Vorbemerkung

Dies ist ein abgegebener Übungszettel aus dem Modul physik211.

Dieser Übungszettel wurde nicht korrigiert. Es handelt sich lediglich um meine Abgabe und keine Musterlösung.

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
Tutor: Tobias Guttenberger

11. 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 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

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

Dies kann man auch durch die kinetische Energie ausdrücken:

*mu@uni-bonn.de

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

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

$$p = n k_B T.$$

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

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

2. Gesetz von Gay Lussac oder Gesetz von Amontons

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

1. Gesetz von Gay-Lussac oder Charlessches Gesetz

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

Aufgabe 3a

Die Molekülgeschwindigkeit für Stickstoff ist:

$$\bar{v} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{2} m_N} \rightsquigarrow \bar{v} = 494\,\text{m/s}$$

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:

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

Dies forme ich nach ω um:

$$\omega = \pm\frac{4\sqrt{E_{\text{rot}}}}{d_{N_2}\sqrt{m}} \rightsquigarrow \omega = 2.3 \cdot 10^{10}\,{}^{1}\!/_{\text{s}}$$

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:

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