Übungsblatt 8

Ausgabe: 04.12.2018
Abgabe: 11.12.2018, vor 10:00 Uhr
Besprechung: 13.12.2018 (Übungen)

Klausurtermine:
1. Klausur: Donnerstag, 14.02.2019 von 11 - 13 Uhr
2. Klausur: Montag, 25.03.2019 von 15 - 17 Uhr

Aufgabe 1 **4 Punkte**

Die Entfernung zwischen Erde und Mond kann durch eine Laufzeitmessung von Licht mit einer Genauigkeit von bis zu 5 mm vermessen werden. Bei dieser Messung werden von der Erde Laserpulse der Wellenlänge λ = 532 nm durch ein Teleskop zum Mond gestrahlt, die von Retroreflektoren, welche bei Mondlandungen seit 1969 auf dem Mond hinterlassen wurden, wieder zurück zur Erde reflektiert werden.

a) Aus dem Teleskop tritt ein paralleles Strahlenbündel mit gaußförmigem Intensitätsprofil $I(r) = I_0 \exp(-r^2/\omega_0^2)$ und Radius ω_0 = 0.5 m aus. Berechnen Sie durch Integration über das Strahlprofil die Strahlleistung $P_0 = \int I(r) dA$ (in Abhängigkeit von I_0). **1 Punkt**
b) Wie groß ist aufgrund von Beugung der Radius ω_M des Laserstrahls auf dem Mond? **1 Punkt**
c) Wie sieht das Intensitätsprofil $I_M(r)$ auf dem Mond aus? Gehen Sie bei der Berechnung davon aus, dass sich die gesamte Strahlleistung nicht ändert, also $P_M = \int I_M(r) dA = P_0$ gilt. **1 Punkt**
d) Von einem Retroreflektor der Fläche $A = \pi\, \omega_0^2$ wird ein Strahl reflektiert, der näherungsweise ein gaußsches Profil mit Radius ω_0 hat. Berechnen Sie (in Abhängigkeit von I_0) die Intensität I_{Det}, welche das Teleskop auf der Erde detektiert. **1 Punkt**

Aufgabe 2 **4 Punkte**

Zwei Körper K_1 und K_2 unterschiedlicher Temperatur (T_1 = 60°C und T_2 = 20°C) und mit innerer Energie $U_i = CT_i$ (i = 1,2; C = 4.2 kJ/K) tauschen Wärme aus, bis sie bei $T = T_0$ im thermischen Gleichgewicht sind. Berechnen Sie die Entropieänderungen ΔS_i beider Körper sowie deren Summe S_{ges}.

Tipp: Bestimmen Sie zunächst die differentiellen Entropieänderungen dS_i bei konstanter Temperatur und integrieren Sie dann von der Ausgangs- zur Endtemperatur.

Aufgabe 2 **7 Punkte**

In einem Druckluft-Energiespeicher befindet sich Stickstoff (ideales Gas, Adiabatenkoeffizient $\kappa = 7/5$) mit dem Volumen $V_1 = 1000$ l bei einer Temperatur $T_1 = 20°$ C und einem Druck $p_1 = 1$ bar. Dieses wird unter Aufwendung der Arbeit W_{12} adiabatisch auf den Druck $p_2 = 100$ bar komprimiert (Schritt 1->2). Während der Speicherzeit kühlt sich das Gas isochor auf die Temperatur $T_3 = 200°$ C ab (Schritt 2->3). Anschließend wird es in einer Turbine auf den Druck $p_4 = 1$ bar adiabatisch entspannt (Schritt 3->4). Dabei wird gespeicherte Energie als mechanische Arbeit W_{34} zurückgewonnen. Zuletzt wird das Gasvolumen isobar wieder auf V_1 gebracht (Schritt 4->1).

a) Berechnen Sie die Temperaturen T_2 nach der Kompression und T_4 nach der Entspannung.
2 Punkte
b) Berechnen Sie die Volumina V_2 nach der Kompression und V_4 nach der Entspannung.
2 Punkte
c) Zeichnen Sie den Prozess im p(V)-Diagramm. **1 Punkt**
d) Berechnen Sie den Wirkungsgrad $\eta = |W_{34}|/|W_{12}|$ des Energiespeichers. Die Berechnung wird besonders einfach, wenn Sie die Änderungen der inneren Energie in den Schritten 1->2 und 3->4 betrachten und ausnutzen, dass beide Schritte adiabatisch sind. **2 Punkte**

Aufgabe 4 **4 Punkte**

Auf Übungsblatt 6 lautete Aufgabe 4 wie folgt:

In drei gleichartigen Gefäßen (gleiches Volumen V) befinden sich unterschiedliche ideale Gase mit den Molzahlen $n_1 = 1$, $n_2 = 2$ und $n_3 = 3$. Nun werden die drei Gefäße durch das Öffnen von Ventilen miteinander verbunden, so dass sich die Gase ideal mischen können.

a) Wie groß ist der Anstieg der Entropie? Geben Sie das Ergebnis in J/K an.
b) *Wie ändert sich die Entropie, wenn es sich um drei gleiche Gase handelt?*

Wir haben die Aufgabe in den Tutorien durch Betrachtung der Teilchenzahlen mit der Formel $S = -k_B \sum_k N_K \ln\left(\frac{N_K}{\mathrm{N}}\right)$ gelöst (N_K: Anzahl von Teilchen einer Gassorte im Zustand k, N: Gesamtzahl von Teilchen einer Gassorte).

Zeigen Sie, dass man durch Betrachtung der Volumenänderung mit der Formel $\Delta S = k_B N \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ dasselbe Ergebnis erhält (N: Anzahl der von der Volumenänderung betroffenen Teilchen, V_1 und V_2: Volumina vor und nach der Änderung).

Punktevergabe: a) **2 Punkte**, b) **2 Punkte**