

## Aufgabenblatt 5, Physik B, 5./6. Juni 2003

1. Beim lichtelektrischen Effekt lösen einfallende Photonen aus der Oberfläche eines Materials Elektronen heraus. Die Austrittsarbeit für Kalium ist  $W_K = 2.30 \text{ eV}$ .
  - a) Welche Bedingung muss die Wellenlänge  $\lambda$  der Photonen erfüllen, damit überhaupt Elektronen austreten ?
  - b) Angenommen die Wellenlänge der eingestrahlen Photonen sei  $\lambda = 440 \text{ nm}$ . Wie groß ist dann die kinetische Energie der austretenden Elektronen ?

**Lösung:**  $E = hc/\lambda$  mit  $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ .

a)  $\lambda < \lambda_{max} = hc/W_K = 539 \text{ nm}$

b) Photonenenergie ist  $E_{ph} = hc/\lambda = 2.82 \text{ eV}$ , also ist die kinetische Energie der Elektronen  $0.52 \text{ eV}$ .

2. Ein  $\pi^0$  Meson mit Ruhemasse  $m_0 = 135 \text{ MeV}/c^2$  zerfällt in zwei  $\gamma$ -Quanten. Die Zerfallsrichtung der Photonen im Ruhesystem des  $\pi^0$  steht senkrecht zur Bewegungsrichtung des  $\pi^0$  und das  $\pi^0$  hatte im Augenblick des Zerfalls einen Impuls  $p = 100 \text{ MeV}/c$ . Berechnen Sie die Energie der Photonen und den Winkel zwischen den Richtungen der Photonen und der Bewegungsrichtung des  $\pi^0$ .

**Lösung:** Die Lösung ist für die beiden Photonen symmetrisch. Wir legen die Emissionsrichtung der Photonen im Ruhesystem in die x-Richtung, die Bewegungsrichtung des  $\pi^0$  in y-Richtung.

Im Schwerpunktsystem haben die Photonen die Energie  $E^* = m_0 c^2/2 = 67.5 \text{ MeV}$  wegen der Energieerhaltung, also den Impuls  $p_x^* = 67.5 \text{ MeV}/c$ . Im Labor bleibt diese Impulskomponente erhalten, da sie senkrecht zur Bewegungsrichtung des  $\pi^0$  steht, also  $p_x = 67.5 \text{ MeV}/c$ . Die Impulserhaltung erfordert, dass jedes Photon den halben Impuls des  $\pi^0$  übernimmt, also  $p_y = 50 \text{ MeV}/c$ . Damit wird der Winkel mit der y-Achse  $\theta = \arctg(p_x/p_y) = 53^\circ$ . Die Energie jedes Photons ist  $E = c \cdot \sqrt{p_x^2 + p_y^2} = 84.0 \text{ MeV}$ .

Probe: Die Energie des  $\pi^0$  ist  $E_\pi = \sqrt{135^2 + 100^2} \text{ MeV} = 168 \text{ MeV} = 2 \cdot 84 \text{ MeV}$ , stimmt !!

3. Ein  $\Lambda$  Teilchen mit Ruhemasse  $m_\Lambda = 1115 \text{ MeV}/c^2$  emittiert ein Proton (Ruhemasse  $m_p = 938 \text{ MeV}/c^2$ ) mit einem Impuls  $p^* = 100 \text{ MeV}/c$  im Ruhesystem. Im Labor bewegt sich das  $\Lambda$  in Richtung des Protons mit einem Impuls  $p_\Lambda = 1 \text{ GeV}/c$ . Wie groß ist der Impuls des Protons im Laborsystem?

**Lösung:** Wir wenden die Transformation für die Impulskomponente in Bewegungsrichtung an:  $p_L = \gamma p_L^* + \beta \gamma E^*$  !

$\beta \gamma = pc/mc^2 = 0.896 \implies \gamma = 1.343$ , außerdem ist  $E_p^* = 943 \text{ MeV}$ .

Damit wird  $p_{LAB} = 979 \text{ MeV}/c$ .

4. In einer Röntgenröhre durchlaufen die Elektronen eine Spannung  $U = 20 \text{ kV}$ , bevor sie auf die Anode auftreffen. In welchem Bereich liegen die Wellenlängen der Bremsstrahlung ?

**Lösung:**  $\lambda > \lambda_{min} = hc/eU = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}/20 \text{ keV} = 62 \text{ pm}$ .