
Theoretische Physik in 2 Semestern II
10. Übung

www.thp.uni-koeln.de/~as/thp2sem1112.html

Abgabe: *Dienstag, 10. Januar*

35. Kreisprozess

5+8+5 Punkte

Für ein einatomiges ideales Gas wird folgender Kreisprozess quasistatisch durchgeführt:

1. Isotherme Expansion von V_1 auf V_2 (bei $T = T_1 = \text{const.}$)
2. Isochores Abkühlen von T_1 auf T_2 (bei $V = V_2 = \text{const.}$)
3. Isotherme Kompression von V_2 auf V_1 (bei $T = T_2 = \text{const.}$)
4. Isochore Erwärmung von T_2 auf T_1 (bei $V = V_1 = \text{const.}$)

- a) Skizzieren Sie den Prozess in einem T-V und einem P-V Diagramm.
- b) Geben Sie für die einzelnen Schritte die umgesetzte Wärmemenge Q_i sowie die Arbeit W_i an ($i = 1, 2, 3, 4$).
- c) Zeigen Sie, dass dieser Kreisprozess den maximal möglichen Wirkungsgrad hat.

36. Thermodynamischer Prozesse

4+4+4+4 Punkte

Ein ideales Gas hat ein Volumen V_1 bei einem Druck von P_1 . Es soll nun auf ein Volumen $V_2 > V_1$ bei einem Druck von $P_2 > P_1$ gebracht werden, wobei $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$.

- a) Welche Wärme muss zugeführt werden, wenn zuerst der Druck auf P_2 (bei konstantem Volumen V_1) und dann das Volumen auf V_2 (bei konstantem Druck P_2) erhöht wird?
- b) Welche Wärme muss zugeführt werden, wenn zuerst das Volumen auf V_2 (bei konstantem Druck P_1) und dann der Druck auf P_2 (bei konstantem Volumen V_2) erhöht wird?
- c) Welche Wärme muss zugeführt werden, wenn Druck und Volumen gleichzeitig (bei konstantem Verhältnis $\frac{P}{V}$) erhöht werden?
- d) Vergleichen Sie die Ergebnisse. Warum ist die Wärme keine Zustandsgröße?

37. Entropieänderung bei Temperatenausgleich

4+4 Punkte

Zwei Körper, die aus der gleichen Menge des selben Materials bestehen, befinden sich zunächst bei unterschiedlichen Temperaturen T_1 und T_2 , mit $T_1 < T_2$. Sie werden in thermischen Kontakt gebracht. Nach dem Temperatenausgleich nimmt die Temperatur den Wert $T = (T_1 + T_2)/2$ an. Sie können annehmen, dass der Prozess ohne Volumenänderung abläuft und die Wärmekapazitäten $C_V^{(1)} = C_V^{(2)} = C_V$ der beiden Körper unabhängig von der Temperatur sind.

- a) Berechnen Sie die Entropieänderungen ΔS_1 und ΔS_2 der beiden Körper.
- b) Zeigen Sie, dass die Entropieänderung $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$ des Gesamtsystems stets positiv ist.

38. Wärmepumpe

4+4 Punkte

Der Weihnachtsmann ist besorgt über das größer werdende Ozonloch¹ und beschließt deshalb, sein Heizungssystem zu optimieren. Er besorgt sich dazu eine Wärmepumpe, die die Außenluft (Temperatur T) als Reservoir nutzt und das Wasser des Heizungssystems auf $T_0 = 40^\circ \text{C}$ ($T < T_0$) erhitzt. Die Wärmepumpe hat den Wirkungsgrad η_C einer Carnot-Maschine, die benötigte Arbeit wird von einem Dieselmotor (Wirkungsgrad η_M) geleistet. Bisher wurde die Wärme durch direktes verbrennen von Dieselöl erzeugt (Wirkungsgrad η_D).

a) Zeigen Sie, dass die Wärmepumpe bei gleichem Dieselverbrauch eine um einen Faktor

$$\frac{\eta_M}{\eta_C \eta_D}$$

größere Wärmemenge erzeugt als die direkte Verbrennung.

b) Bei optimaler technischer Realisierung wird ein Verhältnis der Wirkungsgrade von etwa $\frac{\eta_M}{\eta_D} \approx 50\%$ erreicht. Ab welcher Außentemperatur T ist die Wärmepumpe effizienter?

¹Eigentlich ist das Ozonloch am Südpol problematisch, also weit weg vom Nordpol (wo der Weihnachtsmann wohnt). Er ist aber natürlich trotzdem umweltbewusst.