

UNIVERSITÄT KONSTANZ

Fachbereich Physik

Prof. Dr. Georg Maret (Experimentalphysik)

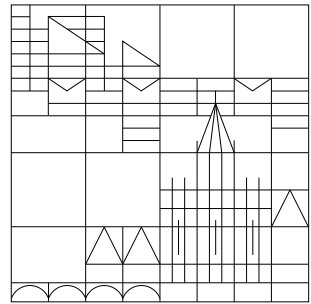
Raum P 1009, Tel. (07531)88-4151

E-mail: Georg.Maret@uni-konstanz.de

Prof. Dr. Matthias Fuchs (Theoretische Physik)

Raum P 907, Tel. (07531)88-4678

E-mail: matthias.fuchs@uni-konstanz.de



**Übungen zur Physik III: Integrierter Kurs
Wintersemester 2004/2005**

Übungsblatt 14, Ausgabe 08.02.2005, abzugeben bis 15.02.2005
Besprechung in den Übungen in der 19. Semesterwoche (16.-18. Feb.)

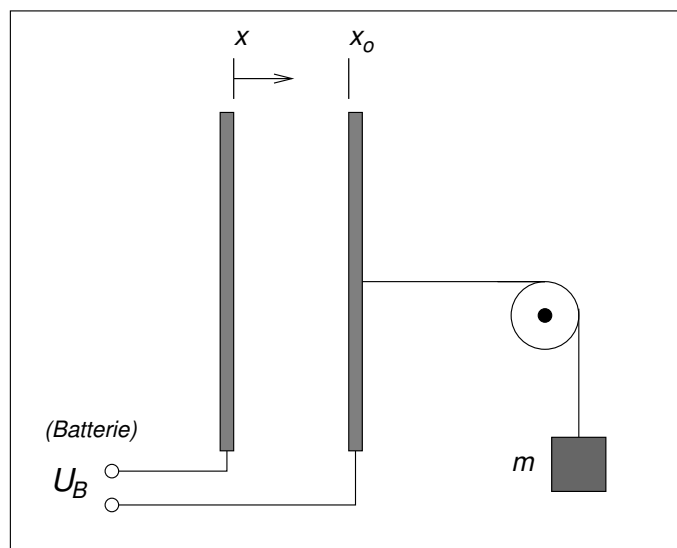
Achtung: Am Donnerstag, 3. März 2005 findet von 9:00-12:00 die Klausur im R 711 statt. Als Hilfsmittel sind erlaubt ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner und eine mathematische Formelsammlung.

57. Adiabatische Entmagnetisierung; (7 Punkte)

Die Magnetisierungsarbeit pro Volumen eines Körpers mit dem magnetischen Moment pro Volumen M beträgt HdM . Seine Entropie S ist mit der zu- oder abgeführten Wärme verknüpft über TdS . Die Zustandsgleichung einer ideal paramagnetischen Substanz ist $M = AH/T$ (A Curie-Konstante). Führen Sie eine Legendretransformation der Gibbs'schen Fundamentalform der Energie $dE = TdS + HdM$ auf die Funktion $F = F(T, M)$ der unabhängigen Variablen T und M durch.

- Zeigen Sie, dass analog zu $\partial E(T, V)/\partial V = 0$ beim idealen Gas für einen idealen Paramagneten gilt, dass $\partial E(T, M)/\partial M = 0$ ist.
Hinweis: Betrachten Sie wie $H(T, M)$ aus $F(T, M)$ durch Differentiation folgt und verwenden Sie dann die Zustandsgleichung (2 Punkte)
- Zeigen Sie, dass aus (a) folgt, dass wärmeisolierte, (d.h. adiabatische, isentrope, $dS = 0$) Zustandsänderungen durch Kurven konstanter Magnetisierung gegeben sind.
Hinweis: Dies gilt unter Vernachlässigung der Temperaturabhängigkeit der Entropie des unmagnetisierten Körpers, $S(M = 0)$. (2 Punkte)
- Zeichnen Sie einen Carnot-Prozess im $H - M$ - und im $T - S$ -Diagramm.
Hinweis: Ein Carnotprozess besteht aus einer Abfolge von 4 Teilschritten, von denen je zwei adiabatisch und zwei isotherm verlaufen. (1 Punkt)
- Zeigen Sie, dass sich der paramagnetische Körper durch einen isothermen und einen anschließenden isentropen Prozess abkühlen lässt (adiabatische Entmagnetisierung). (1 Punkt)
- Wie lassen sich die Prozesse in (d) experimentell realisieren? (1 Punkt)

