Angelo Brade, Dominik Wawrzinek

$\sum 34$

$\sum 15$

Aufgabe 1:

Für Wasserstoff:

Energieerhaltung:

$$E_{kin,n} + E_{kin,H} = E'_{kin,n} + E_{kin,H}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m_n v_n^2 + \frac{1}{2} m_H \underbrace{v_H^2}_{0} = \frac{1}{2} m_n v_n'^2 + \frac{1}{2} m_H v_H'^2$$

$$\Rightarrow m_n v_n^2 = m_n v_n'^2 + m_H v_H'^2$$

$$\text{I:} \Rightarrow m_n (v_n^2 - v_n'^2) = m_H v_H'^2$$

Impulserhaltung:

$$p_n + p_H = p_n' + p_H'$$

$$\Rightarrow m_n v_n + m_H \underbrace{v_H}_{0} = m_n v_n' + m_H v_H'$$

$$\Rightarrow m_n v_n = m_n v_n' + m_H v_H'$$

$$\text{II:} \Rightarrow m_n (v_n - v_n') = m_H v_H'$$

(I) durch (II) teilen:

$$v_H = \frac{v_n^2 - v_n'^2}{v_n - v_n'} \quad | \text{ 3. Binom. Formel}$$

$$= v_n + v_n'$$

In (II) einsetzen:

$$m_H v_H' = m_n (2 v_n - v_H')$$

$$\Rightarrow v_n = v_H \frac{m_H + m_n}{2 m_n}$$ ✓

Für Stickstoff: 2

Analog zu Wasserstoff

$$\Rightarrow v_n = v_S \frac{m_S + m_n}{2 m_n}$$ ✓

Aus $v_n = v_n(v_S) = v_n(v_H)$ folgt:

$$\Rightarrow v_S \frac{m_S + m_n}{2 m_n} = v_H \frac{m_H + m_n}{2 m_n}$$

$$\Rightarrow m_n = \frac{v_S m_S - v_H m_H}{v_H - v_S}$$ ✓

Mit $v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$ ✓ folgt:

$$m_n = \frac{\sqrt{2 E_S m_S} - \sqrt{2 E_H m_H}}{\sqrt{\frac{2E_H}{m_H}} - \sqrt{\frac{2 E_S}{m_S}}}$$ ✓

Mit $m_S = 14u = 14 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}\,kg$, $m_H = 1u = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\,kg$, $E_S = 1{,}6\,MeV$ und $E_H = 5{,}7\,MeV$

erhalten wir: $m_n = 1{,}07\,GeV$ ✓ $= 1{,}9 \cdot 10^{-27}\,kg$

Also $v_n = v_S \frac{m_S + m_n}{2 m_n} = \sqrt{\frac{2 E_S}{m_S}} \cdot \frac{m_S + m_n}{2 m_n} = 31{,}06 \cdot 10^6\,m/s \Rightarrow E_{kin} = 5{,}7\,MeV.$ ✓

Nr. 2 Σ 11

1.)

Impulsbilanz: $P_a + P_b = P_R = P_c + P_d$ ✓ 1/1

2.)

$s = P_a^2 + P_b^2 + 2P_aP_b$

$t = P_a^2 + P_c^2 - 2P_aP_c$

$u = P_a^2 + P_d^2 - 2P_aP_d$

$$s+t+u = P_a^2 + P_b^2 + 2P_aP_b + P_a^2 + P_c^2 - 2P_aP_c + P_a^2 + P_d^2 - 2P_aP_d \qquad | P_i^2 = m_i^2$$

$$= m_a^2 + m_b^2 + m_c^2 + m_d^2 + 2P_a^2 + 2P_aP_b - 2P_aP_c - 2P_ad$$

$$= m_a^2 + m_b^2 + m_c^2 + m_d^2 + 2P_a(\underbrace{P_a + P_b - P_c - P_d}_{=0}) \qquad | P_a + P_b = P_c + P_d \Rightarrow P_a + P_b - P_c - P_d = 0$$

$$= m_a^2 + m_b^2 + m_c^2 + m_d^2$$

4/4

3.)

