Klausur zur Klassischen Experimentalphysik III (Optik + Thermodynamik) am 10.04.2014

Name, Vorname:	Matrikelnummer:
Studiengang:	Wiederholungsprüfung? Nein ☐ Ja ☐

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ	Note
Max. Punkte	4	6	6	8	5	5	34	
Erreichte Punkte								

Bitte jedes Blatt mit Namen versehen, jede Aufgabe ordentlich kennzeichnen und leserlich schreiben!

Aufgabe 1: (4 Punkte)

Ein Kupferstab und ein Eisenstab gleicher Länge l und gleichen Querschnitts A sind an einem Ende fest miteinander verschweißt. Das freie Ende des Kupferstabes wird auf der Temperatur T_2 und das freie Ende des Eisenstabes steckt in einen Eisblock (bei 0°C) und wird auf T_1 gehalten. Vernachlässigen Sie die Wärmeverluste an die Umgebung.

a) Welche Temperatur stellt sich im Gleichgewicht an der Schweißstelle ein?

b) Welche Masse an Eis wird im Gleichgewicht je Minute geschmolzen?

Zahlenwerte: $l = 10$ cm, $A = 2$ cm^2, $T_2 = 30$°C, $T_1 = 0$°C, Wärmeleitfähigkeit von Kupfer $\lambda_{Cu} = 3{,}8$ W/(cm·K) und von Eisen $\lambda_{Fe} = 0{,}63$ W/(cm·K), Schmelzwärme von Eis $c_S = 334$ kJ/kg.

Aufgabe 2: (6 Punkte)

Drei Zustände eines idealen Gases mögen auf einer Isobaren, einer Isochoren und einer Isothermen liegen. Im Zustand b (mit V_b und p_a) sei die Temperatur T_1. In den beiden Zuständen a und c sei die Temperatur jeweils T_2 (mit V_a und p_a bei a bzw. mit V_b und p_b bei c). Es gilt $T_1 > T_2$, $p_a > p_b$ und $V_a < V_b$. Nehmen Sie an, dass das Arbeitsgas bei konstantem Druck die temperaturunabhängige molare Wärmekapazität c_p bzw. bei konstantem Volumen c_V besitzt.

a) Skizzieren Sie den Kreisprozess im $p(V)$-Diagramm. Tragen Sie die Drücke, Volumina und Temperaturen ein.

b) Wie groß ist der Wirkungsgrad η = (abgegebene Arbeit / aufgenommene Wärme) einer Wärmekraftmaschine, die den Kreisprozess a → b → c → a durchläuft, in Abhängigkeit von T_1 und T_2? Berechnen Sie dazu die Arbeit und Wärme in jedem Prozessschritt.

Aufgabe 3: (6 Punkte)

a) Zwei ideale Gase gleicher Molzahl n befinden sich zunächst in zwei getrennten Gefäßen mit Volumina V_1 und V_2. Dann werden die Gefäße miteinander verbunden. Es findet kein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt. Die Gase haben anfangs den gleichen Druck p, aber verschiedene Temperaturen T_1 und T_2.

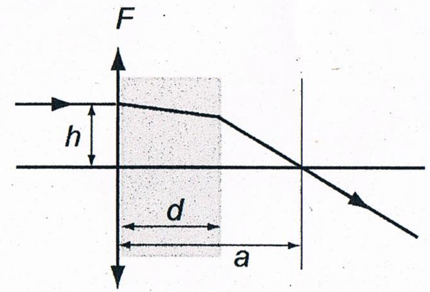
Berechnen Sie die Temperatur und den Druck der Gase nach dem Mischen, sowie die Entropieänderung ΔS. Geben Sie Ihr Ergebnis für ΔS in Abhängigkeit von T_1 und T_2 an.

Hinweis: die Entropie des idealen Gases ist: $\Delta S = -n \cdot R \cdot \ln(p/p_0) + n \cdot c_p \cdot \ln(T/T_0)$ (c_p ist gegeben).

b) Jeweils 1 Mol zweier unterschiedlicher Gase A und B befinde sich zunächst in zwei getrennten Gefäßen mit Volumen V_A und V_B ($V_B = 2\ V_A$) bei Raumtemperatur. Nun werden die Gefäße miteinander verbunden. Es findet kein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt. Betrachten Sie die Gase als ideal.

Berechnen Sie mit Hilfe der Formel $S = k_B \ln W$ (W: Zahl der Realisierungsmöglichkeiten des makroskopischen thermodynamischen Zustands) die Zunahme der Entropie ΔS nach dem Mischen der Gase.

Aufgabe 4: (8 Punkte)



Direkt hinter einer konvexen Linse F der Brennweite f steht eine planparallele Glasplatte der Dicke d mit Brechungsindex n. Der Abstand zwischen Linse und Glasplatte sei vernachlässigbar klein, auch wenn die Brechung an der Vorderseite und der Rückseite der Glasplatte berücksichtigt werden muss. Ein achsenparalleler Strahl fällt von links auf die Linse. Der optische Aufbau steht im Vakuum.

Zahlenwerte: $f = 10$ cm, $d = 4$ cm und $n = 1{,}5$.

a) „a" ist die Entfernung von der Linse, bei der der gebrochene Strahl die optische Achse schneidet. Leiten Sie einen allgemeinen Ausdruck für die Entfernung a als Funktion von f, d und n mit Hilfe der Matrixoptik her. Berechnen Sie die Entfernung a.

Hinweis: Die Matrizen M_f (Linse), M_t (freie Propagation) und M_n (Brechung an der Grenzfläche zwischen Halbräumen mit den Brechzahlen n_1 und n_2) sind gegeben durch:

$$M_f = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{pmatrix}, \quad M_t = \begin{pmatrix} 1 & t \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ und } M_n = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & n_1/n_2 \end{pmatrix}$$

b) Überprüfen Sie Ihr Ergebnis mit einer „konventionellen" Rechnung (Linsengleichung, Brechungsgesetz, Geometrie). Machen Sie dazu eine Skizze, die Ihre Rechnung verständlich macht bzw. erläutern Sie Ihre Rechnung.

Hinweis: Leiten Sie in b) keinen allgemeinen Ausdruck wie in a) her, sondern berechnen Sie a schrittweise. Benutzen Sie dazu $h = 3$ cm.

Aufgabe 5: (5 Punkte)

Konstruieren Sie einen Doppelspalt (Spaltabstand b), in dessen Beugungsbild das 4. Maximum des Einzelspalts (Spaltbreite d) ausgelöscht ist.

Beachten Sie, dass $b > d$ ist und nehmen Sie zur Vereinfachung an, dass beim Einzelspalt die Maxima genau zwischen den Minima liegen.