Arnold-Sommerfeld-Zentrum
Departement für Physik
Ludwig-Maximilian-Universität München

30. 11. 2005

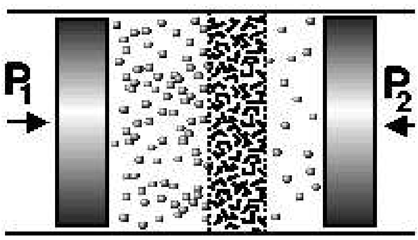
TL IV: Thermodynamik für Lehramt im WS 2005/2006

Prof. Dr. Th. Franosch

Übungsblatt 7

Übung 1: Joule-Thompson Effekt

Ein Gas strömt adiabatisch und irreversibel durch eine poröse Wand von 1 nach 2, wobei $p_1,\ p_2$ konstant gehalten werden (siehe Skizze). Es findet kein Temperaturausgleich zwischen beiden Teilen statt, welche jeweils für sich betrachtet im thermischen Gleichgewicht sein sollen.



Zeigen Sie, daß dabei die Enthalpie $H = U + pV$ konstant bleibt: Wenn also eine gewisse Anzahl von Teilchen im Teilvolumen 1 durch die Größen U_1, p_1, T_1, N usw. beschrieben wird und von 1 nach 2 strömt, so sind die neuen Zustandsvariablen mit den alten über $U_1 + p_1V_1 = U_2 + p_2V_2$ verknüpft.
Berechnen Sie $\gamma := \frac{\partial T}{\partial p}\big|_H$, also die Temperaturänderung, welche sich bei einer infinitesimalen Druckdifferenz ergibt.
Für welches Vorzeichen von γ kühlt sich das Gas bei Expansion ($p_2 < p_1, V_2 > V_1$) ab?
Was passiert für ein ideales Gas?

Resultat: $\gamma = C_p^{-1}\big[T\frac{\partial V}{\partial T}\big|_p - V\big]$

Übung 2

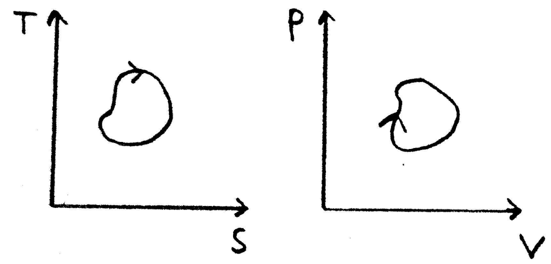
Eine Substanz (Fluidum) durchläuft quasistatisch einen Kreisprozeß, der im T-S-Diagramm bzw. p-V-Diagramm durch eine geschlossene Kurve dargestellt werden kann (siehe Skizze) (N=const.).

a) Welche physikalische Bedeutung haben die von diesen Kurven eingeschlossenen Flächen? Verwenden Sie den ersten Hauptsatz, um zu zeigen, daß die Funktionaldeterminante $\frac{\partial(TS)}{\partial(pV)}$ den Wert 1 hat.

b) Zeigen Sie, daß aus der Beziehung $\frac{\partial(TS)}{\partial(pV)} = 1$ die Maxwell-Relationen

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_S = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_p, \quad \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T, \quad \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T, \quad \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_S = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_V$$

folgen.



Übung 3

Ein Mol eines idealen Gases mit dem Druck p_1 und dem Volumen V_1 wird durch Ausströmen ins Vakuum adiabatisch auf das Volumen V_2 expandiert, wobei sich als neuer Druck p_2 einstellt. Nun wird das Gas bei festgehaltenem Druck p_2 auf das Volumen V_1 komprimiert. Schließlich wird es isochor von dem Zustand (p_2, V_1) nach (p_1, V_1) überführt. Bestimmen Sie den Druck p_2 und zeigen Sie, daß im Fall konstanter Molwärmen c_p und c_v aufgrund der Energiebilanz des Kreisprozesses (Mayer'scher Kreisprozeß) gilt:

$$c_p - c_v = R \tag{1}$$

(Die innere Energie eines idealen Gases hängt nicht vom Volumen ab.)