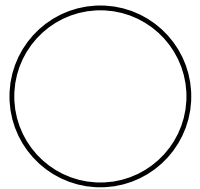


Vor- und Nachname Tutor/in:

Vor- und Nachnamen
der Gruppenmitglieder:



Buchstabe des Tutoriums

Klassische Experimentalphysik I

Übungsblatt 10

WS 2017/2018

Heften Sie die Blätter zur Abgabe zusammen und tragen Sie auf jedem Blatt den Nachnamen Ihres Tutors und Ihre Namen ein. Auf das erste Blatt schreiben Sie bitte die kompletten Namen und den Buchstaben Ihres Tutoriums groß in einen Kreis. Rechnen Sie die Aufgaben maximal zu dritt. Geben Sie für alle Größen eine sinnvolle Anzahl signifikanter Stellen und die richtigen physikalischen Einheiten an.

Abgabe bis	Mo, 29. Januar, 11:15 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)
Besprechung	Mi, 30. Januar im Tutorium
Beratungstutorium:	Am Do., 25.01.2018 um 15:45 - 17:15 in Raum 6/2 mit Tutor Nico Heinz

Anmeldung zur Vorleistung:

Bitte in Campus rechtzeitig vor dem letzten Tutorium am 7.2.2018 für die Vorleistung anmelden (Prüfungsnummer: 7800021)! Nur für dort Angemeldete können wir eintragen, wer die Vorleistung bestanden hat, was Voraussetzung für die Klausurteilnahme ist (Ausnahme: Mathematik-Studierende mit Physik als Nebenfach).

1. Spezielle Relativitätstheorie

(4 Punkte)

Zum Einstieg ein paar einfache Aufgaben zum relativistischen Rechnen.

- Zeigen Sie durch Umformung, dass die folgenden beiden Gleichungen für die Gesamtenergie E eines Teilchens mit Ruhemasse m und Impuls p gleichwertig sind: $E = \gamma m c^2$ und $E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$
- Bei welcher Geschwindigkeit $\beta = v/c$ erreichen Längenkontraktion und Zeitdilatation die Größenordnung von 1 % ?
- Wie hoch ist die kinetische Energie eines Protons bei dieser Geschwindigkeit ($m_p \cdot c^2 = 938 \text{ MeV}$) ?
- Wie hoch sind Impuls p eines Teilchens mit Masse $1 \text{ GeV}/c^2$ und Geschwindigkeit $\beta = 0,8$?

2. Zeitdilatation und Myonzerfall

(4 Punkte)

In den oberen Atmosphärenschichten ($H \geq 20 \text{ km}$) werden durch Kernreaktionen von hochenergetischen Protonen und Atomkernen aus der kosmischen Höhenstrahlung zunächst Pionen erzeugt (z.B. gemäß: $p + p \rightarrow p + n + \pi^+$ oder $p + n \rightarrow n + n + \pi^+$), die nach $\tau_\pi = 26 \text{ ns}$ in ein Myon und ein Neutrino zerfallen ($\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$). Myonen wiederum zerfallen mit einer mittleren Lebensdauer von $\tau_\mu = 2,2 \mu\text{s}$ in ein Elektron und zwei Neutrinos (die Zerfallszeiten gelten jeweils im Ruhesystem der Teilchen). Aufgrund der hohen kinetischen Energie lassen sich an den Myonen Effekte der relativistischen Kinematik prüfen. Das Myon hat eine Ruhemasse $m_\mu = 207 \cdot m_e = 106 \text{ MeV}/c^2$. Die kinetische Energie von Myonen in der Höhenstrahlung variiert. Wir wollen hier hochenergetische Myonen mit einer Gesamtenergie von 1 GeV betrachten, wie sie beispielsweise mit speziellen Detektoren am Pierre-Auger-Observatorium in Argentinien gemessen werden.

- Berechnen sie die Strecke s , die diese Myonen innerhalb ihrer Lebensdauer im Ruhesystem der Erde zurücklegen. Wie groß wäre diese Strecke im Fall einer nichtrelativistischen Rechnung?
- Der Fluss vertikaler Myonen (Zahl der Myonen pro Fläche und Zeit) werde sowohl auf Höhe des Pierre-Auger-Observatoriums ($h = 1500 \text{ m}$) als auch auf Meeresniveau gemessen. Um welchen Faktor werden sich die Messwerte für den Fluss unterscheiden, wenn der Myonenfluss im Wesentlichen durch Myonenzerfall ($N(t) = N(0)e^{-t/\tau}$) abnimmt und andere Effekte (z.B. Produktion weiterer Myonen) vernachlässigt werden können?
- Welche *scheinbare* Lebensdauer τ' erhält man aus diesem Experiment für die Myonen? Wie lässt sich diese erklären?

Hat nichts mit dem Tutorium zu tun, aber trotzdem interessant:

Schneeeulenfest der Fachschaft Physik am Sa., 27. Januar 2018 ab 20 Uhr im AKK

3. Teilchenbeschleuniger

(4 Punkte)

Der Bahnradius r geladener Teilchen in einem Magnetfeld der Stärke B hängt wie folgt von mit dem (relativistischen) Impuls des Teilchens zusammen: $p = |q|B \cdot r$.

