,1/\text{s} \quad 1{,}63 \cdot 10^{10}\,1/\text{s}$$

-2

Aufgabe 3c

Man darf annehmen, dass die Geschwindigkeiten isotrop verteilt sind. Man kann sich die Geschwindigkeiten so verteilt vorstellen, dass ein drittel der n Teilchen (pro Volumeneinheit) eine Komponente senkrecht zu der Oberfläche hat. Davon ist die Hälfte in die falsche Richtung, bleibt ein Sechstel. In einer Zeit $\mathrm{d}t$ erreichen die Teilchen, die nur $v\,\mathrm{d}t$ von der Oberfläche weg sind, die Oberfläche.

$$f = \frac{1}{6} \frac{nv\,\mathrm{d}t}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{6} nv$$

Dabei ist v die in der vorigen Aufgabe bestimmten Geschwindigkeit. Das n ist die Teilchendichte. Zusammen mit

$$pV = NRT \Leftrightarrow p = nRT$$

ergibt sich:

$$f = \frac{1}{6} \frac{p}{RT} \rightsquigarrow f = \frac{1}{6} \frac{1{,}013 \cdot 10^5\,\text{Pa}}{8{,}312\,\text{J/K·mol} \cdot 273{,}15\,\text{K}} = 7{,}44\,\text{mol/s}. \quad \text{für } 1\,\text{m}^2$$

$7{,}44 \cdot 10^{-4}$ mol/s für $1\,\text{cm}^2$

(1)

-2