Im Ruhesystem von R ist die Schwerpunktsenergie $\sqrt{s}$ von R die Ruheenergie von ebendiesen, da $\sqrt{s}$ die Gesamtenergie bezüglich des Schwerpunkt beschreibt und R als einziges Teilchen im System der Schwerpunkt selbst ist und sich somit in ruhe befindet. ✓ 2/2

4.)

a) $\sqrt{s} = \sqrt{(P_\gamma + P_p)^2} = \sqrt{((E_\gamma, \vec{p}_\gamma)^T + (m_p, 0))^2} = \sqrt{(E + m_p)^2 - \vec{p}_\gamma^2} \qquad | \vec{p}_\gamma^2 = E_\gamma^2$

$= \sqrt{E_\gamma^2 + m_p^2 + 2E_\gamma m_p - E_\gamma^2}$

$= \sqrt{m_p^2 + 2E_\gamma m_p} \qquad | E_\gamma = 2GeV, m_p = 1{,}66 \cdot 10^{-27} kg$?

$\approx 1{,}03 \cdot 10^{-18} J \approx 6{,}43 eV$ f 1/2

$\hbar = c = 1$ $m_p \approx 1 GeV$

$s = 1 + 2 \cdot 1 \cdot 1 = 5$

$\sqrt{s} \approx \sqrt{5} \approx 2.2 GeV$

b) $\sqrt{s} = \sqrt{(P_p + P_{\bar{p}})^2} = \sqrt{((E, \vec{p}) + (E, -\vec{p}))^2} = \sqrt{(2E)^2} = 2E$ ✓ $\qquad | E = 1 GeV$ f

$= 2 GeV$ f

$E = E_{kin} + m_p \approx 2 \Rightarrow \sqrt{s} \approx 4$ 1/2

5.)

$\sqrt{s} = \sqrt{(P_{e^-} + P_{e^+})^2} = \sqrt{((E, \vec{p}) + (E, -\vec{p}))^2} = 2E$

Aus „Teilchen und Kerne-Povh":

$m_{Z^0} = \sqrt{s}/c^2 \qquad | m_{Z^0} = 1{,}626 \cdot 10^{-25} kg$? $m_Z = 91 GeV$

$\Leftrightarrow E = \frac{1}{2} m_{Z^0} \cdot c^2$

$\approx 7{,}317 \cdot 10^{-9} J \approx 45{,}67 GeV$

2/2

Nr.3 Σ 8

Reaktion: $\gamma + p \to X + \gamma_1 + \gamma_2$

Gegeben: $E_\gamma = 2\,GeV$ $E_{\gamma_1} = 0{,}661\,GeV$ $\theta_{\gamma_1} = 81{,}3°$ $\phi_{\gamma_1} = 8{,}4°$ $E_{\gamma_2} = 0{,}061\,GeV$ $\theta_{\gamma_2} = 72{,}5°$ $\phi_{\gamma_2} = 47{,}8°$

1.)

Invariante Masse: $\sqrt{s} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} P_i\right)^2}$ $\quad | P_i = (E_i, \vec{p}_i) \quad | ()^2$

$$s = (E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2})^2 - \|\vec{p}_{\gamma_1} + \vec{p}_{\gamma_2}\|^2$$
$$= E_{\gamma_1}^2 + E_{\gamma_2}^2 + 2E_{\gamma_1}E_{\gamma_2} - (\vec{p}_{\gamma_1}^{\,2} + \vec{p}_{\gamma_2}^{\,2} + 2\vec{p}_{\gamma_1}\vec{p}_{\gamma_2}) \qquad | \vec{p}_{\gamma_i}^{\,2} = E_{\gamma_i}^2$$
$$= 2E_{\gamma_1}E_{\gamma_2} - 2\vec{p}_{\gamma_1}\vec{p}_{\gamma_2}$$
$$= 2(E_{\gamma_1}E_{\gamma_2} - (p_{x\gamma_1}p_{x\gamma_2} + p_{y\gamma_1}p_{y\gamma_2} + p_{z\gamma_1}p_{z\gamma_2})) \qquad | \vec{p}_{\gamma_i} = E_{\gamma_i} \cdot \begin{pmatrix} \sin\theta\cos\phi \\ \sin\theta\sin\phi \\ \cos\theta \end{pmatrix}$$
$$= 2(E_{\gamma_1}E_{\gamma_2} - E_{\gamma_1}E_{\gamma_2}(\sin\theta_{\gamma_1}\cos\phi_{\gamma_1}\sin\theta_{\gamma_2}\cos\phi_{\gamma_2} + \sin\theta_{\gamma_1}\sin\phi_{\gamma_1}\sin\theta_{\gamma_2}\sin\phi_{\gamma_2} + \cos\theta_{\gamma_1}\cos\theta_{\gamma_2}))$$
$$= 2E_{\gamma_1}E_{\gamma_2}(1 - (\sin\theta_{\gamma_1}\sin\theta_{\gamma_2}(\cos\phi_{\gamma_1}\cos\phi_{\gamma_2} + \sin\phi_{\gamma_1}\sin\phi_{\gamma_2}) + \cos\theta_{\gamma_1}\cos\theta_{\gamma_2})) \qquad | \text{Additionstheorem}$$
$$= 2E_{\gamma_1}E_{\gamma_2}(1 - (\sin\theta_{\gamma_1}\sin\theta_{\gamma_2}\cos(\phi_{\gamma_1} - \phi_{\gamma_2}) + \cos\theta_{\gamma_1}\cos\theta_{\gamma_2}))$$
$$\approx 0{,}018\,GeV$$
$$\sqrt{s} \approx 0{,}135\,GeV$$

