

# Physik I

## Übungsaufgaben, Blatt 6

30. Ein klassisches Beispiel der speziellen Relativitätstheorie ist das „Stab in der Halle“ Paradox
- Stellen Sie sich einen Läufer vor, der sich mit einer Geschwindigkeit von  $0.75c$  auf eine (ruhende) Halle der Länge  $10\text{m}$  zubewegt. Die Halle verfügt in Laufrichtung über eine Eingangs- und Ausgangstür, die beide per Fernbedienung geöffnet und geschlossen werden können. Die Geschwindigkeit des Läufers wird relativ zur ruhenden Halle gemessen. Ferner trägt der Läufer einen Stab der Länge  $15\text{m}$ , den er parallel zur Erdoberfläche trägt und dessen Symmetrieachse in Laufrichtung zeigt (d.h. zur Halle hin).
- (a) Berechnen Sie die Länge des Stabes im Ruhesystem (Halle).
  - (b) Er läuft in die Halle hinein und ein (in der Halle ruhender) Beobachter schließt mittels Fernbedienung beide Türen gleichzeitig für einen kurzen Augenblick und öffnet sie kurz danach wieder, so dass der Läufer mit seinem Stab einen sehr kurzen Moment in der Halle gefangen ist. Dann verläßt der Läufer die Halle durch die Ausgangstür. Funktioniert dieses Szenario im Bezugssystem der Halle, d.h. passt der Stab in die  $10\text{m}$  lange Halle?
  - (c) Welche Länge besitzt die Halle im Ruhesystem des Läufers. Passt in diesem Bezugssystem der Stab ebenfalls in die Halle?
  - (d) Lösen Sie den entstehenden Widerspruch, indem Sie die Zeiten berechnen, zu denen die Türen geschlossen bzw. geöffnet werden. Ein  $x$ - $t$ -Diagramm, in dem die Ereignisse markiert werden, könnte hilfreich sein.
31. Die Rotation von Molekülen erlaubt es, Aussagen über ihre Struktur zu machen. Als Beispiel soll das zweiatomige Molekül  $\text{HCl}$  (Salzsäure) dienen. Die Massen für das H- bzw. Cl-Atom entnehmen Sie bitte geeigneten Datenbanken. Der Abstand zwischen den Atomen soll  $d = 1.28 \text{ \AA}$  betragen.
- (a) Berechnen Sie das Trägheitsmoment des  $\text{HCl}$ -Moleküls bzgl. einer Drehachse, die senkrecht zur Verbindungslinie beider Atomen verläuft, für die Fälle: Drehachse verläuft durch den geometrischen Mittelpunkt bzw. durch den Schwerpunkt des Moleküls.
  - (b) Der Betrag des Drehimpulses des Moleküls betrage  $L = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ . Bestimmen Sie die Rotationsgeschwindigkeit  $\omega$  und die Umlaufzeit  $T$  des Moleküls für die beiden Fälle von (a). Vergleichen Sie ihr Ergebnis mit dem experimentell beobachteten Wert der Rotationsfrequenz von  $6.25 \cdot 10^{11} \text{ Hz}$ .
  - (c) Welche Drehachse von (a) ist wahrscheinlich experimentell realisiert?

32. Betrachten Sie die Bildung eines Neutronensterns, die i.d.R. ein Resultat einer Supernova ist, bei der als Folge einer Schockwellenexplosion die äußere Sternenhülle in den umgebenden Raum ausgestoßen wird, während der Rest aufgrund seiner Gravitation zu einem kompakten Kern kollabiert. Nehmen Sie an, dass der Stern vor der Explosion die Größe der Sonne hatte ( $R \approx 7 \cdot 10^5 \text{ km}$ ) und dreimal so schwer ist wie die Sonne. Benutzen Sie ferner im folgenden die rüde Näherung, dass der Stern vor und nach der Supernova homogen ist, d.h. eine räumlich konstante Dichte besitzt.
- Während der Supernova verliert der Stern durch die Explosion eine Sonnenmasse. Welchen Radius besitzt der Stern direkt vor dem Kollaps?
  - Der Stern kollabiert anschließend auf einen Radius von  $10 \text{ km}$ . Welche Dichte besitzt der Neutronenstern nun?
  - Vor der Supernova drehte sich der Stern einmal in 10 Tagen um seine Rotationsachse. Wie groß ist die Rotationsgeschwindigkeit des Neutronensterns, d.h. nach dem Kollaps? (Nehmen Sie hierfür an, dass die abgesprengte Masse senkrecht zur Sternenhülle den Stern verlassen hat und dass der Stern zum Zentrum hin kollabiert ist!)
33. Eine Garnrolle der Masse  $M$  liegt auf einem ebenen Tisch (siehe Abbildung). Das Trägheitsmoment (bzgl. Symmetrieachse) sei  $\frac{M}{2} A^2$ . Sie ziehen mit einer Schnur am inneren Radius mit einer Kraft  $F$  unter verschiedenen Winkeln  $\theta$  zur Tischfläche.
- In welche Richtung rollt die Garnrolle für  $\theta = 0, \pi/2$  und  $\pi$ ?
  - Für welches  $\theta$  rutscht die Rolle auf dem Tisch ohne zu rollen?
  - Für welches  $\theta$  rollt die Garnrolle immer (unabhängig von der Rauigkeit des Tisches)?

