

Übungen zu Experimentalphysik V Wintersemester 2012/13  
Prof. Karl Jakobs, Dr. Iacopo Vivarelli  
Übungsblatt Nr. 1

Die Lösungen müssen bis 10 Uhr am Dienstag den 30.10.2012 in die Briefkästen im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

---

1. Relativistische Kinematik

Ein Teilchen der Masse  $m$  bewege sich mit der Geschwindigkeit  $v$  im Laborsystem. Drücken Sie die Größen  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\beta\gamma$  durch den Betrag des Dreierimpulses  $|\vec{p}|$  und der Energie  $E$  aus. [2 Punkte]

2. Kosmische Myonen

Myonen der Höhenstrahlung werden beim Einfall kosmischer Strahlung auf die Erdatmosphäre in einer Höhe von  $h = 8000$  m über dem Erdboden produziert, z.B. über den Zerfall  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$ . Im folgenden soll angenommen werden, dass die Myonen eine kinetische Energie von 900 MeV haben. Die Ruhemasse des Myons beträgt 105,7 MeV.

- Berechnen Sie die totale Energie eines Myons der Höhenstrahlung. [1 Punkt]
- Berechnen Sie den Impuls des Myons. [1 Punkt]
- Die erzeugten Myonen zerfallen nach einer mittleren Lebensdauer von  $\tau = 2,2 \cdot 10^{-6}$  s über die Reaktion  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ . Berechnen Sie die mittlere Flugstrecke der Myonen in ihrem Ruhesystem und im Laborsystem. [1 Punkt]
- Myonen zerfallen nach einem exponentiellen Zerfallsgesetz. Die Zahl der nach der Zeit  $t$  nicht zerfallenen Myonen ist gegeben durch  $N(t) = N_0 \cdot e^{-t/\tau}$  mit  $N_0$  als Zahl der zum Zeitpunkt  $t = 0$  vorhandenen Myonen. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür, dass das Myon eine Flugstrecke von mindestens 1000 m zurücklegt, bevor es zerfällt. [1 Punkt]

3. Supernova

Von einer Supernova, die 170000 Lichtjahre entfernt ist, kommen zwei Neutrinos mit den Energien  $E_1 = 20$  MeV und  $E_2 = 5$  MeV auf der Erde an. Wie groß ist die zeitliche Verzögerung der beiden Neutrinos gegeneinander, wenn man annimmt, dass ihre Ruhemasse  $1\text{eV}/c^2$  beträgt? [2 Punkte] (*Hinweis: Die Berechnung vereinfacht sich, wenn man ausnutzt, dass die Ruhemasse der Neutrinos klein gegenüber ihrer Energie ist.*)

4. Relativistische Kinematik 2

Ein Teilchen der Masse  $M$  zerfällt in zwei Teilchen der Massen  $m_1$  und  $m_2$ . Betrachten Sie den Zerfall im Ruhesystem des Teilchens mit der Masse  $M$ :

- Bestimmen Sie die Energie und die Dreierimpulse der Zerfallsteilchen [2 Punkte]
- Bestimmen Sie  $(P_1^* + P_2^*)^2$ , wobei  $P_1^*$  ( $P_2^*$ ) die Vierervektoren der Zerfallsteilchen darstellen [1 Punkt]

Gehen Sie nun in das System, in dem sich das Teilchen  $M$  mit dem Dreierimpulse  $\vec{p}$  bewegt.

- Bestimmen Sie in diesem System die Energie und die Dreierimpulse der Zerfallsteilchen [2 Punkte]
- Bestimmen Sie  $(P_1 + P_2)^2$ , wobei  $P_1$  ( $P_2$ ) die Vierervektoren der Zerfallsteilchen in diesem System darstellen [1 Punkt]