✓ 4/4

2.)

$E_p = m_p c^2 = 0{,}938\,GeV$

Aufgrund von Energieerhaltung gilt:

$$E_\gamma + E_p = E_X + E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2}$$
$$\Leftrightarrow E_X = E_\gamma + E_p - E_{\gamma_1} - E_{\gamma_2} = 2{,}216\,GeV$$

Geht man davon aus, dass das unbekannte Teilchen in Ruhe ist, beträgt seine Masse:

$$m_X = \frac{E_X}{c^2} = 1{,}18 \cdot 10^{-18}\,kg$$

P = 4-Vect.

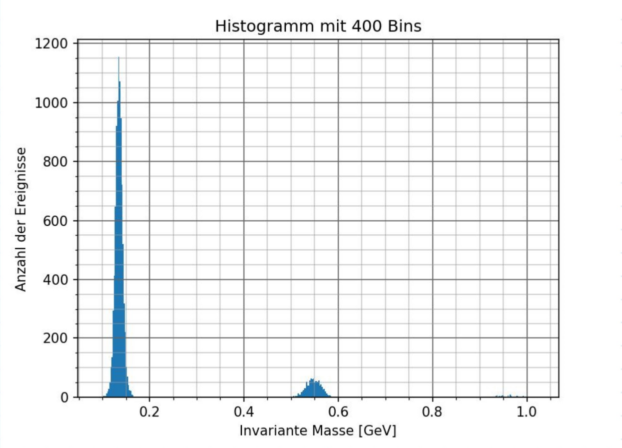
$$m_X^2 = (P_\gamma + P_p - P_1 - P_2)^2$$

Hier kartes. koo.

Wann sollte man?

0/4

3.)



Aus dem Histogramm lassen sich zwei, vielleicht drei, verschiedene Mesonen ablesen. Die mit Abstand meisten Ereignisse lassen sich Pionen zuschreiben, mit einer invarianten Masse von ca. 0,135 GeV. Einige andere Ereignisse passen mit einer invarianten Masse von ca. 0,550 GeV zu den η-Mesonen. Und einige vereinzelte Ereignisse könnten sich den den η'-Mesonen mit einer invarianten Masse von ca. 0,960 GeV zuschreiben lassen.

✓ 3/3

4.)

$m_{\pi^0} = 135\,MeV$ $\quad \tau = 8{,}43 \cdot 10^{-17}\,s$

Theoretische Halbwertsbreite: $\Gamma = \frac{\hbar}{\tau} \approx 7{,}86\,eV$ ✓

Abgelesene Halbwertsbreite: $\Gamma \approx 15\,MeV$ ✓

1/1

Sd. - Maßfehler → Breite

Die abgelesene Halbwertsbreite ist sehr viel größer als die theoretische, da die angegebene Lebensdauer des neutralen Pions nur ein Mittelwert ist und recht großen Schwankungen unterliegt. Zudem gibt es wie immer Messunsicherheiten, welche für eine größere Streuung der Messwerte sorgen. ✓ 7,86eV