



**Übungen zur Vorlesung
Experimentalphysik 3 (Wellen und Teilchen)
Wintersemester 2003/2004**
Blatt 11; Besprechung in den Übungen der 3. KW 2004

Aufgabe 43: *Materie aus Licht*

Im SLAC-Experiment 1997 zur erstmaligen Erzeugung von Materie und Antimaterie aus Licht wurde Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 527 \text{ nm}$ auf einen Elektronenstrahl der Energie $E = 46,6 \text{ GeV}$ geschossen.

- a) Welche Energie erhalten die unter $\theta = 180^\circ$ zurückgestreuten Lichtquanten?
(Hinweis: Wann können Sie die Näherung $\beta = 1 - \frac{1}{2\gamma^2}$ verwenden?)
- b) Welche Reaktionsenergie steht zur Verfügung, wenn ein rückgestreutes Lichtquant mit einem aus der Laserlichtquelle zusammenstößt?
(Denken Sie daran, dass $(Mc^2)^2 = (E_1 + E_2)^2 - (\vec{p}_1 c + \vec{p}_2 c)^2$ eine Lorentzinvariante ist. Unter Reaktionsenergie versteht man die Summe der Gesamtenergien $E' = E'_1 + E'_2$ in dem System, in dem die gerichtete Summe der Impulse verschwindet, also $\vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = 0$ ist.)
- c) Reicht die Reaktionsenergie aus, um ein Elektron-Positron-Paar zu erzeugen?
- d) Wieso wurden im genannten Experiment trotzdem e^+e^- -Paare beobachtet? Wieviel direkte Laserquanten müssen mit einem rückgestreuten mindestens kollidieren, damit $E' > 2m_e c^2$ wird?

Aufgabe 44: *Statistik im Photomultiplier*

In einem Photomultiplier, der bei einer anliegenden Spannung von $-2,5 \text{ kV}$ über seine 10 Stufen eine Gesamtverstärkung von 10^6 liefert, wird an der Kathode durch ein einfallendes Photon ein Elektron erzeugt. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass an der Anode kein Signal entsteht? Berücksichtigen Sie bei Ihrer Betrachtung nur die erste Dynode des Photomultipliers.

(Hinweis: Die Anzahl der an einer Dynode durch den Beschuss mit einem primären Elektron erzeugten Elektronen unterliegt der Binomialstatistik.)

Aufgabe 45: *Quantelung des Lichtes*

Gelbes Licht der Wellenlänge $\lambda = 600 \text{ nm}$ kann der Mensch mit bloßem Auge wahrnehmen, wenn die Netzhaut mindestens die Lichtleistung $P = 1,7 \cdot 10^{-18} \text{ W}$ empfängt. Wie viele Photonen treffen dabei in einer Sekunde auf die Netzhaut?

Aufgabe 46: *Photoeffekt*

An einer Wolframplatte (Austrittsarbeit von Wolfram $W_a = 4,55 \text{ eV}$) wird ein Photostrom beobachtet, der bei einer Gegenspannung $U_g = 2,38 \text{ eV}$ aussetzt. Aus welchem Wellenlängenbereich $[\lambda_1, \lambda_2]$ stammen die Photonen, die zu dem beobachteten Photonenstrom beitragen?