

# Übungen zur Statistischen Physik I (SS 2003)

## Blatt 5

### Aufgabe 14: Entropie und Energie des van der Waals-Gases (6 Punkte)

Betrachten Sie das van der Waals-Gas mit konstanter Wärmekapazität  $C_V$ .

- Berechnen Sie die innere Energie und die Entropie als Funktion von  $T$  und  $V$  für ein Mol ( $n = 1$ ).
- Das Gas expandiere isotherm von dem Volumen  $V_1$  auf das Volumen  $V_2$ . Wie ändert sich bei diesem Vorgang die freie Energie, wie die innere Energie?

### Aufgabe 15: Hohlraumstrahlung (4 Punkte)

- Aus der Elektrodynamik folgt, dass der Druck eines isotropen Strahlungsfeldes in einem Hohlraum proportional zur Energiedichte

$$p = \frac{1}{3}u(T).$$

des Feldes ist, wobei  $u = U/V$  gilt. Benutzen Sie die Energiegleichung aus der Vorlesung, um die Beziehung

$$u = \frac{1}{3}T \frac{du}{dT} - \frac{1}{3}u$$

zu zeigen.

- Lösen Sie die Gleichung für  $u(T)$ .
- In der Urknall-Theorie stellt man sich die Strahlungsenergie des Universums in einem sehr frühen Stadium in einem kleinen Volumen eingeschlossen vor. Durch die Expansion des Universums kühlt die Strahlung adiabatisch ab. Leiten Sie allein aus thermodynamischen Überlegungen eine Beziehung zwischen der Temperatur  $T$  und dem Durchmesser  $R$  des Volumens her.
- Ermitteln Sie die Entropie des Photonengases als Funktion der Temperatur  $T$  und des Volumens  $V$ .

### Aufgabe 16: Geschicktes Heizen, ungeschicktes Heizen (4 Punkte)

$M$  sei die Masse einer festen Menge Kohle, die beim Verbrennen 100 J Energie liefert. Die Kohle werde in einem Kohlekraftwerk bei einer Temperatur von 1000°C verbrannt. Nehmen Sie an, dass das Kraftwerk unter idealen Bedingungen arbeite, d.h. es entstehen keinerlei Verluste in Turbinen und Generatoren, und es bediene sich „zur Kühlung“ eines Reservoirs von Flusswasser bei 30°C. Wieviel Wärme kann man mit  $M$  erzeugen, wenn die damit im Kraftwerk hergestellte Elektrizität zu einem Haus geleitet

- und dort in einer elektrischen Heizung „verpulvert“ wird?
- und verwendet wird, um eine Wärmepumpe (ideal angenommen) zu betreiben, die Wärme aus einem Reservoir der Temperatur 0°C entnimmt und bei 30°C abgibt?

### Aufgabe 17: Entropieänderung (5 Punkte)

Ein thermisch leitender Stab (gleichförmig und völlig homogen beschaffen) der Länge  $L$ , Querschnittsfläche  $A$ , der Dichte  $\rho$  und der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Druck  $c_p$  werde auf eine inhomogene Temperaturverteilung gebracht, wobei die Temperatur linear vom Ort abhängt. Dazu werde die eine Seite des Stabes in ein Wärmebad mit der Temperatur  $T_h$  und die andere Seite in ein Reservoir der Temperatur  $T_c$  mit  $T_h > T_c$  gebracht. Nachdem sich ein Gleichgewicht eingestellt hat, werde der Stab aus den Wärmebädern entfernt, und unter konstantem Druck thermisch isoliert. Zeigen Sie, dass die Entropieänderung des Stabes

$$\Delta S = C_p \left( 1 + \ln T_f + \frac{T_c}{T_h - T_c} \ln T_c - \frac{T_h}{T_h - T_c} \ln T_h \right),$$

wobei  $C_p = c_p \rho A L$  und  $T_f = (T_h + T_c)/2$  gilt, beträgt.

### Aufgabe 18: (1 Punkt)

