

- 1.** Das **Plancksche Strahlungsgesetz** der spektralen Energiedichte der Hohlraumstrahlung als Funktion von deren Frequenz ν lautet

$$w(\nu)d\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{d\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

- a) Man leite aus dieser Beziehung das Stefan-Boltzmann-Gesetz für die **je Flächeneinheit in den gesamten Halbraum emittierte Strahlungsleistung** der Hohlraumstrahlung durch Integration über alle Frequenzen ab. Wie lautet der analytische Ausdruck für die Konstante σ im Stefan-Boltzmann-Gesetz, welche Einheit hat sie und was ist ihr numerischer Wert?

(Lösung: $dW/dt = \sigma T^4$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$)

Herleitung des **Wienschen Verschiebungsgesetzes** aus dem Plancksches Strahlungsgesetz.

- b) Man drücke das Plancksche Strahlungsgesetz als Funktion der Wellenlänge λ aus.
 c) Man bestimme das Maximum der Wellenlängenverteilung.
 d) Hat die Konstante des Wienschen Verschiebungsgesetzes einen analytischen Wert? Was ist ihre Einheit und ihr numerischer Wert? (Lösung: $\lambda_{\max} T = C_{\text{Wien}}$, $C_{\text{Wien}} = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

- 2.** Welche Strahlungsleistung emittiert ein „**zylindrischer Durchschnittsmensch**“ mit einer **Körpergröße von 1,7 m** und einem Körperumfang von **1 m** in einem **Raum der Temperatur 21 °C**, wenn man annimmt, dass die **Temperatur der Kleidungsoberfläche 30 °C** beträgt? (Lösung: $P = 101,15 \text{ W}$)

3. Photoelektrischer Effekt:

- a) Man bestimme die **Grenzwellenlänge**, ab der Elektronen aus einem **Festkörper mit 4,55 eV Austrittsarbeit** freigesetzt werden können. (Lösung: $\lambda_g = 272,46 \text{ nm}$)
 b) Unter der Annahme, dass die auf den Festkörper auftreffende Lichtintensität **$8 \cdot 10^{-6} \text{ Wcm}^{-2}$** beträgt und **innerhalb der Grenzwellenlänge** vollkommen von den im Festkörper befindlichen Elektronen (Elektronendichte $\rho_e \approx 10^{23} \text{ cm}^{-3}$) aufgenommen wird, berechne man klassisch die **mittlere Energieaufnahme** eines Elektrons.
 c) Wie lange dauert es, bis nach diesem klassischen Ansatz ein Elektron aus dem gegebenen Festkörper emittiert wird? (Lösung: $\Delta t = 2,48 \cdot 10^5 \text{ s}$)

- 4. Strahlungsgesetze im Haushalt:** Eine Glühbirne der **elektrischen Leistung $P = 60 \text{ W}$** wird mit der **Spannung $U = 230 \text{ V}$** betrieben. Der im Inneren der evakuierten Glühbirne befindliche Wolframdraht (spezifischer Widerstand $\rho = 5,65 \mu\Omega\text{cm}$) wird durch den ihn durchfließenden Strom auf **2500 K** erhitzt.

- a) Wie **dick** ist der Draht? (Lösung: $d = 8,9 \mu\text{m}$)
 b) Welche Spannung U_m ist nötig, damit der Draht durchbrennt? (Die Schmelztemperatur von Wolfram beträgt $T_m = 3137 \text{ K}$) (Lösung: $U_m = 362,2 \text{ V}$)

Bitte Seite wenden!

- 5. Messung der Austrittsarbeit:** Bei einem Experiment zum photoelektrischen Effekt wird ein Metall mit ultraviolettem Licht der **Wellenlänge $\lambda = 100 \text{ nm}$** bestrahlt. Um die emittierten Photoelektronen komplett abzubremesen, muss man die **Spannung $U = 7,7 \text{ V}$** anlegen.

→ Wie groß ist die **Austrittsarbeit** des Metalls? (*Lösung:* $W = 4,7 \text{ eV}$)

- 6. Mechanische Effekte von Licht:** Wir betrachten ein ^{23}Na Atom und seine Wechselwirkung mit nahe resonantem Laserlicht:

Na:

Massenzahl: $A=23$

Wellenlänge $5S_{1/2} - 5P_{2/3}$ $\lambda=589.2 \text{ nm}$

Lebensdauer $\tau= 61.5 \text{ ns}$ $\Gamma=1/\tau$

- wie groß ist der **Rückstossimpuls** der von einem Photon übertragen wird? Wie groß die Änderung der Geschwindigkeit des Na Atoms.
- wie groß ist die **Energie**, die ein Na Atom, welches vor dem Stoss in Ruhe ist, nach einem Photonrückstoss hat. Geben Sie diese Energie in verschiedenen Einheiten an (J, eV, äquivalente Temperatur)
- was ist die **maximale Kraft** (Beschleunigung), die ein Laserstrahl auf das Na Atom ausüben kann
Hinweis: die maximale Streurrate $R_{max}=\Gamma/2=1/2\tau$.
- In welcher Zeit (über welche Strecke) kann ein thermisches Na Atom ($E_{kin} \sim k_B T$ $T=300\text{K}$) mit dieser maximalen Kraft **abgebremst** werden.
- Wie viele Photonen können gestreut werden bis der **Dopplereffekt** die Wellenlänge des Laserlichtes um eine Linienbreite Γ verschiebt.