

Übungen zur Physik I (Mechanik)

Wintersemester 2009/10

Übungsblatt Nr. 11

Tutoriums-Nr: _____

Abzugeben bis zum 18.01.2010, 12:00 Uhr

Namen: _____

Aufgabe 40: Zweistufige Rakete

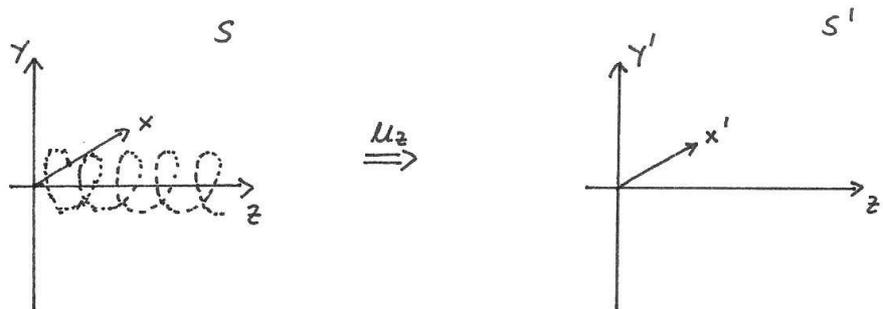
2 Punkte

Eine zweistufige Rakete entfernt sich von der Erde. Nach dem Ablösen der zweiten Stufe stellt sich folgende Situation ein: die erste Stufe ($m_1 = 100 \text{ t}$) entfernt sich mit der Geschwindigkeit $v_1 = 0,6 c$ von der Erde, während sich die zweite Stufe ($m_2 = 5 \text{ t}$) mit einer Relativgeschwindigkeit $v_2 = 0,7 c$ von der ersten Raketenstufe entfernt.

- Wie groß ist die Geschwindigkeit v'_2 der zweiten Stufe relativ zur Erde?
- Wie groß ist die relativistische Masse der ersten sowie der zweiten Stufe?

Aufgabe 41: Bewegung im Inertialsystem S'

7 Punkte



Ein Teilchen bewege sich in dem Inertialsystem S auf einer Helix $\vec{x} = (\cos(\omega \cdot t), \sin(\omega \cdot t), v_0 \cdot t)$. Ein zweites Inertialsystem S' bewege sich mit der Geschwindigkeit $\vec{u} = (0, 0, u_z)$ mit $u_z = 0,9 c$ relativ zu S . Beschreiben Sie die Bewegung in S' durch $\vec{x}'(t')$ sowie $\vec{v}'(t')$ und $\vec{a}'(t')$.

Aufgabe 42: Teilchenbeschleuniger

5 Punkte

Die Schwerpunktsenergie \sqrt{s} ist eine wichtige Kenngröße von Teilchenbeschleunigern und ist invariant unter Lorentztransformationen:

$$s = \left(\sum_i E_i \right)^2 - \left(\sum_i p_{x,i} c \right)^2 - \left(\sum_i p_{y,i} c \right)^2 - \left(\sum_i p_{z,i} c \right)^2$$

Hier wird über alle Teilchen i summiert, $p_{x,y,z}$ ist die x, y, z -Komponente des Impulses des Teilchens und E ist die Energie des Teilchens. Die gebräuchliche Energieeinheit ist [GeV] und sie gibt die Energie an, die ein Elektron nach Durchlaufen einer Spannungsdifferenz von $U = 10^9 \text{ V}$ hat. Der Impuls wird in [GeV/c] angegeben und die Masse in $[\text{GeV}/c^2]$. Die Masse des Protons ist $m_p = 0,938 \text{ GeV}/c^2$ und die Masse des Elektrons ist $m_e = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ GeV}/c^2$.

- a) Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie \sqrt{s} von Teilchenreaktionen am ep -Beschleuniger HERA am DESY (Hamburg) und am pp -Beschleuniger LHC am CERN (Genf) aus den angegebenen Energien der Teilchen. Bei HERA wurden bis Sommer 2007 Elektronen der Energie $E_e^{HERA} = 27.5 \text{ GeV}$ und Protonen der Energie $E_p^{HERA} = 920 \text{ GeV}$ frontal zur Kollision gebracht. Beim neuen pp -Beschleuniger wurden im Dezember 2009 erstmalig Protonen mit jeweils einer Energie von $E_p^{LHC} = 1180 \text{ GeV}$ frontal zur Kollision gebracht. Dies ist bereits Weltrekord und im Jahr 2010 soll die Energie der Protonen weiter erhöht werden.
- b) Wie hoch müsste die Energie des Protons E_p sein, wenn in einer Reaktion mit einem stationären Target (Proton) dieselbe Schwerpunktsenergie erreicht werden soll, wie bei den pp -Kollisionen im Dezember 2009 am LHC?

Welche Näherung kann man bei diesen Energien machen?

Aufgabe 43: Zerfall eines Teilchens

6 Punkte

Ein hypothetisches Teilchen X zerfällt in 3 Teilchen: A , B und C . Da X sehr kurzlebig ist, kann es nicht selber im Detektor nachgewiesen werden, sondern nur seine Zerfallsteilchen.

Die in der Tabelle angegebenen Impulse und Ruhemassen wurden für die drei Zerfallsteilchen bestimmt. [GeV] ist eine Energieeinheit und gibt die Energie an, die ein Elektron nach Durchlaufen einer Spannungsdifferenz von $U = 10^9 \text{ V}$ hat.

Wie groß ist die Ruhemasse $m_{0,X}$ und die Geschwindigkeit v_X des X -Teilchens (in Einheiten von GeV/c^2 bzw. c)?

Teilchen	p_x [GeV/c]	p_y [GeV/c]	p_z [GeV/c]	m_0 [GeV/c ²]
A	1	2	1	$\sqrt{3}$
B	-2	0	0	0
C	3	-1	1	$\sqrt{5}$

Die Übungsaufgaben finden Sie im Internet unter der URL:

<http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~jwagner/WS0910/Uebungen>