

Prof. Dr. Sabine Klapp,
Dipl.-Phys. Arash Azhand, Dipl.-Phys. Ken Lichtner, M. Sc. Jan Totz, Kilian Kuhla

5. Übungsblatt – Thermodynamik und Statistik

Abgabe: Mo. 26.05.2014 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in 3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummern und das Tutorium (Tutor und Termin) an.

Aufgabe 13 (8 Punkte): *Verschiedene Systeme im kanonischen Ensemble*

In dieser Aufgabe sollen für zwei unterschiedliche physikalische Systeme die kanonische Zustandssumme berechnet werden und schließlich das jeweilige Ergebnis für die innere Energie $E = F + TS$ mit dem Ergebnis, was wir schon für das ideale Gas kennen ($E = \frac{3}{2}Nk_B T$) verglichen werden (in beiden Fällen gibt N die Teilchenzahl an).

(a) **Relativistisches Gas (3D):**

$$H(\vec{q}_k, \vec{p}_k) = \sum_{k=1}^N c |\vec{p}_k| + U(\{\vec{q}_k\}).$$

Dabei ist $U(\vec{q}_k)$ ein Potential, das die Bewegung der Teilchen auf einer Box mit dem Volumen V einschränkt und c die Lichtgeschwindigkeit. (4 Punkte)

(b) **Harmonischer Oszillator (1D):**

$$H(q_k, p_k) = \sum_{k=1}^N \left(\frac{p_k^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 q_k^2 \right).$$

(4 Punkte)

Aufgabe 14 (8 Punkte): *Reißverschluss aus Molekülen*

Wir untersuchen in dieser Aufgabe ein Modell eines großen Moleküls, welches als molekularer Reißverschluss bezeichnet wird. Das Molekül besteht aus N hintereinander angeordneten Brücken. Die Brücken können wie bei einem Reißverschluss nur nacheinander geöffnet werden, wobei die i -te Brücke natürlich nur dann offen sein kann, wenn alle Brücken $1, \dots, (i-1)$ davor auch offen sind. Ist dies der Fall, dann kostet das Öffnen der i -ten Brücke die Energie ϵ . Die letzte Brücke N soll stets geschlossen sein.

(a) Bestimmen Sie die Hamilton-Funktion H des System und zeigen Sie, dass die kanonische Zustandssumme die Form

$$Z = \frac{1 - e^{-N\beta\epsilon}}{1 - e^{-\beta\epsilon}}$$

hat. (2 Punkte)

(b) Wie lautet die mittlere Anzahl $\langle n \rangle$ offener Brücken. Diskutieren Sie die Grenzfälle hoher und niedriger Temperatur. (3 Punkte)

Bitte Rückseite beachten! →

5. Übung TPIV SS14

- (c) Berechnen Sie explizit die Energie $E = \langle H \rangle$ des Systems. (1 Punkt)
- (d) Bestimmen Sie die Entropie S und diskutieren Sie die Grenzfälle hoher und niedriger Temperatur im Zusammenhang mit der Relation $S = k_B \ln \Omega$, welche Sie aus dem mikrokanonischen Ensemble kennen. Interpretieren Sie dabei Ω als die Anzahl der bei der Temperatur T zugänglichen Zustände des Systems. (2 Punkte)

Aufgabe 15 (4 Punkte): Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung

Leiten Sie für ein ideales Gas bestehend aus N Teilchen in einem Volumen V die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung $f(\mathbf{v})$ her. Berechnen Sie dazu zuerst die Impulsverteilung $\langle \delta(\mathbf{p} - \mathbf{p}_1) \rangle$ für ein Teilchen.

Vorlesung: Mi. um 12:15 Uhr – 13:45 Uhr in EW 203,
Fr. um 8:30 Uhr – 10:00 Uhr in EW 203.

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien (mindestens einmal vorrechnen).
- Bestandene Klausur.

Literatur zur Lehrveranstaltung:

- M. Plischke, B. Bergersen, Equilibrium Statistical Physics, (World Scientific)
- W. Nolting, Theoretische Physik 6, (Springer)
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, (Springer)
- L. D. Landau, E. M. Lifschitz, Statistische Physik (Akademie Verlag)
- D. Wu, D. Chandler, Introduction to Modern Statistical Mechanics, (Oxford)
- L. E. Reichel, A Modern Course in Statistical Physics, (Edward Arnold LTD)

Sprechzeiten:

Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
Prof. Sabine Klapp	Di	12:15 – 13:00 Uhr	EW 707	23763
Arash Azhand	Do	15:15 – 16:00 Uhr	EW 627	27681
Ken Lichtner	Mi	15:15 – 16:00 Uhr	EW 266	28849
Jan Totz	Do	15:15 – 16:00 Uhr	EW 627	27681
Kilian Kuhla	Di	13:15 – 14:00 Uhr	EW 60/61	26143