

---

## 2. Probeklausur in Experimentalphysik 1

Prof. Dr. R. Kienberger

Wintersemester 2018/19

15. Januar 2019

---

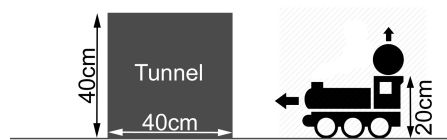
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

### Aufgabe 1 (10 Punkte)

Sheldon Cooper ist seit jeher von Zügen begeistert. In seiner Kindheit baute er einen Aufsatz für seine Spielzeugeisenbahn (Höhe  $h_0 = 20\text{cm}$ ), welche einen kleinen Ball während der Fahrt mit der Geschwindigkeit  $v_{\text{Ball}} = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  senkrecht nach oben schießt. Eine klassische Spielzeugeisenbahn hat eine Geschwindigkeit von  $v_{\text{Zug}} = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .



- (a) Wie weit hat sich der Zug horizontal fortbewegt, wenn der Ball wieder auf ihm landet?

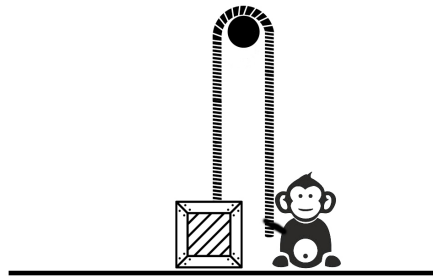
Jetzt wird ein 40 cm langer und 40 cm hoher Tunnel auf die Gleise gestellt (siehe Abbildung) und das gleiche Experiment wiederholt.

- (b) In welchem Bereich (zwei Werte) vor dem Tunnel muss der Ball abgeschossen werden, damit er hinter dem Tunnel auf der Eisenbahn landet?
- (c) Wie langsam darf der Zug höchstens fahren, damit der Ball genau noch über den Tunnel fliegt?

### Aufgabe 2 (9 Punkte)

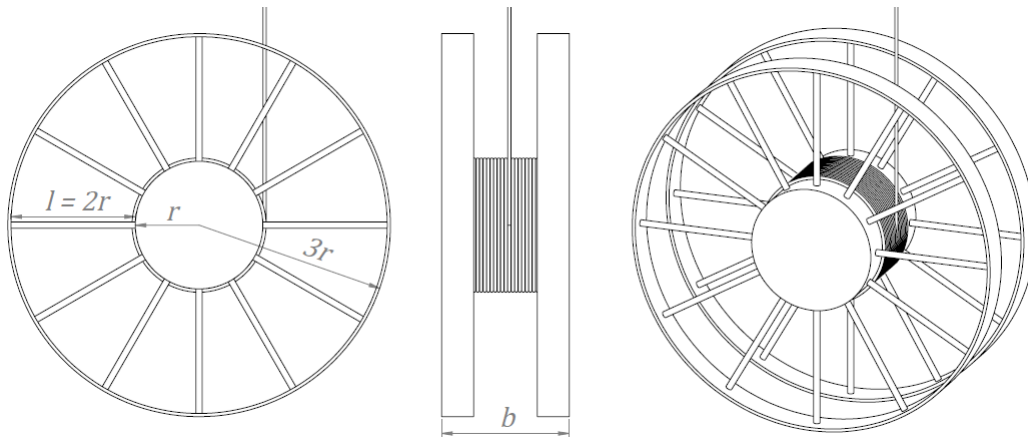
Ein Affe der Masse  $m = 10\text{ kg}$  klettert ein Seil hinauf, das reibungslos über einen Ast läuft und an einer auf dem Boden stehenden Kiste der Masse  $M = 15\text{ kg}$  befestigt ist.

- (a) Bestimmen Sie die Beschleunigung, die der Affe beim Klettern mindestens erreichen muss, damit die Kiste vom Boden angehoben wird.
- (b) Bestimmen Sie die Bewegungsgleichung der angehobenen Kiste (Starthöhe  $h_0$ ), wenn der Affe zu klettern aufhört und sich am Seil festhält. Ermitteln Sie außerdem die Zugspannung (Kraft) im Seil.



