Abgabe bis	Fr, 16. Januar, 13:15 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)
Besprechung	Mi, 21. Januar 2015

1. *Raketenreise I* **(2 Punkte)**
Sie machen eine Reise mit einer Rakete, die sich mit der konstanten Geschwindigkeit von $0{,}9c$ von der Erde entfernt. Würden Sie eine Veränderung an Ihrem Herzschlag feststellen? Würde sich Ihre Masse, Ihre Größe oder Ihr Taillenumfang ändern? Was würden Beobachter auf der Erde über diese Größen aussagen, die Sie mit Teleskopen betrachten?

2. *Raketenreise II* **(1 Punkt)**
Eine Astronautin fliegt zu einem 75 Lichtjahre entfernten Stern. Wie schnell muss ihre Rakete sein damit die Reise aus ihrer Sicht nur 25 Jahre dauert? Wie lange dauert die Reise aus der Sicht eines Beobachters auf der Erde?

3. *Raketenreise III* **(1 Punkt)**
Zwei Raumschiffe verlassen die Erde in entgegengesetze Richtungen, jeweils mit einer Geschwindigkeit von $0{,}5c$.
   (a) Wie hoch ist die Geschwindigkeit des Raumschiffes 1 aus der Sicht von Raumschiff 2?
   (b) Wie hoch ist die Geschwindigkeit des Raumschiffes 2 aus der Sicht von Raumschiff 1?

4. *Relativistik im Alltag* **(2 Punkte)**
Obwohl die nicht-relativistische Theorie nur eine Annäherung an das wirkliche Verhalten der Natur ist, ist es dennoch in vielen Situationen sinnvoll nicht-relativistisch zu rechnen.
   (a) Berechnen Sie die Zeitdehnung von Intervallen und Längenkontraktion von ruhenden Objekten, wenn sie mit einem Auto mit 90 km/h daran vorbeifahren.
   (b) Bei welcher Geschwindigkeit v unterscheiden sich die Resultate der relativitischen Gleichungen für die Länge und Zeitdauer von den klassischen Werten um 1 Prozent? (Dies ist ein sinnvoller Weg um abzuschätzen, ab wann relativistische Berechnungen den klassischen vorzuziehen sind.)

5. *Relativitätstheorie* **(4 Punkte)**
Myonen sind instabile Elementarteilchen mit einer Ruhemasse von $m_0 = 105{,}658\ \mathrm{MeV/c^2}$ und einer mittleren Lebensdauer $\tau = 2{,}2\ \mu\mathrm{s}$, d.h. von anfänglich N_0 Myonen sind nach einer bestimmten Zeit t nur noch

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

Teilchen vorhanden. Myonen entstehen z.B. in der oberen Erdatmosphäre in etwa 9000 m Höhe durch den Aufprall hochenergetischer kosmischer Strahlung auf die Luftmoleküle, wobei die Myonen mit Geschwindigkeiten von etwa 99,8% der Lichtgeschwindigkeit erzeugt werden.
   (a) Wie groß ist die relativistische Masse der in der Erdatmosphäre erzeugten Myonen?
   (b) Wie lange (im System eines ruhenden Beobachters auf der Erde) sind die Myonen unterwegs, bis sie die Erdoberfläche erreichen? Nehmen Sie an, dass die Myonen sich senkrecht auf die Erdoberfläche zu bewegen.
   (c) Welcher Anteil der erzeugten Myonen würde die Erdoberfläche erreichen, wenn es keine relativistische Zeitdilatation gäbe?
   (d) Wie ändert sich dieser Anteil, wenn man die relativistische Zeitdilatation berücksichtigt?

Viel Spaß und viel Erfolg!

Klassische Experimentalphysik Blatt 11

8,5

1.)