Konstanten: $m_e = 511 \text{ keV}/c^2$; $m_p = 938 \text{ MeV}/c^2$; $|q| = e$ für einfach geladene Teilchen (z.B. e und p)

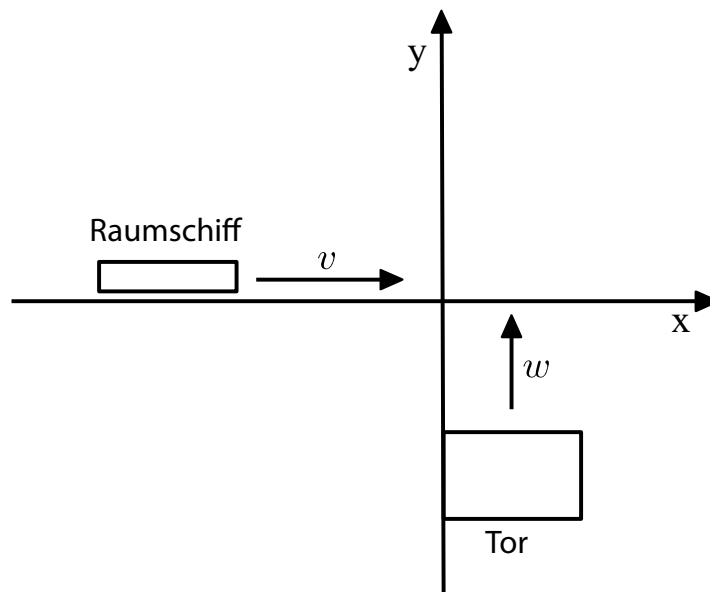
- Wie groß ist der Radius bei $B = 0,01 \text{ T}$ und Elektronen mit einer Gesamtenergie von 2 MeV ? Wie groß wäre er bei klassischer Rechnung mit ($p = mv$)?
- Der Umfang des LHC am CERN beträgt 27 km , die Energie der beschleunigten Protonen 7 TeV . Wie groß muss das Magnetfeld B sein?
- Welchen Radius müsste ein Beschleuniger mit $B = 10 \text{ T}$ haben, der Protonen auf $E = 10^{19} \text{ eV}$ beschleunigt, wie sie in der kosmischen Strahlung beobachtet werden?

4. Weltraumrennen

(6 Punkte)

Als Pilot eines länglichen Raumschiffs (näherungsweise ein dünner Stab mit Länge l) nehmen sie an einer intragalaktischen Weltraumralley teil. Eine Aufgabe ist dabei durch ein enges Tor zu fliegen, dass nur vernachlässigbar länger als l ist (wenn sowohl Raumschiff als auch Tor in Ruhe sind). Zumindest im Ruhesystem S der Zuschauer sieht die Aufgabe sehr knapp aus (siehe Abbildung). In diesem System S bewegt sich ihr Raumschiff mit der Geschwindigkeit v entlang der x -Achse und das Tor der Länge l mit der Geschwindigkeit w entlang der y -Achse. Zum Zeitpunkt $t = 0$ treffen sich die beiden so, dass das hintere Ende des Raumschiffs gerade bei $x = 0$ mit dem hinteren Teil des Toröffnungs aufeinandertrifft. Sie hatten die Situation vor der Ralley bereits im Ruhesystem S' des Tors durchdacht: In S' ist Ihr Raumschiff relativistisch in der Länge kontrahiert und passt locker durch das Tor. Jetzt geraten Sie plötzlich in Panik, denn im Ruhesystem S'' Ihres Raumschiffes ist umgekehrt das Tor in der Länge kontrahiert und die Aufgabe erscheint aussichtslos. Ist es möglich das Tor zu passieren?

Berechnen Sie hierzu in den drei Bezugssystemen S , S' , und S'' jeweils die Koordinaten von Anfangs- und Endpunkt des Raumschiffes und des Tors, und schließen Sie aus den Koordinaten, ob das Raumschiff unbeschadet durch das Tor fliegen kann. Hinweis: Per Konstruktion der Aufgabenstellung fallen der Anfangspunkt von Tor und Raumschiff in allen drei Bezugssystemen zusammen.



im Bezugssystem S

5. Bonusaufgabe Fadenpendel

(bis zu 2 Bonuspunkte)

Führen Sie das Experiment 'Fadenpendel' im Modus 'Länge' von phyphox durch. Alternativ können Sie die Frequenz eines Pendels auch ohne phyphox bestimmen, indem Sie die Zeit stoppen und die Anzahl der Schwingungen zählen. Bauen Sie sich also ein Pendel bzw. machen Sie ihr Smartphone zu einem Pendel (aufpassen, dass es sicher ist). Messen Sie dann die Frequenz für verschiedene Pendellängen.

- Beschreiben Sie ihr Experiment in etwa 5 Zeilen Handschrift.
- Erstellen Sie eine Messreihe aus mindestens drei Werten von gemessener Frequenz f über unterschiedliche Pendellänge l . Sind Ihre Messungen mit der erwarteten Abhängigkeit $\omega = \sqrt{g/l}$ vereinbar?

Die Übungsblätter dürfen grundsätzlich nicht weiterverbreitet werden, weder online noch offline, weder digital noch analog.