

---

## 2. Probeklausur Experimentalphysik 1

Prof. Dr. R. Kienberger

Wintersemester 2019/20

07. Januar 2020

---

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 (9 Punkte)

Die Wasserfontäne *Jet d'eau* im Genfer See ist 140 m hoch.

- Wie schnell ist der Wasserstrahl beim Verlassen der Pumpe?
- Durch den Wind hat das Wasser eine konstante Geschwindigkeit  $v_x = 5 \text{ km/h}$  in x-Richtung. Wie weit entfernt von der Pumpe trifft der Strahl auf die Wasseroberfläche auf?
- Wieviel kg Wasser werden pro Sekunde in die Luft geschossen, wenn die Pumpleistung 1 MW beträgt (Ersatzergebnis: 728,12 kg)?
- In Wirklichkeit werden nur 500 kg Wasser pro Sekunde verschossen. Wieso erhält man mit der Rechnung aus (c) einen höheren Wert?

### Aufgabe 2 (16 Punkte)

Ein Kind wirft einen Ball der Masse  $m_1 = 500 \text{ g}$  von einem Balkon auf einer Höhe  $h = 50 \text{ m}$  mit einer Geschwindigkeit von  $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  horizontal von sich weg. Ein zweites Kind, welches  $x_2 = 20 \text{ m}$  vom Haus entfernt auf dem Boden steht, schießt zeitgleich mit einer Armbrust einen Pfeil der Masse  $m_2 = 200 \text{ g}$  senkrecht nach oben.

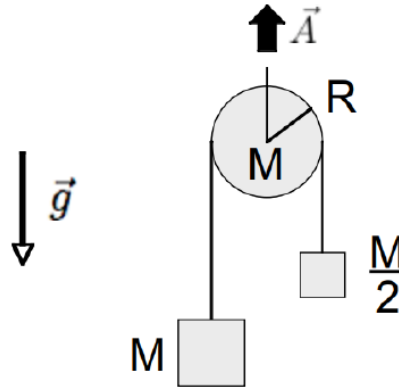
- Stellen Sie die Bewegungsgleichungen der beiden Objekte getrennt auf. Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v_2$ , mit welcher der Pfeil abgefeuert werden muss, damit er den Ball im Flug trifft.
- Berechnen Sie den Winkel  $\alpha$ , unter welchem sich die Flugbahnen der Geschosse kreuzen.

Nun bleibt das Geschoss im Ball stecken.

- Stellen Sie die Bahnkurve  $r(t)$  der neuen Einheit Pfeil-Ball ab dem Zeitpunkt der Kollision auf und berechnen Sie, wie weit vom Haus entfernt diese auf dem Boden auftrifft.

### Aufgabe 3 (10 Punkte)

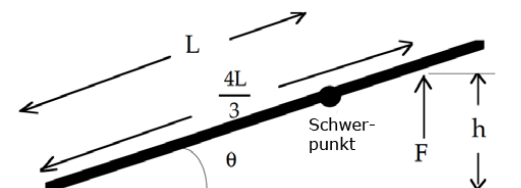
Eine Atwood'sche Fallmaschine besteht aus einer massiven Rolle (einer homogenen kreisförmigen Scheibe mit dem Trägheitsmoment  $I = \frac{1}{2}MR^2$ ), die zwei Blöcke der Massen  $M$  und  $M/2$  über ein Seil miteinander verbindet. Das Seil rutscht nicht, wenn sich die Rolle dreht. Die Fallmaschine bewegt sich nun mit einer Beschleunigung  $A$  nach oben. Es wirkt die Gravitation  $g$ .



- Berechnen Sie die Nettobeschleunigung der beiden Blöcke in Abhängigkeit von  $g$  und  $A$ . Berechnen Sie diese auch in einem Inertialsystem. Nehmen Sie dabei *keine* konstante Seilspannung im gesamten Seil an.
- Wie groß muss die Beschleunigung  $A$  sein, damit der Block der Masse  $M$  im Inertialsystem in Ruhe ist?

