

**Aufgabe 69: Wien'sches Verschiebungsgesetz (schriftlich, 7 Punkte)**

Bei welcher Frequenz  $\nu_{\max}$  und bei welcher Wellenlänge  $\lambda_{\max}$  beobachtet man das Maximum der Planck'schen Strahlungsverteilung  $u(\nu, T)$  bzw.  $\tilde{u}(\lambda, T)$ ? Warum ist  $c \neq \lambda_{\max} \nu_{\max}$ ?

*Hinweis:* Die Gleichungen

$$\exp(-y) + \frac{y}{5} - 1 = 0 \quad \text{bzw.} \quad \exp(-z) + \frac{z}{3} - 1 = 0$$

lassen sich nur numerisch lösen (z. B. mit dem Newton'schen Iterationsverfahren). Verifizieren Sie, dass durch  $y \approx 4,9651$  und  $z \approx 2,8214$  Lösungen dieser Gleichungen gegeben sind.

**Aufgabe 70: Stefan-Boltzmann-Gesetz (mündlich, 5 Punkte)**

Berechnen Sie die in einem schwarzen Körper insgesamt enthaltene Energiedichte (pro Volumen) durch Integration der Planck'schen Verteilung:

$$\int_0^{\infty} u(\nu, T) d\nu .$$

*Hinweis:* Identifizieren Sie im Integranden eine geometrische Reihe und integrieren Sie die Entwicklung gliedweise. Es gilt:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} = \frac{\pi^4}{90} .$$

**Aufgabe 71: Strahlungsgesetz (mündlich, 5 Punkte)**

Zeigen Sie, dass das Planck'sche Strahlungsgesetz für kleine Frequenzen in das Rayleigh-Jeans'sche und für große Frequenzen in das Wien'sche Strahlungsgesetz übergeht.

**Aufgabe 72: Lichtelektrischer Effekt (schriftlich, 5 Punkte)**

In der Vorlesung wurden für fünf Frequenzen die Maximalenergien der durch den lichtelektrischen Effekt ausgelösten Photoelektronen gemessen. Bestimmen Sie daraus mit Hilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die Idealgerade. Welche Werte ergeben sich für die Austrittsarbeit und für den Quotienten  $h/e$ ?

Hg-Linie	$\nu/10^{14}$ Hz	$U/V$
gelb	5,19	0,89
grün	5,49	1,02
blau	6,88	1,67
violett	7,41	1,88
ultraviolett	8,20	2,13

**Aufgabe 73: Proton-Proton-Streuung****(schriftlich, 8 Punkte)**

- a) Ein Proton trifft mit der Geschwindigkeit  $v_1$  auf ein ruhendes Proton. Dabei kann ein Proton-Antiproton-Paar  $\mathcal{P} + \bar{\mathcal{P}}$  erzeugt werden, d. h. es kann die Reaktion



stattfinden. Wie groß muss die Energie  $E_1$  des einlaufenden Protons dabei sein? Bestimmen Sie die zugehörige Geschwindigkeit  $v_1$ .

- b) Zwei Protonen bewegen sich mit Impulsen  $\vec{p}_1$  und  $\vec{p}_2 = -\vec{p}_1$  aufeinander zu. Wie groß muss die Summe ihrer Energien  $E_1 + E_2$  sein, damit ein Proton-Antiproton-Paar erzeugt werden kann? Geben Sie die zugehörigen Geschwindigkeiten der Teilchen an.
- c) Wieviel Energie muss man den Teilchen in a) und b) zuführen, wenn zu Beginn des entsprechenden Experiments alle Protonen ruhen?

**Aufgabe 74: Transformation ins Schwerpunktsystem****(mündlich, 10 Punkte)**

Ein Teilchen mit der Ruhemasse  $m_1$  trifft im Laborsystem mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}_1 = (v_1, 0, 0)$  auf ein ruhendes Teilchen mit der Masse  $m_2$ .

- a) Geben Sie den Vierervektor  $\vec{P}_{\text{ges}}$  des Gesamtimpulses an.
- b) Zeigen Sie, dass eine Lorentz-Transformation mit der Relativgeschwindigkeit

$$\vec{v}_{\text{rel}} = (v_{\text{rel}}, 0, 0) \quad \text{und} \quad v_{\text{rel}} = \frac{v_1}{1 + \frac{m_2}{m_1} \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}$$

auf einen Vierervektor  $\vec{P}'_{\text{ges}}$  führt, dessen Dreierimpuls  $\vec{p}'_{\text{ges}}$  verschwindet. Dies entspricht einer Transformation vom Laborsystem  $S$  ins Schwerpunktsystem  $S'$ .

*Hinweis:* Zeigen Sie zunächst, dass sich die Relativgeschwindigkeit als  $v_{\text{rel}} = \frac{p_1 c^2}{E_{\text{ges}}}$  schreiben lässt.

- c) Bestimmen Sie die Gesamtenergie  $E'_{\text{ges}}$  im Schwerpunktsystem  $S'$ . Drücken Sie dabei Ihr Ergebnis durch  $m_1$ ,  $m_2$  und  $E_1$  aus.

**Nicht vergessen!**

Am 11.02.2010 findet von 09<sup>00</sup>-12<sup>00</sup> Uhr im HS 1 und HS 2 die Klausur zur Physik III statt.

Alle Studierenden, die die Voraussetzung zur Teilnahme an der Klausur erfüllt haben (in der Regel erfolgreiche Teilnahme an den Übungen) und teilnehmen wollen, müssen sich zur Klausur anmelden.

- Studierende in Bachelorstudiengängen müssen sich **unbedingt** im QISPOS zur Klausur anmelden (Zeitraum: 21.01.2010 bis 10.02.2010).
- Studierende in Diplomstudiengängen oder alten Lehramtsstudiengängen melden sich bitte im Raum 714, IG 1 an (Zeitraum: 01.02.2010 bis 10.02.2010).

Falls die Teilnahmeberechtigung **nicht** in diesem Semester in den Übungen erworben wurde, ist ein Nachweis einer früheren Teilnahmeberechtigung an der entsprechenden Klausur erforderlich.