### Aufgabe 3 (14 Punkte)

Ein JoJo besteht aus einem Vollzylinder (Radius  $r$ , Breite  $b$  und Masse  $8m_0$ ) und zwei Seitenrädern. Die Seitenräder bestehen jeweils aus 12 Speichen (jeweils Länge  $l_0 = 2r$ , Masse  $m_0$ ,  $J = \frac{1}{12}ml^2$ ) und einem Ring welcher die Masse  $4m_0$  und den Radius  $R = 3r$  hat.



- Berechnen Sie das Trägheitsmoment  $J_0$  der Anordnung bezüglich der Rotationsachse des JoJos.
- Um den mittleren Zylinder wird ein Faden gewickelt und das Jo-Jo losgelassen. Berechnen Sie die Schwerpunktsbeschleunigung  $a_{SP}$  des JoJos.
- Berechnen Sie die Zeit, bis das JoJo an seinen Ursprungsort zurückgekehrt ist.

### Aufgabe 4 (7 Punkte)

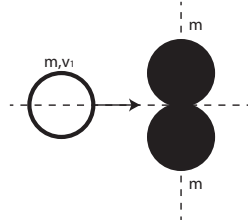
Die Mittelpunkte zweier Kugeln mit Radius  $r$  und Masse  $m$  befinden sich im Weltall in Ruhe in einem Abstand  $d$ , fernab dem Einfluss anderer gravitativer Kräfte.

- Mit welcher Geschwindigkeit prallen die Kugeln aufeinander?
- Berechnen Sie den Zahlenwert für  $r = 2,5$  cm,  $m = 1$  kg und  $d = 10$  m.
- Wie groß ist die Geschwindigkeit für  $r = 1740$  km,  $m = 7,35 \cdot 10^{22}$  kg und  $d = 380000$  km?

**Hinweis:** Die Gravitationskonstante beträgt  $G = 6,6708 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}$

### Aufgabe 5 (8 Punkte)

Eine weiße Billardkugel bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 1\text{ m/s}$  genau auf den Mittelpunkt von zwei ruhenden schwarzen Billardkugeln zu. Berechnen Sie die Geschwindigkeiten (Betrag und Richtung) der drei Kugeln nach dem Zusammentreffen. *Hinweis:* Die Billardkugeln sind alle drei gleich groß und haben die gleiche Masse



### Aufgabe 6 (6 Punkte)

In Stanley Kubricks Film *2001: A Space Odyssey* besteht der Mannschaftsbereich des Raumschiffs Discovery aus einem rotierenden Ring, um Schwerebeschleunigung zu simulieren.

- (a) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit muss ein Ring von 160 m Umfang rotieren, damit sich die Besatzung wie auf der Erde fühlt?
- (b) In einer Filmszene joggt der Astronaut David Bowman mit  $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  den Ring entlang, um sich fit zu halten. Welche zusätzliche Kraft (zur simulierten Gravitation) wirkt dabei auf ihn und wie stark ist sie? Welche Laufrichtung ist anstrengender?
- (c) Diskutieren Sie die wirkenden Kräfte für den Fall, dass die Geschwindigkeit des joggenden Astronauten gerade gleich der Umlaufgeschwindigkeit des Rings ist, aber in die entgegengesetzte Richtung zeigt. Nehmen Sie dabei
  - (i) den Standpunkt des Astronauten und
  - (ii) den des Bordcomputers HALein, der sich im nicht-rotierenden Teil des Raumschiffs befindet.

### Mathematische Ergänzung (5 Punkte)

Eine Rakete der Gesamtmasse  $m_0$  transportiert eine Nutzlast der Masse  $m_s$  und startet von der Erdoberfläche. Die Bewegungsgleichung im Schwerfeld ( $g = \text{const.}$ ) lautet

$$m(t)\dot{v}_z = -m(t)g - \frac{dm}{dt}u_g,$$

wobei  $m(t) = m_0 - (m_0 - m_s)\frac{t}{t_B}$  die zeitabhängige Masse der Rakete für  $0 \leq t \leq t_B$  mit der Brenndauer  $t_B$  ist und  $u_g$  die konstante, relative Geschwindigkeit der austretenden Gase ist.

- (a) Geben Sie die Bedingung an, dass die Rakete abhebt.
- (b) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit der Rakete als Funktion der Zeit  $t$  für  $0 \leq t \leq t_B$  und speziell die Endgeschwindigkeit bei  $t = t_B$ .