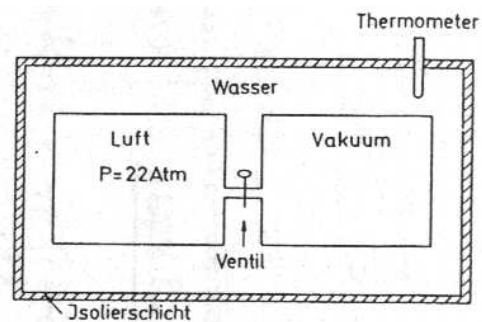


10. Übungsblatt – Theoretische Physik IV – Statistik/Thermodynamik

Abgabe: Mittwoch 16.01.2008 bis 15:00 in den Briefkasten (Altbau)

Aufgabe 23 (5 Punkte): Gay-Lussac-Prozess

Ein Gas mit der Zustandsgleichung $p = p(V, T)$ befinde sich zunächst in einem Behälter (siehe Skizze). Nach Öffnen des Ventils strömt das Gas in das Vakuum des rechten Behälters. Das Gesamtvolumen sei isoliert.



Warum bleibt bei diesem Prozess U konstant? Die Änderung der Temperatur wird demnach durch den Gay-Lussac-Koeffizienten $\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_U$ bestimmt.

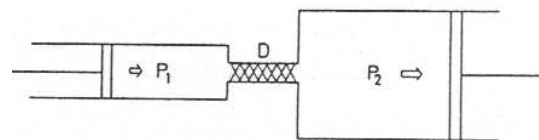
Zeigen Sie :

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_U = \frac{T}{C_V} \left[\frac{p}{T} - \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \right]$$

Man diskutiere den Gay-Lussac-Koeffizienten für das ideale Gas und das van-der-Waalsche Gas.

Aufgabe 24 (5 Punkte): Joule-Thomson-Prozess

Ein Zylinder wird durch eine Druckdrossel D in zwei Teilzylinder geteilt. Auf den beiden Seiten befinden sich Kolben, die Druck aufnehmen oder ausüben können (siehe Skizze), so dass beide Teilzylinder an ein Druckbad gekoppelt sind. Eine bestimmte Gasmenge werde durch D gepresst. p_1 und p_2 seien die Drücke vor und hinter der Öffnung, V_1 und V_2 die entsprechenden Volumina. Zu Beginn des Prozesses sei $V_2 = 0$ und $V_1 = V$, am Ende $V_1 = 0$ und $V_2 = V$. Bei dem Prozess entspannt sich das Gas unter Wärmeisolation von dem Druck p_1 auf p_2 .



(a) Begründen Sie, warum die Enthalpie H konstant bleibt.

(b) Die Änderung der Temperatur wird daher durch den Joule-Thomson-Koeffizienten $\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H$ bestimmt. Zeigen Sie:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H = \frac{T}{C_p} \left[\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p - \frac{V}{T} \right], \quad \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S > \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H$$

Aufgabe 25 : Bitte Rückseite beachten! →

Aufgabe 25 (10 Punkte): *Adiabatische Entmagnetisierung eines Paramagneten*

Betrachten Sie einen Paramagneten ohne Volumeneffekte, der bei der Temperatur T im Magnetfeld \underline{H} die Magnetisierung $\underline{M}(T, \underline{H})$ erfährt. Außerdem sei die Wärmekapazität ohne Magnetfeld bekannt:

$$\begin{aligned}\underline{M}(T, \underline{H}) &= \frac{T_C}{T} \underline{H} \quad (T_C > 0) \\ c_{\underline{H}}(T, \underline{H} = \underline{0}) &= \gamma T \quad (\gamma > 0).\end{aligned}$$

(a) Berechnen Sie ausgehend vom Differenzial

$$du = T ds + H_x dM_x + H_y dM_y + H_z dM_z$$

die innere Energie $u(T, \underline{H})$, die Wärmekapazität $c_{\underline{H}}(T, \underline{H})$, die Entropie $s(T, \underline{H})$ und die freie Energie $f(T, \underline{H})$ (alle Größen pro Volumeneinheit).

Hinweis: Hilfreich ist die Maxwellrelation, die man aus der freien Enthalpie $g(T, \underline{H}) = u - \underline{H} \cdot \underline{M} - Ts$ bekommt.

(b) Um den Paramagneten abzukühlen, soll er zunächst von $(T_1, \underline{H}_1 = \underline{0})$ isotherm nach (T_1, \underline{H}_2) magnetisiert werden, um anschließend adiabatisch nach $(T_2, \underline{H}_1 = \underline{0})$ entmagnetisiert zu werden.

Berechnen Sie die Wärmeübergänge und Temperaturänderungen bei den beiden Prozessen.

Vorlesung

- Dienstag 10:15 Uhr – 11:45 Uhr im PN 203
- Donnerstag 8:30 – 10:00 im PN 203

Klausur: Donnerstag den 07.02.2008 von 09:00 – 11:00 Uhr im EW 201

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in Dreiergruppen).
- Bestandene Klausur.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.

Sprechzeiten:

- Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD: Mittwoch: 14.30-15.30 im PN 735
- Dr. Kathy Lüdge: Donnerstag, 14–15 Uhr im PN 741, Tel: 23002
- Dipl.-Phys. Stefan Fruhner: Dienstag, 14–15 Uhr im EW 627/628, Tel: 27681
- Dipl.-Phys. Hartmut Lentz: Montag, 14–15 Uhr im EW 627/628, Tel: 27681

Tutorien:

- Mo 10:15-11:45 EW 731 Hartmut Lentz
- Di 8:30-10:00 EW 731 Hartmut Lentz
- Di 12:15-13:45 EW 229 Kathy Lüdge
- Mi 10:15-11:45 EW 184 Stefan Fruhner