1. **Compton-Effekt**: Man berechne

a) die **Änderung der Wellenlänge λ** eines an einem **ruhenden Elektron** unter dem **Winkel φ** gestreuten **Photons**, *(Lösung: $\lambda_S - \lambda_0 = \frac{2h}{m_0 c}\sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)$)*

b) den Betrag der **Geschwindigkeit v** des Elektrons **nach der Streuung**.

(Lösung: $v = c\sqrt{1 - \frac{1}{\left[1 + \frac{2h^2\nu_0\nu_S}{m_0^2 c^4}\sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right]^2}}$)

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

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: $\lambda_{max}T = C_{Wien}$, $C_{Wien} = 2{,}88 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ K)*

3. Ein Metalldraht mit dem Durchmesser **d = 200 µm** wird unter Vakuum von einem Strom durchflossen und auf **T_1 = 3000 K** aufgeheizt. Seine Dichte beträgt **ρ = 19 gcm^{-3}**, und seine spezifische Wärmekapazität ist **c = 154,6 Jkg^{-1}K^{-1}**.

➔ Unter der Annahme, dass der Glühdraht ein **idealer schwarzer Strahler** ist und die Energieabgabe ausschließlich durch Strahlung erfolgt, berechne man, wie lange es dauert, bis er auf **T_2 = 800 K** abgekühlt ist. *(Lösung: 1,65 s)*

4. Eine Raumsonde untersucht die von einem sonnenähnlichen Stern im **Abstand r = 1,2 · 10^8 km** emittierte Strahlung. Der Spektraldetektor misst das **Maximum der Spektralverteilung bei 475 nm**. Das **2,21 m² große Sonnensegel** registriert **3,11 kW Strahlungsleistung** bei **senkrechter Bestrahlung**. Welchen Durchmesser ***d*** hat der Stern unter der Annahme, dass es sich um eine **idealen schwarzen Strahler** handelt? *(Lösung: $d_{Stern} = 1{,}02 \cdot 10^6$ km)*

Bitte Seite wenden!

5. **Interferometrie und Zweizustands-Systeme: Superposition und Bloch-Kugel:** Beschreiben Sie ein **Mach-Zehnder Interferometer** durch den **Weg** den ein Quantenzustand auf der Blochkugel zurücklegt.
Hinweis: Ein symmetrischer Strahlteiler entspricht einer Rotation um die x-Achse

a) Wie lässt sich auf der Blochkugel ein Phasenschub im Interferometer beschreiben?
b) Wie sieht der Weg auf der Blochkugel aus für einem Phasenschub $\Delta\Phi$ von

$\Delta\Phi = \frac{\pi}{2}$

$\Delta\Phi = -\frac{\pi}{2}$

$\Delta\Phi = \pi$

$\Delta\Phi = 2 \cdot \pi$

$\Delta\Phi = -17{,}25 \cdot \pi$

6. **Zweizustands-System und Superposition:** Blochkugel am Beispiel der Polarisation; ein Photon befinde sich in folgendem Zustand:

$$\left|\Psi\right\rangle = \cos(\pi/4)\left|H\right\rangle + \sin(\pi/4) \cdot e^{-\frac{i\cdot\pi}{4}}\left|V\right\rangle$$

a) Wo auf der Blochkugel befindet sich der Zustand?
b) Stellen Sie diesen Zustand in der Basis $\left|+45\right\rangle, \left|-45\right\rangle$ dar.
c) Stellen Sie diesen Zustand in der Basis $\left|\sigma^+\right\rangle, \left|\sigma^-\right\rangle$ dar.