

# Statistische Physik I, SS 2015: Test 1 (24.04.2015)

**NAME:**

---

**Matrikel-Nr.:**

---

## 1. Hauptsätze der Thermodynamik

- (a) Geben Sie den 1., 2., und 3. Hauptsatz der Thermodynamik sowohl in mathematischer Form als auch in Worten an.
- (b) Nennen Sie mindestens zwei wichtige physikalische Konsequenzen des 2. Hauptsatzes.

## 2. Kreisprozess

Betrachten Sie einen Kreisprozess (Diesel-Zyklus), bei dem ein ideales Gas ausgehend von einem Gleichgewichtszustand mit Druck  $p_1$  und Volumen  $V_1$  folgende Schritte durchläuft:

- I) adiabatische Kompression
- II) isobare Expansion
- III) adiabatische Expansion
- IV) isochore Dekompression

Alle Prozesse werden als quasi-statisch angenommen. Die Teilchenzahl sei konstant.

- (a) Skizzieren Sie den Kreisprozess im p-V und T-S Diagramm.
- (b) Berechnen Sie für jeden Schritt I)-IV) die vom System geleistete Arbeit  $\Delta W$  und die vom System aufgenommene Wärme  $\Delta Q$ . Geben Sie jeweils explizit das Vorzeichen von  $\Delta W$  und  $\Delta Q$  an.
- (c) Berechnen Sie den Wirkungsgrad einer Diesel-Arbeitsmaschine als Funktion der Volumina  $V_i$ .

### 3. Photonengas

Für ein Photonengas in einem Volumen  $V$  seien folgende zwei Ausdrücke für das Differential der freien Energie angegeben,

$$dF_1(T, V) = -\frac{4a}{3}VT^3 dT - \frac{a}{3}T^4 dV, \quad (1)$$

$$dF_2(T, V) = -\frac{2a}{3}VT^2 dT - aT^3 dV, \quad (2)$$

wobei  $a$  eine Konstante ist. Beachten Sie, dass bei einem Photonengas die Teilchenzahl  $N$  nicht erhalten ist und daher nicht als Zustandsvariable aufscheint.

- Welcher dieser zwei Ausdrücke stellt ein gültiges Differenzial für ein thermodynamisches Potential dar? Begründen Sie Ihre Aussage und berechnen Sie die korrekte freie Energie  $F(T, V)$ .
- Leiten Sie aus der korrekten freien Energie die Entropie  $S$  und Energie  $E$  eines Photonengases als Funktion ihrer natürlichen Variablen her.
- Wie lauten die kalorische und thermische Zustandsgleichung  $E(T)$  und  $p(T)$ ?
- Berechnen Sie die spezifischen Wärmekapazität  $C_V$  für ein Photonengas.
- Berechnen Sie die spezifischen Wärmekapazität  $C_p$  für ein Photonengas. Was fällt auf?

### 4. Phasenraum

Betrachten Sie die eindimensionale Bewegung eines Teilchens im Schwerfeld, welches für  $z > 0$  durch die Hamiltonfunktion

$$H(z, p) = \frac{p^2}{2m} + mgz \quad (3)$$

beschrieben wird und bei  $z = 0$  durch den Boden elastisch reflektiert wird.

- Lösen Sie die Hamiltonschen Bewegungsgleichungen und skizzieren Sie die Bewegung des Teilchens im Phasenraum für die Anfangsbedingungen  $z_0 > 0$  und  $p_0 > 0$ .
- Skizzieren Sie die mikrokanonische Phasenraumdichte  $\rho_{\text{MK}}(z, p)$  für ein Teilchen mit einer Energie im Intervall  $[E - \Delta, E]$ , wobei  $\Delta \ll E$ .
- Berechnen Sie die Zustandssumme  $\Omega(E, \Delta)$  und die mikrokanonische Entropie  $S(E)$ .