58. Ein einfacher Kreisprozess; (7 Punkte)



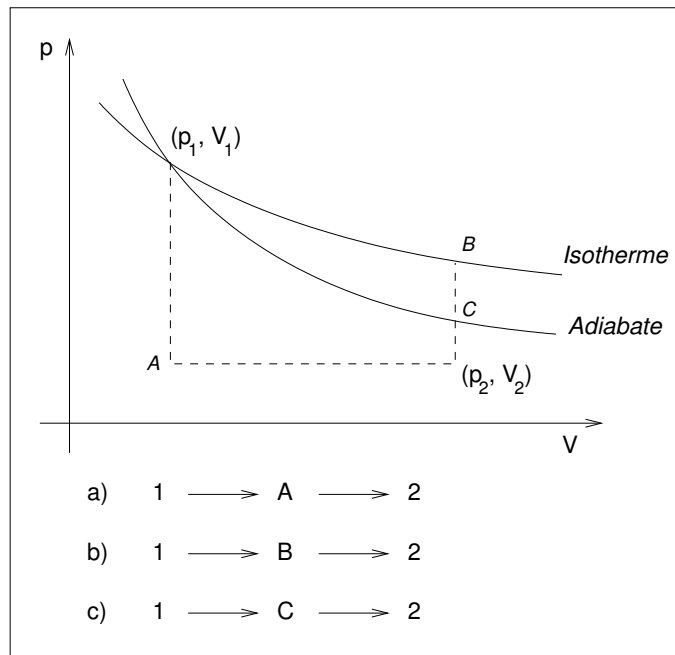
- a) Betrachten Sie einen Kreisprozess, durchgeführt an einem Plattenkondensator mit variablem Plattenabstand x , der durch Anschließen an eine Batterie der Spannung U_0 aufgeladen werden kann und der durch Anhängen eines Gewichtes m mechanische Arbeit leisten kann.
 Welches sind die extensiven Variablen, d.h. die Variablen η_i , die mit der Größe des Systems skalieren? Welche (sogenannten intensiven) Variablen ξ_i sind mit ihnen verknüpft über die Leistung $P_i = \xi_i \frac{d\eta_i}{dt}$?
 Zeichnen Sie die verschiedenen Zustände des Systems! (1 Punkt)
- b) Stellen Sie die Energie für das System "Kondensator mit variablem Plattenabstand" auf. (1 Punkt)
- c) Bilden Sie die Gibbs'sche Fundamentalform, d.h. die Leistungsbilanz pro Zeiteinheit $dE = P dt$, wobei P die Gesamtleistung ist und diskutieren Sie diejenigen Abhängigkeiten der Variablen, die den Kreisprozess möglich machen. (1 Punkt)
- d) Stellen Sie die Gleichungen für die einzelnen Prozessschritte des Kreisprozesses auf. Zeichnen Sie den Kreisprozess im $U - Q$ und im $F - x$ -Diagramm. Stellen Sie sich hierzu vor, dass durch die Verschiebung der Kondensatorplatte um x eine Masse m im Schwerfeld um x gehoben bzw. gesenkt wird. (1 Punkt)
- e) Bisher haben wir alle dissipativen, irreversiblen Prozesse vernachlässigt, die Wärme erzeugen. Welche (zwei) treten auf? Welche Größen beschreiben diese? (1 Punkt)
- f) Die erzeugte Wärme beim Aufladen des Kondensators soll diskutiert werden. Welche Energie wird der Batterie entnommen, wenn diese eine feste Klemmspannung U_0 besitzt? Wie groß ist die im Kondensator nach der Aufladung gespeicherte Energie? Wo ist die Differenz geblieben? (1 Punkt)
- g) Überlegen Sie sich eine Anordnung, mit der sie den Kondensator angenähert reversibel ohne Wärmeproduktion aus Batterien aufladen können.
Hinweis: Sie können die Frage quantitativ beantworten, wenn Sie einen vereinfachten Schwingkreis $Q/C + R\dot{Q} = U_{Batt.}(t)$ betrachten. (1 Punkt)

59. **Wirkungsgrad; (4 Punkte)**

In einer periodisch arbeitenden Maschine wird einem idealen Gas bei einem konstanten Druck p_2 Wärme zugeführt und bei einem tieferen Druck p_1 Wärme entzogen. Dazwischen finden adiabatische Prozesse statt. Wie hängt der Wirkungsgrad von p_1 und p_2 ab und wie läßt er sich mit den auftretenden Temperaturen ausdrücken?

60. **Zustandsänderungen; (4 Punkte)**

Ein ideales Gas wird aus dem Anfangszustand (p_1, V_1, T_1) durch quasistatische Prozesse auf drei verschiedenen Wegen in den Endzustand (p_2, V_2, T_2) gebracht.



Um welchen Betrag ändert sich die innere Energie? Ferner berechne man die Arbeit, die am System zu leisten ist, und die Wärmemenge, die auf den verschiedenen Wegen zuzuführen ist. Man nehme C_V als konstant an. Man drücke die Ergebnisse durch die Zustandsgrößen (p_i, V_i, T_i) , $i = 1, 2$ und C_V aus.