

Übungsblatt 12

Ausgabe: 21.01.2025

Abgabe: 28.01.2025, vor 10:00 Uhr (Ilias)

Besprechung: 30.01.2025 (Tutorien)

Informationen zur Vorleistung und zur ersten Klausur finden Sie auf dem Merkblatt
Ankündigung_Klausur_1.pdf in Ilias.

Aufgabe 1

3 Punkte

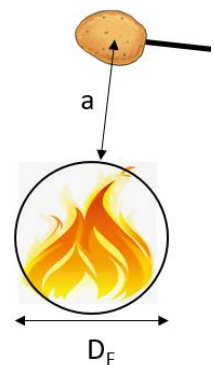
- a) Was versteht man unter Hohlraumstrahlung? **1 Punkt**
- b) Mit welcher wesentlichen Annahme konnte Max Planck das nach ihm benannte Gesetz für ihre spektrale Energiedichte herleiten? **1 Punkt**
- c) Zeigen Sie anhand der Formel $w(\nu)$ des Strahlungsgesetzes mit Frequenz ν , welche Konsequenz das Fehlen der Planckschen Hypothese hätte. **1 Punkt**

Aufgabe 2

3 Punkte

Sie garen eine Kartoffel (näherungsweise kugelförmig, Volumen V_K , Anfangstemperatur T_K) am Spieß im Abstand a über einem Feuer der Temperatur T_F . Nach welcher Zeit t_{Gar} hat die Kartoffel ihre Gar-Temperatur T_G erreicht?

Hinweis: Behandeln Sie das Feuer als kugelförmigen schwarzen Strahler mit Durchmesser D_F . Die Kartoffel soll alle Strahlungswellenlängen vollständig absorbieren, in sich ideale Wärmeleitung aufweisen, keine Wärme abstrahlen und hauptsächlich aus Wasser (spezifische Wärmekapazität c_w , Dichte ρ_w) bestehen.



Zahlenwerte: $T_K = 20^\circ\text{C}$, $T_F = 800^\circ\text{C}$, $T_G = 100^\circ\text{C}$, $V_K = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$, $D_F = 0.8 \text{ m}$, $a = 0.2 \text{ m}$,
 $c_w = 4182 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $\rho_w = 997 \text{ kg}/\text{m}^3$, Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

Aufgabe 3

3 Punkte

In der Vorlesung wurde das Plancksche Strahlungsgesetz in der Frequenzdarstellung hergeleitet:

$$w_\nu(\nu, T) = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \quad (\text{spektrale Energiedichte pro Frequenzintervall } d\nu)$$

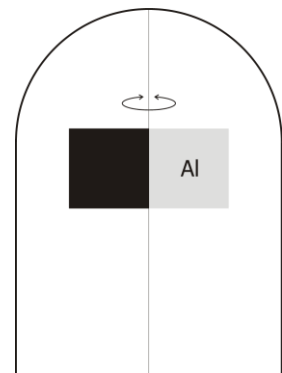
- a) Leiten Sie aus dem Planckschen Strahlungsgesetz das Wiensche Verschiebungsgesetz in der Frequenzdarstellung her. **1 Punkt**
- b) Leiten Sie das Wiensche Verschiebungsgesetz in der Wellenlängendarstellung her. Formen Sie dazu zunächst das oben angegebene Plancksche Strahlungsgesetz in die Wellenlängendarstellung um. **1,5 Punkte**
- c) Warum erhält man in Aufgabenteil b) einen anderen Wert für die Wiensche Verschiebungskonstante als in Aufgabenteil a)? **½ Punkt**

Aufgabe 4

5 Punkte

Eine Lichtmühle besteht aus einem rechteckigen Aluminiumplättchen (Höhe 2 cm, Breite 4 cm, Dicke 0,5 mm), das um seine Schwerpunktachse drehbar gelagert ist. Auf jeder Hälfte des Plättchens befindet sich auf der einen Seite eine dünne, ideal absorbierende schwarze Schicht, während auf der zugehörigen Rückseite das blanke Aluminium ideal reflektiert. Die Wärmetransport zwischen schwarzer Schicht und Aluminium sei vernachlässigbar.

Diese Anordnung befindet sich in einem Glaskolben, der mit Argon (ideales Gas, $p_0 = 1 \text{ Pa}$, $T_0 = 20^\circ\text{C}$) gefüllt ist. Die Mühle wird von allen Seiten so mit Licht bestrahlt, dass zu jedem Zeitpunkt eine Intensität von 1 kW/m^2 senkrecht auf das Plättchen einfällt.



Hinweis: Nehmen Sie an, dass an der Oberfläche reflektierte Argon-Atome die Oberflächentemperatur annehmen, ohne dass diese dadurch geändert wird.

- a) Überlegen Sie bzw. recherchieren Sie, warum sich die Lichtmühle dreht und beschreiben Sie dies kurz. **½ Punkt**
- b) Welche Temperatur nehmen die schwarzen Flächen an aufgrund der Lichteinstrahlung sowie der Wärmestrahlung aus der Umgebung? **1 Punkt**
- c) Berechnen Sie die Druckdifferenz zwischen einer Gasschicht in der Nähe der schwarzen Oberfläche und einer Gasschicht in der Nähe der blanken Oberfläche. Die Differenz entsteht durch den Temperaturunterschied der beiden Oberflächen. Benutzen Sie das allgemeine Gasgesetz. **½ Punkt**
- d) Berechnen Sie zum Vergleich die Strahlungsdruckdifferenz zwischen den beiden Oberflächen. Benutzen Sie die Formel $p_s = \gamma I/c$ (p_s : Strahlungsdruck, $\gamma = 1$ bei vollständiger Absorption, $\gamma = 2$ bei vollständiger Reflexion, I : Intensität des einfallenden Lichtes, c : Lichtgeschwindigkeit). **1 Punkt**
- e) Berechnen Sie Kraft und Drehmoment, die im thermischen Gleichgewicht aufgrund der Gasdruckdifferenz aus c) auf das Plättchen ausgeübt werden. **1 Punkt**
- f) Könnte man durch eine Erhöhung der Lichtintensität und damit des Strahlungsdrucks die Lichtmühle zum Stillstand bringen? Begründen Sie Ihre Antwort mit einer Rechnung oder guten Argumenten. **½ Punkt**
- g) Könnte man durch Senken des Argon-Drucks die Lichtmühle umdrehen? Begründen Sie Ihre Antwort mit einer Rechnung oder guten Argumenten. **½ Punkt**