

ÜBUNGEN ZUR  
PHYSIK A/B 1 (BACHELOR ELEKTROTECHNIK & INFORMATIONSTECHNIK)  
SOMMERSEMESTER 2016

– BLATT 6 –

*Ausgabe am 19.05.2016*

*Abgabe am 27.05.2016 um 12:00 (Kästen 209, 210, 214 im Foyer des Physik-Gebäudes)*

*Lösungen bitte handschriftlich und dokumentenecht (Kuli o.ä.) in Papierform. Maximal vier Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einreichen. Bitte heften Sie alle Blätter zusammen, geben Sie auf der ersten Seite alle Namen und die Übungsgruppe an sowie auf den folgenden Seiten mindestens einen Namen. Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein.*

**Aufgabe 1: Odyssee im Weltraum (3 Punkte)**

In Stanley Kubricks Film "2001: A Space Odyssey" (USA/GB 1968) besteht der Mannschaftsbereich des Raumschiffs "Discovery" aus einem rotierenden Ring, um die Schwerebeschleunigung zu simulieren.

- a) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit muss eine ringförmige Kabine von 150 m Umfang rotieren, damit sich die Besatzung darin wie auf der Erde fühlt?
- b) In einer Filmszene joggt der Astronaut Frank Poole die ringförmige Kabine entlang, um sich fit zu halten. Wie stark wirkt bei einer Laufgeschwindigkeit von 5 m/s die Coriolis-Beschleunigung auf ihn? Welche Laufrichtung ist anstrengender?
- c) Diskutieren Sie die Zentrifugal- und Corioliskraft für den Fall, dass die Geschwindigkeit des joggenden Astronauten gerade entgegengesetzt gleich der Umlaufgeschwindigkeit des Rings ist. Nehmen Sie dabei (i) den Standpunkt des Astronauten (Bezugssystem Kabine) und (ii) den des Bordcomputers HAL im nichtrotierenden Teil des Raumschiffs ein.

**Aufgabe 2: Mechanisches Wärmeäquivalent (3 Punkte)**

In der Vorlesung wurde ein Experiment zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents durchgeführt (Literaturwert: 4186,8 J entsprechen 1 kcal = 1000 cal). Eine Kupferlitze wurde um eine Kupfertrommel mit Radius  $r = 23,2$  mm gewickelt, in der sich Wasser befand. Durch die Reibung beim Drehen der Trommel mit einer Handkurbel wurde eine Masse von 5,0 kg in der Schwebe gehalten, sodass die Reibungskraft gerade dem Gewicht des Massestücks entsprach. Ein experimentell versierter Student erwärmte mit exakt 100 Umdrehungen die Wassermenge von 60 g zusammen mit 125 g Kupfer von 22,2 °C auf 24,6 °C.

- a) Welche Arbeit in J wurde mit der Handkurbel verrichtet?
- b) Wie groß war die übertragene Wärmemenge in kcal? Die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist  $c(\text{H}_2\text{O}) = 1,000$  kcal/(kg K), die von Kupfer ist  $c(\text{Cu}) = 0,092$  kcal/(kg K).
- c) Wie groß ist demnach das experimentell bestimmte mechanische Wärmeäquivalent?

(bitte wenden)

### Aufgabe 3: Erzeugung von Antiprotonen (4 Punkte)

Nach der speziellen Relativitätstheorie kann bei der Kollision von Teilchen Energie in Masse umgewandelt werden. Wie groß die Masse der neuen Teilchen sein kann, ergibt sich aus dem „relativistischen Energiesatz“, hier aufgelöst nach der Ruheenergie:  $m_0 c^2 = \sqrt{E^2 - c^2 \vec{p}^2}$ . Auf zwei kollidierende Teilchen angewandt ist  $E$  die Summe der Energien beider Teilchen (inklusive ihrer Ruheenergie!) und  $\vec{p}$  ist die vektorielle Summe ihrer Impulse. Im Jahr 1955 wurden am Lawrence Berkeley Laboratory (USA) erstmals Antiprotonen ( $\bar{p}$ ) in der Reaktion  $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$  erzeugt, wobei ein Protonenstrahl aus einem Beschleuniger auf ruhende Protonen traf. Protonen und Antiprotonen haben jeweils eine Ruhemasse von  $m_p = 938 \text{ MeV}/c^2$  ( $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$ ,  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ist eine Energieeinheit).

- Zeigen Sie zunächst, dass  $\beta^2 \gamma^2 = \gamma^2 - 1$  ist, wobei  $\beta = v/c$  die Geschwindigkeit geteilt durch die Lichtgeschwindigkeit und  $\gamma$  der Lorentzfaktor der beschleunigten Protonen ist.
- Wie groß ist, allgemein ausgedrückt in  $m_p$ ,  $\beta$  und  $\gamma$ , die Gesamtenergie  $E$  und der Gesamtimpuls  $\vec{p}$  vor der Kollision?
- Verwenden Sie nun den relativistischen Energiesatz und ggf. den Ausdruck aus a). Wie groß muss  $\gamma$  sein, damit die Ruheenergie nach der Reaktion für die Erzeugung von Antiprotonen ausreicht, also mindestens  $4m_p c^2$  beträgt?
- Wie groß muss demnach die kinetische Energie der beschleunigten Protonen in eV sein?