

Statistische Physik und Thermodynamik, SS 2026

Prof. Dr. Michael Bonitz

Übungszettel 9, Abgabe: Montag, 22. Juni 10:15

1. Wiederholung: Maxwell-Boltzmann-Statistik¹

- (a) Erläutern Sie die Berechnung der Maxwell-Verteilung und diskutieren Sie ihre Gültigkeitsgrenzen.
- (b) Erläutern Sie die Berechnung der Maxwell-Boltzmann-Verteilung.
- (c) Erläutern Sie den Gleichverteilungssatz der Statistischen Mechanik. Diskutieren Sie seine Gültigkeit und die zugrunde liegenden Annahmen.

2. Aufgaben: Maxwell-Boltzmann-Statistik (21 Punkte)

- (a) Untersuchen Sie die thermodynamischen Eigenschaften eines klassischen idealen relativistischen Gases.
 - i. Leiten Sie die kanonische Zustandssumme Z^K ab (ohne Ausführen der Integration.)
 - ii. Untersuchen Sie den nichtrelativistischen Grenzfall.
 - iii. Berechnen Sie Z^K für den ultrarelativistischen Limes.
 - iv. Berechnen Sie für den ultrarelativistischen Limes die Zustandsgleichung, die Entropie und die innere Energie.

(11 Punkte)

- (b) Die Verteilungsfunktion in einem Gas sei gegeben durch eine orts- und zeitabhängige Maxwell-Verteilung,

$$f(\vec{r}, \vec{v}, t) = \frac{\alpha(\vec{r}, t)}{[2\pi m k_B T(\vec{r}, t)]^{3/2}} \exp \left[-\frac{(\vec{v} - \vec{\beta}(\vec{r}, t))^2}{2m k_B T(\vec{r}, t)} \right], \quad (1)$$

wobei die Funktionen $\alpha(\vec{r}, t)$ und $\vec{\beta}(\vec{r}, t)$ nicht von \vec{v} abhängen.

Berechnen Sie

- i. die Dichte $n(\vec{r}, t) = \int d\vec{v} f(\vec{r}, \vec{v}, t)$,
- ii. die Stromdichte $\vec{j}(\vec{r}, t) = \int d\vec{v} \vec{v} f(\vec{r}, \vec{v}, t)$ und das Geschwindigkeitsfeld $\vec{u}(\vec{r}, t) = \vec{j}(\vec{r}, t)/n(\vec{r}, t)$,
- iii. den Drucktensor $P_{\alpha\beta}(\vec{r}, t) = \int d\vec{v} (v_\alpha - u_\alpha)(v_\beta - u_\beta) f(\vec{r}, \vec{v}, t)$,
- iv. sowie die kinetische Energie.
- v. Diskutieren Sie das Resultat und Grenzen der Anwendbarkeit von Glg. (1).

(10 Punkte)

¹Theoriefragen sind mündlich zu beantworten und an der Tafel zu demonstrieren. Für die Klausurzulassung sind drei (benotete) erfolgreiche Auftritte erforderlich.