

Thermodynamik & Statistische Physik

FSU Jena - WS 2008/2009

Klausur - Aufgabenstellung

14.02.2009

Aufgabe 01 - Kreisprozess mit Photonengas (10P)

Die freie Energie des Photonengases lautet

$$F = -\frac{4\sigma}{3c}VT^4$$

(σ Stefan-Boltzmann-Konstante, c Lichtgeschwindigkeit, V Volumen, T Temperatur).

- Führen Sie mit dem Photonengas einen reversiblen Kreisprozess zwischen zwei Isobaren ($p_1 > p_2$) und zwei Isochoren ($V_1 > V_2$) durch und berechnen Sie dessen Wirkungsgrad als Funktion von p_2/p_1 und V_2/V_1 .
- Wie hängen die Isobaren mit den Isothermen zusammen?
- Welche Beziehung $p(V)$ gilt auf Adiabaten?
- Zeigen Sie für den Grenzfall (V_2/V_1) $\rightarrow 0$, dass der Wirkungsgrad des obigen Kreisprozesses wie zu erwarten kleiner ist als der des Carnotschen Kreisprozesses zwischen denselben Temperaturen.

Aufgabe 02 - Adiabaten und Isothermen (6P)

- Beweisen Sie, dass sich eine Adiabate und eine Isotherme eines pVT -Systems nur höchstens einmal schneiden können.
- Zeigen Sie, dass bei einem pVT -System (konstante Teilchenzahl) die infinitesimale Arbeit δW längst Adiabaten oder Isothermen ein totales Differential ist.
- Begründen Sie mit Hilfe des 1. und 2. Hauptsatzes, dass der Wirkungsgrad des Carnotschen Kreisprozesses nicht von der Arbeitssubstanz abhängt.

Aufgabe 03 - Magnetisierbare Substanzen (8P)

Beweisen Sie die Gleichung

$$\mathbf{H} - T \left(\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial T} \right)_{\mathbf{M}} = \left(\frac{\partial U}{\partial \mathbf{M}} \right)_T$$

unter Verwendung der Gibbsschen Fundamentalgleichung für eine magnetisierbare Substanz bei festem Volumen. \mathbf{H} ist die magnetische Feldstärke, \mathbf{M} das magnetische Moment und U die innere Energie. Oberhalb der Curie-Temperatur T_C gilt für ein Ferromagnetikum

$$M = \frac{C}{T - T_C} H$$

($\mathbf{M} = M\mathbf{e}_z$, $\mathbf{H} = H\mathbf{e}_z$ mit \mathbf{e}_z Einheitsvektor in z -Richtung) mit der positiven Curie-Konstanten C .

Berechnen Sie die innere Energie $U(T, M)$. Welche physikalische Bedeutung hat eine dabei auftretende von M unabhängige Funktion von T ?

Aufgabe 04 - Harmonische Oszillatoren und statistische Verteilungen (8P)

Ein thermodynamisches System aus N ortsfesten unabhängigen 1-dimensionalen klassischen harmonischen Oszillatoren mit Kreisfrequenz ω besitzt die spektrale Zustandsdichte (Zustandsdichte pro Energieeinheit)

$$\omega(E) = \frac{1}{(\hbar\omega)^N} \frac{E^{N-1}}{(N-1)!}$$

- Berechnen Sie daraus mit Hilfe der kanonischen Verteilung die freie Energie F .
- Wie lautet die Entropie S als thermodynamisches Potential, die man aus F erhält?
- Berechnen Sie die Entropie mit Hilfe der mikrokanonischen Verteilung und vergleichen Sie die beiden Ausdrücke, die Sie für S erhalten.
- Wie lautet die kalorische und thermische Zustandsgleichung?
- Wie groß ist das chemische Potential?