

**1. Tutorium**

für 18.03.2011

**1.1 Legendretransformation**

Gegeben sei folgende Entropie (Sackur-Tetrode-Gleichung):

$$S(E, V, N) = Nk_B \left\{ \ln \left[ \frac{V}{N} \left( \frac{4\pi mE}{3Nh^2} \right)^{\frac{3}{2}} \right] + \frac{5}{2} \right\}$$

- Benutze die Legendretransformation, um aus der Funktion  $E$  zu eliminieren und durch  $(\partial S/\partial E)_{V,N} = 1/T$  zu ersetzen.
- Berechne aus der angegebenen Entropie die (innere) Energie  $E(S, V, N)$  und die zugehörige freie Energie (Helmholtz-Energie)  $F(T, V, N)$ .  
(Freiwillig: Zeige für (a) und (b) explizit, dass eine nochmalige Transformation wieder auf die ursprüngliche Funktion führt.)

**1.2 Heißluftballon**

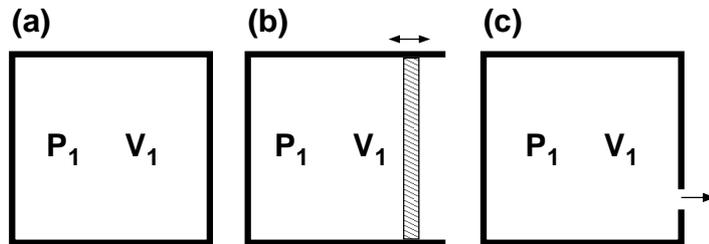
Ein Heißluftballon schwebt aufgrund des Auftriebs in der Luft, wenn heiße, leichte Luft in den Ballon gefüllt wird. Die umgebende Luft sei ein ideales Gas mit Temperatur  $T_0$  und Dichte  $\rho_0$ . Die Luft im Heißluftballon hat ein Volumen  $V$  bei Temperatur  $T$ . Welche Gesamtmasse  $m$  kann der Heißluftballon maximal tragen? (Die Gesamtmasse umfasst den Korb und die Hülle des Ballons; Volumen von Korb und Hülle können dabei vernachlässigt werden.)  
(Freiwillige Zusatzfrage: Der Heißluftballon sei unten offen. Befindet er sich im thermischen, chemischen, oder mechanischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung?)

**1.3 Wärmeverbrauch**

Berechne, wie viel Wärme  $\Delta Q$  gebraucht wird, wenn ein Zimmer unter folgenden 3 Bedingungen von der Temperatur  $T_1$  auf  $T_2$  erwärmt wird. Das Zimmer ist mit einem idealen Gas ( $PV = Nk_B T$  und  $E = (3/2)Nk_B T$ ) ausgefüllt. Berechne auch die Veränderung der inneren Energie  $\Delta E$  des Gases im Zimmer.

- Das Zimmer mit Volumen  $V_1$  hat starre und thermisch isolierende Wände. Am Anfang ist der Druck im Zimmer  $P_1$ .
- Das Zimmer hat thermisch isolierende Wände. Eine Wand ist beweglich, so dass der Druck im Zimmer konstant auf  $P_1$  gehalten wird. Am Anfang beträgt das Volumen des Zimmers  $V_1$ .

c) Das Zimmer mit Volumen  $V_1$  hat starre und thermisch isolierende Wände. Eine Wand hat ein kleines Loch, durch welches das Gas langsam ausläuft. Der Druck im Zimmer bleibt konstant auf  $P_1$ .



---

Ankreuzbar: 1a, 1b, 2, 3ab, 3c