### Aufgabe 4 (5 Punkte)

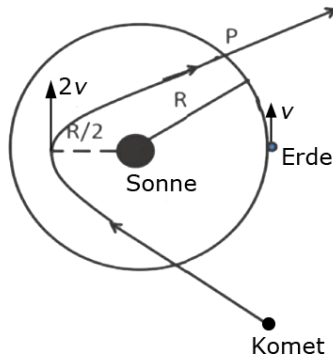
Die Abbildung zeigt ein vereinfachtes Modell der Kräfte beim Liegestützen machen. Angenommen, der Körper eines Menschen habe die Form eines Balkens mit Masse  $M$  und Trägheitsmoment  $I_T$  um die Drehachse (die Zehen). Der Massenschwerpunkt befinde sich im Abstand  $L$  von der Drehachse und die dargestellte Kraft (aufgrund der Arme) hat ausschließlich eine vertikale Komponente, die im Abstand  $4L/3$  von der Drehachse wirkt.



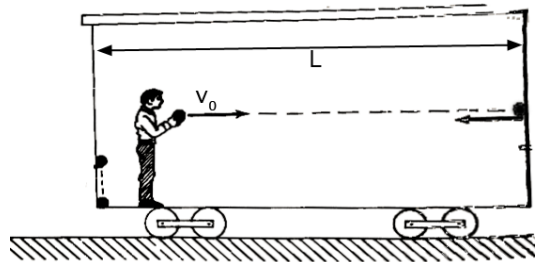
- Zeichnen Sie ein Kräfte diagramm mit allen Kräften, die auf den Balken wirken.
- Ermitteln Sie den Betrag der Kraft  $F$ , die nötig ist, um den Balken im Gleichgewicht zu halten und zeigen Sie, dass diese unabhängig vom Winkel  $\theta$  und damit unabhängig von der Höhe  $h$  ist.
- Bestimmen Sie den Betrag der Kraft, die an den Zehen auf den Balken ausgeübt wird.

### Aufgabe 5 (11 Punkte)

- Nehmen Sie an, dass sich die Erde (Masse  $M_E$ ) mit der Geschwindigkeit  $v$  in einer kreisförmigen Bahn mit Radius  $R$  um die Sonne (Masse  $M_S$ ) bewegt. Zeigen Sie, dass  $GM_S = v^2 R$ .
- Ein Komet befindet sich nun in derselben Ebene, wie die Erdumlaufbahn (siehe Abbildung). Am sonnennächsten Punkt hat er den Abstand  $R/2$  zum Zentrum der Sonne und die Geschwindigkeit  $2v$ . Zeigen Sie unter Verwendung der Gleichung aus Teilaufgabe (a), dass die Gesamtenergie des Kometen Null ist.
- Am Punkt P kreuzen sich die Umlaufbahnen von Erde und Komet. Ermitteln Sie die Komponente der Geschwindigkeit des Kometen, die tangential zur Erdumlaufbahn an diesem Punkt ist. Verwenden Sie die Drehimpulserhaltung.
- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit am Punkt P mittels Energieerhaltung. Zeigen Sie außerdem, dass der Komet die Erdumlaufbahn in einem Winkel von  $45^\circ$  schneidet.

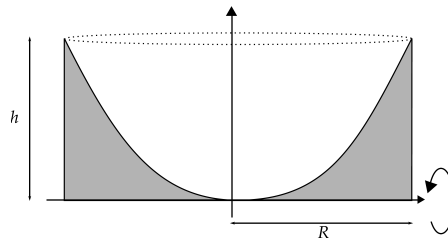


### Aufgabe 6 (7 Punkte)



Ein Junge stehe an einem Ende eines Güterwagens der Masse  $M$  und Länge  $L$ , der sich in Ruhe auf Schienen befindet. Jetzt wirft er einen Ball der Masse  $m$  mit Geschwindigkeit  $v_0$  in Richtung des anderen Endes des Wagens. Der Ball kollidiert dort elastisch mit der Wand und fliegt wieder zurück, wo er inelastisch mit der Wand kollidiert und dann zur Ruhe kommt. Beschreiben Sie mathematisch die Bewegung des Wagens. Beschreiben Sie dabei die Zeiten, Geschwindigkeiten und auch die Orte der Bewegung. Die Masse des Balls ist gegenüber der Masse des Wagens *nicht* zu vernachlässigen.

### Mathematische Ergänzungen (8 Punkte)



Betrachten Sie einen Parabolspiegel, der aus einem homogenen Zylinder mit Radius  $R$  und Höhe  $h$  gefertigt ist. In der Mitte sei das Material beliebig dünn und die Masse sei  $M$ .

Berechnen Sie das Trägheitsmoment bei Rotation um eine Achse in der Grundfläche, die die Symmetrieachse schneidet.