

## Übungen zu Klassische Experimentalphysik I Wintersemester 2019/20

Übungsblatt Nr. 10

Abgabe bis 13.1.2020, 10:00

Bitte geben Sie Ihre Lösungen nur zusammen mit dem ausgefüllten Deckblatt ab, welches auf der [ILIAS-Kursseite](#) bereitgestellt ist; heften oder tackern Sie die Blätter zusammen. Bitte geben Sie nicht dieses Aufgabenblatt mit ab.



### Aufgabe 1: Gravitationsfeld der Erde

(8)

Ein Körper der Masse  $m$  befinde sich im Gravitationsfeld der Erde.

- a) Der Körper befinde sich außerhalb der Erdkugel.
  - i) Geben Sie die Kraft  $F$ , die auf den Körper wirkt, als Funktion des Abstandes  $r$  vom Erdmittelpunkt an. Skizzieren Sie außerdem  $F$  als Funktion von  $r$ .
  - ii) Wie groß ist die potentielle Energie des Körpers als Funktion von  $r$ ?

b) Der Körper befinde sich nun in einem Tunnel, der durch das Zentrum der Erdkugel verläuft. Beantworten Sie für diesen Fall die Teilaufgaben aus a) sowie

iii) Der Körper sei an einem Ende des Tunnels, also an der Erdoberfläche, in Ruhe und falle dann in den Tunnel. Nach welcher Zeit erreicht er die Oberfläche auf der anderen Seite der Erde? (*Hinweis*: Die Bewegungsgleichung hat Ähnlichkeit zur Federschwingung.)

Nehmen Sie dabei an, die Erde sei eine homogene Kugel und vernachlässigen Sie den Effekt des hohlen Tunnels.

### **Aufgabe 2: Relativistische Energien** (6)

a) Relativistische Rechnung ist im Allgemeinen erforderlich, wenn die relativistische Massenzunahme mehr als 10% der Ruhemasse beträgt. Ab welchen kinetischen Energien sollte nach diesem Kriterium bei Elektronen und bei Protonen relativistisch gerechnet werden?

b) Im Large Hadron Collider (LHC) am CERN in der Nähe von Genf werden Protonen mit Gesamtenergien von 6,5 TeV zur Kollision gebracht. Welchen  $\gamma$ -Faktor und welche Geschwindigkeit haben die Protonen vor der Kollision? Geben Sie auch  $1 - \beta$  an.

*Hinweis*: Für die Ruheenergien von Elektronen und Protonen gilt  $m_e c^2 = 511 \text{ keV}$  bzw.  $m_p c^2 = 1836 \cdot m_e c^2 = 938 \text{ MeV}$ .

### **Aufgabe 3: Flucht vor den Borg** (6)

Die U. S. S. Voyager NCC-74656 mit einer Länge von 345 m bewege sich mit Impulsantrieb mit der Geschwindigkeit  $v = 0,89c$  auf eine „intragalaktische Schleuse“ zu. Ein Borg-Kubus mit einer Kantenlänge von 3000 m verfolgt die Voyager mit der Geschwindigkeit  $v = 0,9c$ .

Die Schleuse bestehe aus zwei Toren mit dem Abstand  $s = 600 \text{ m}$ , von denen das erste zunächst offen steht. Das zweite Tor öffnet sich automatisch, sobald das Raumschiff dieses erreicht. Gleichzeitig wird am zweiten Tor ein Lichtimpuls ausgelöst, der das erste Tor zum Schließen veranlasst. Die Voyager kann diese Schleuse problemlos passieren.

Ist auch der Borg-Kubus in der Lage, die Schleuse zu durchfliegen, wenn das Passieren der Schleuse ohne Kollision mit den Toren erfolgen soll? Kann Captain Kathryn Janeway mit der Voyager entkommen?