

Übungsaufgaben

1. Berechnen Sie, bis zu welcher Geschwindigkeit v die relativistische Massenzunahme $\Delta m = m - m_0$ weniger als 1 % von m_0 beträgt.
2. In ein homogenes Magnetfeld schießt man Elektronen senkrecht zur Richtung des Feldes ein. Sie beschreiben dort Kreisbahnen.
 - a) Zeigen Sie, dass die Umlaufzeit T der Elektronen auf ihren Kreisbahnen nicht von ihrer Geschwindigkeit v abhängt, solange $v < 0,1c$ ist.
 - b) Wie hängt die Umlaufzeit T von der Geschwindigkeit ab, wenn man den relativistischen Massenzuwachs der Elektronen berücksichtigen muss?
 - c) Bei welcher Bahngeschwindigkeit der Elektronen ergibt sich gegenüber dem nichtrelativistischen Fall die 1,25-fache Umlaufdauer?
3. Elektronen treten mit der Geschwindigkeit $v = 0,98 \cdot c$ in ein begrenztes homogenes Magnetfeld ein.
 - a) Berechnen Sie die Masse der Elektronen in Vielfachen der Ruhemasse und bestimmen Sie damit die notwendige Beschleunigungsspannung. [zur Kontrolle: $m = 5,0 \cdot m_0$]
 - b) Die Flussdichte B des Magnetfelds beträgt 500 mT. Berechnen Sie den Bahnradius und die Flugdauer für eine Kreisbahn.
4. Berechnen Sie für Elektronen (Ruhemasse $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg) die Größe $m_0 \cdot c^2$ in der Einheit eV. Berechnen Sie die kinetische Energie von Elektronen (in eV) für $u/c = 0,3; 0,6; 0,8; 0,9; 0,95; 0,99$ und stellen Sie u in Abhängigkeit von E_{kin} graphisch dar (Rechtswertachse: 10^6 eV \rightarrow 5cm; Hochwertachse: $c \rightarrow$ 10cm).
5. Ein radioaktiver Kern fliegt mit einer Geschwindigkeit von $0,5c$ in x -Richtung. In seinem Ruhesystem sendet er Elektronen mit einer Geschwindigkeit von $0,6c$ aus. Welche Geschwindigkeit haben die Elektronen im Laborsystem, wenn sie im Ruhesystem des Kerns in positiver bzw. negativer Richtung emittiert werden?
6. Zwei Raumschiffe fliegen mit entgegengesetzter Richtung mit $0,6c$ bzw. $0,8c$ an der Erde vorbei. Ermitteln Sie mit Hilfe eines Minkowski-Diagramms, um welchen Faktor die Uhren des einen Raumschiffs gegenüber dem anderen Raumschiff langsamer gehen.
7. Ein Fluss hat eine Strömungsgeschwindigkeit von 50m/min.
 - a) Zeichnen Sie ein x - t - bzw. x' - t' -Diagramm (eine Zeichnung), das relativ zum Ufer ruht bzw. sich mit der Strömung mitbewegt.
 - b) Lösen Sie graphisch: Ein Motorbootfahrer startet am Ort A zu einer Fahrt stromaufwärts. Sein Boot fährt relativ zum Wasser mit einer Geschwindigkeit von 200 m/min. Nach einer Minute entdeckt er, dass ihm eine halbvolle Whiskyflasche über Bord gefallen ist. Er kehrt sofort um und holt die Flasche 100m stromabwärts von Punkt A ein. Allerdings war ihm kurz nach dem Wenden der Motor für eine halbe Minute ausgefallen, und bei A musste er für 38s wegen einer den Fluss überquerenden Fährbahn anhalten. Wann und wo hatte er die Flasche verloren?
8. Ein Raumschiff nähert sich mit $0,6c$ der Erde. Während einer Fernsehübertragung zur Erde vergeht im Raumschiff eine Stunde. Wie lange dauert die Sendung auf der Erde?
9. Ein Raumschiff startet am Neujahrstag mit $0,8c$ zum erdnächsten Stern Alpha-Centauri, der 4 Lichtjahre von uns entfernt ist. Nach einem Aufenthalt von 2 Jahren kehrt das Raumschiff mit $0,6c$ zur Erde zurück. Jeweils zur Jahreswende soll ein Neujahrsgruß vom Raumschiff und von der Erde ausgesendet werden. Zeichnen Sie in ein Minkowski-Diagramm den Verlauf der Weltraumreise. Tragen Sie auch die Weltlinien der Funksprüche ein. Nach wie vielen Jahren kehrt das Raumschiff zurück, und wie viele Botschaften wurden jeweils ausgesendet?
10. Eine Absorptionslinie des Milchstraßensystems ‚Corona Borealis‘ ist von 394nm zu 423 nm verschoben. Berechnen Sie daraus die Geschwindigkeit des Systems.

11. Das Raumschiff A entfernt sich von der Erde mit der Geschwindigkeit $\frac{1}{3} c$, das Raumschiff B mit der Geschwindigkeit $\frac{2}{3} c$ in entgegengesetzter Richtung. Mit welcher Geschwindigkeit entfernt sich A von B?
12. Myonen werden in 20 km Höhe erzeugt und fliegen mit $0,9998 c$ auf die Erde zu. Welche Ausdehnung hat für die Myonen die Atmosphärenschicht von 20 km?
13. Wie schnell muss eine Rakete an der Erde vorbei fliegen, damit ihre gemessene Länge die Hälfte ihrer Eigenlänge beträgt? Wie lange dauert in diesem Fall eine Sekunde an Bord der Rakete?
14. Ein Raumschiff bewegt sich mit der Geschwindigkeit $0,6 c$ gegenüber einem Beobachter auf der Erde. Zur Zeit $t = t' = 0$ s begegnen sich beide.
 - a) Ein von der Erde ($x = 0$) ausgesandtes Lichtsignal erreicht das Raumschiff zur Zeit $t = 2$ s (Erdzeit). Welche Zeit zeigt die Uhr im Raumschiff bei der Ankunft des Lichtsignals an?
 - b) Zu welcher Zeit wurde das Lichtsignal von der Erde ausgesandt?
 - c) Zeichnen Sie ein zugehöriges Minkowski-Diagramm.