Aus Sicht des Menschen in der Rakete ändert sich keine der genannten Größen, da er in seinem eigenen Inertialsystem verbleibt ✓

Für Beobachter ändert sich Folgendes

- Herzschlag ist langsamer
- Masse ist größer ✓
- Größe verringert sich
- Taillenumfang vergrößert sich f

konstant da senkrecht zur Bewegungsrichtung

Bei $0{,}9c$ ist $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{(0{,}9c)^2}{c^2}}} \approx 2{,}3$ ✓

Längenkontraktion $\quad l = \frac{l_R}{\gamma} = l_R \cdot \frac{1}{\gamma} \approx l_R \cdot \underline{0{,}44}$ ✓

Zeitdehnung $\quad \Delta t = \Delta t' \gamma \approx \Delta t' \cdot 2{,}3$ ✓

rel. Massenzunahme $\quad m' = m \cdot \gamma \approx 2{,}3 \cdot m$ ✓

1,5

2.) $l = \frac{l_R}{\gamma}$

$\Rightarrow 25a \cdot v = \frac{75a \cdot c}{\gamma} \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

I. $25a \cdot v = 75a \cdot c \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

$v = 3c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

$v^2 = 9c^2\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)$

$v^2 = 9c^2 - 9v^2$

$10v^2 = 9c^2$

$v = \sqrt{\frac{9}{10}}\, c \approx 0{,}95c$ ✓

II. $\Delta t = \gamma \Delta t'$

$= \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\frac{9}{10}c^2}{c^2}}} \cdot 25a$

$= \frac{1}{\sqrt{1-\frac{9}{10}}} \cdot 25a$

$= 25a \cdot \sqrt{10} = 79{,}1a$ ✓

1

3.) (a) = (b) da sich R_1 und R_2 gleichschnell voneinander fortbewegen

$$\frac{U_x' + V}{1+\frac{V}{c^2}U_x'} = U_x = \frac{0{,}5c + 0{,}5c}{1+\frac{0{,}5c}{c^2}0{,}5c} = \frac{c}{1+0{,}25} = \underline{\underline{\frac{4}{5}c}}$$ ✓ 1

4.) a) $$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\left(\frac{90}{3600}\right)^2}{c^2}}}$$ $v = 90\,km/h = \frac{90}{3600}\,km/s$

$$l = l_R \cdot \sqrt{1-\frac{\left(\frac{90}{3600}\right)^2}{300.000^2}} \approx l_R \cdot 1$$

Größen der Änderungen angeben!

↳ Praktisch keine Änderung, sicherlich liegt die Messungenauigkeit vom Betrag über der Abweichung

$$\Delta t = \gamma \Delta t' = \sqrt{1-\frac{\left(\frac{90}{3600}\right)^2}{300.000^2}} \cdot \Delta t' \approx \Delta t' \cdot 1$$ s.o. (✓)

b) $$l = \frac{l_R}{\gamma}$$ $$\frac{l_R}{l} = \frac{l_R}{\frac{l_R}{\gamma}} = \gamma \overset{!}{=} 1{,}01$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = 1{,}01$$

$$\frac{42.426{,}4\,km/s}{c} \simeq 14\%\text{ von } c$$

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \cdot 1{,}01 = 1$$

$$\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right) \cdot 1{,}0201 = 1$$

$$1-\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{1{,}0201}$$

$$1-\frac{1}{1{,}0201} = \frac{v^2}{c^2}$$

$$v^2 = \left(1-\frac{1}{1{,}0201}\right) \cdot c^2$$

$$v = \sqrt{1-\frac{1}{1{,}0201} \cdot c^2} = 42.426{,}4\,km/s$$ ✓ 1,5

$$\frac{\Delta t' \gamma}{\Delta t} = 1{,}01$$

$\gamma = 1{,}01$ → wie bereits berechnet

5.

a) $m' = m_0 \cdot \gamma$ $\qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0{,}998c)^2}{c^2}}}$

$$= m_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0{,}998c)^2}{c^2}}} = 1671{,}43 \; \frac{MeV}{c^2} \quad ✓$$

b) $\Delta t = \Delta t' \gamma$ Aufgabenstellung!

$$\Delta t = \frac{9\,km}{0{,}998c} = 3 \cdot 10^{-5}\,s \quad ✓$$ → im Ruhesystem der Erde

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\gamma} = 1{,}9 \cdot 10^{-6}\,s$$ → im Ruhesystem des Myons

nicht gefragt

c) $$\frac{N(t)}{N_0} = e^{-t/\tau} = e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} = 1{,}16 \cdot 10^{-6} \quad ✓$$

↳ also fast keine Myonen

$\hat{=}\ 1{,}16 \cdot 10^{-4}\,\%$

d) $$\frac{N(t)}{N_0} = e^{-\frac{\Delta t'}{\tau}} = 0{,}42 \;\hat{=}\; 42\,\% \quad ✓$$

3,5