
Theoretische Physik IV (Statistische Physik)

Prof. Dr. Albrecht Klemm
Christoph Nega, Fabian Fischbach

Abgabe: Di. 12.12.2017 (in der Vorlesung)

<http://www.th.physik.uni-bonn.de/klemm/statphyws1718/index.php>

–HAUSAUFGABEN–

H.8.1 Tripelpunkt (5 Punkte)

In der Nähe des Tripelpunktes für Ammoniak lautet die Gleichung der Sublimationskurve

$$\log P = 27,79 - 3726/T \quad (1)$$

und die der Verdampfungskurve

$$\log P = 24,1 - 3005/T . \quad (2)$$

Dabei sind der Druck P in Pascal und die Temperatur T in Kelvin gemessen. Betrachten Sie gasförmiges Ammoniak als ideales Gas und nehmen Sie an, dass die spezifischen Volumina des flüssigen und festen Ammoniaks vernachlässigbar klein sind.

Zum Lösen der folgenden Aufgaben ist es sinnvoll, die Clausius-Clapeyron-Gleichung durch die spezifische¹ latente Wärme q_L und spezifischen Volumina v auszudrücken

$$\frac{dP_0}{dT} = \frac{q_L}{T\Delta v} . \quad (3)$$

- a) Wie groß sind Druck und Temperatur am Tripelpunkt? (1 Punkt)
- b) Wie groß sind die latente Sublimations- und die latente Verdampfungswärme am Tripelpunkt? (2 Punkte)
- c) Zeigen Sie, dass am Tripelpunkt für die Sublimationskurve gilt

$$\left. \left(\frac{dP_0}{dT} \right) \right|_{\text{sub}} = \frac{v_{\text{fl}} - v_{\text{fest}}}{v_{\text{gas}} - v_{\text{fest}}} \left. \left(\frac{dP_0}{dT} \right) \right|_{\text{schmelz}} + \frac{v_{\text{gas}} - v_{\text{fl}}}{v_{\text{gas}} - v_{\text{fest}}} \left. \left(\frac{dP_0}{dT} \right) \right|_{\text{dampf}} . \quad (4)$$

(1 Punkt)

- d) Wie groß ist die latente Schmelzwärme am Tripelpunkt? (1 Punkt)

¹Hiermit ist gemeint, dass die folgenden Größen auf die Teilchenzahl N normiert sind.

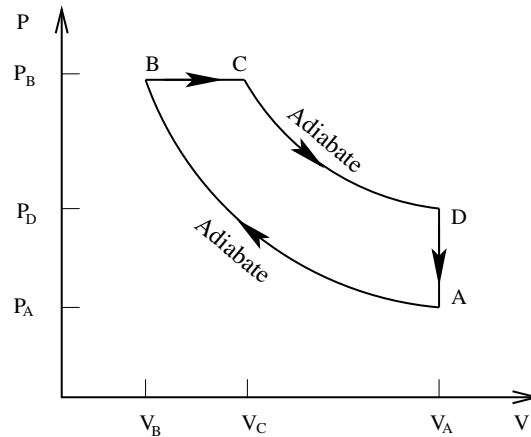


Abbildung 1: Diesel-Zyklus im P - V -Diagramm

H.8.2 Der Diesel-Zyklus (5 Punkte)

Der Diesel-Zyklus ist in Abbildung 1 im p - V -Diagramm gezeigt. Die vier Schritte lauten:

- adiabatische Komprimierung,
- isobare Expansion,
- adiabatische Expansion,
- isochore Wärmeabfuhr.

Betrachten Sie den Zyklus für ein ideales Gas als Arbeitssubstanz.

a) Bestimmen Sie für jeden Schritt des Prozesses die Arbeit und den Wärmetransfer.

Hinweis: Drücken Sie δQ durch die geeignete spezifische Wärmekapazität aus.

(3 Punkte)

b) Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad gegeben ist durch

$$\eta_{\text{Diesel}} = 1 - \frac{1}{\kappa} \frac{\left(\frac{V_C}{V_A}\right)^\kappa - \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^\kappa}{\frac{V_C}{V_A} - \frac{V_B}{V_A}}, \quad (5)$$

wobei κ der Adiabatenexponent des idealen Gases ist.

(2 Punkte)

H.8.3 Der Brayton-Joule-Zyklus (5 Punkte)

Der Brayton-Joule-Zyklus ist in Abbildung 2 dargestellt. Die einzelnen Schritte lauten:

- adiabatische Kompression,

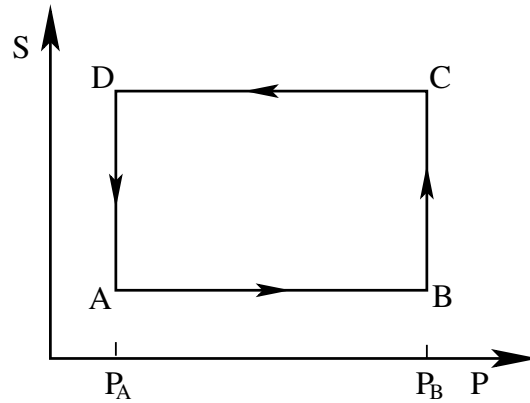


Abbildung 2: Brayton-Joule-Zyklus im S - P -Diagramm

- isobare Erhitzung,
- adiabatische Expansion und
- isobare Abkühlung.

a) Wie unterscheidet sich dieser Prozess vom Carnot-Prozess?

(1 Punkt)

b) Berechnen Sie für jeden Schritt des Prozesses mit einem idealen Gas als Arbeitssubstanz die Arbeit und den Wärmetransfer.

Hinweis: Drücken Sie δQ durch die geeignete spezifische Wärmekapazität aus.

(2 Punkte)

c) Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad des Brayton-Joule-Prozesses gegeben ist durch

$$\eta_{\text{BJ}} = 1 - \left(\frac{P_A}{P_B} \right)^{1 - \frac{1}{\kappa}}, \quad (6)$$

wobei P_A der niedrigste und P_B der höchste Druck im Prozess ist, siehe hierzu auch Abbildung 2.

(2 Punkte)