

# Lösungsblatt 3 zur Experimentalphysik I



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Sommersemester 2014 - Übungsblatt 3

### Aufgabe 3.1 Hans im Glück

(Präsenzaufgabe)

Hans legt über eine masselose Rolle ein masseloses Seil und hängt an die eine Seite einen Silberbarren mit einem Gewicht von 10 kg. Auf die andere Seite bindet er einen Barren mit 30 kg Gewicht an. Anschließend lässt er das Seil los.

- a) Welche Beschleunigung ergibt sich für die Konstruktion, wenn man mit  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  rechnet?

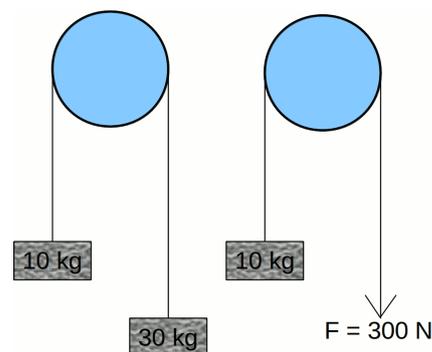
$$a = \frac{F_{\text{ges}}}{m_{\text{ges}}} = \frac{F_1 + F_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g = \frac{10 \text{ kg} - 30 \text{ kg}}{10 \text{ kg} + 30 \text{ kg}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- b) Nachdem Hans seinen 30 kg Silberbarren gegen ein Fahrrad getauscht hat, zieht er an der entsprechenden Seite des Seils selbst mit einer Kraft von 300 N. Welche Beschleunigung ergibt sich jetzt?

$$a = \frac{F_1 + F_2}{m_1} = \frac{m_1 g - F_2}{m_1} = \frac{10 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 300 \text{ N}}{10 \text{ kg}} = -20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- c) Warum sind die beiden Beschleunigungen nicht gleich?

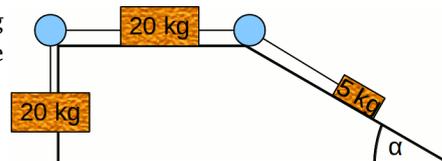
Obwohl die Kräfte gleich sind, sind die beiden Beschleunigungen unterschiedlich, da eine unterschiedliche Masse beschleunigt wird. Im ersten Fall sind es 40 kg, im Zweiten 10 kg. Daher ist die Beschleunigung im zweiten Fall auch vier mal so hoch.



### Aufgabe 3.2 Hans im Glück II

(Präsenzaufgabe)

Von dem restlichen Silber hat sich Hans Gewichte aus Kupfer und eine Rampe gekauft. Die Gewichte mit den Massen  $m_1 = 20 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 20 \text{ kg}$  und  $m_3 = 5 \text{ kg}$  sind wie in der Graphik angegeben reibungsfrei und durch masseloses Seile verbunden. Der Winkel  $\alpha$  sei  $30^\circ$ .



- a) Welche Beschleunigung erfährt das System?

$$a = \frac{F_{\text{ges}}}{m_{\text{ges}}} = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{m_1 g + 0 + m_3 \sin(\alpha) g}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{20 \text{ kg} - 0,5 \cdot 5 \text{ kg}}{45 \text{ kg}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3 \frac{8}{9} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- b) Nehmen Sie jetzt an, dass die Reibung zwischen den Massen und der Ebene nicht mehr vernachlässigbar ist. Die Reibungskoeffizienten seien  $\mu_k = 0,6$  und  $\mu_s = 0,9$ .

Für den Fall, dass sich das System bewegt, gilt der Gleitreibungskoeffizient:

$$a = \frac{m_1 - m_3 \sin(\alpha) - \mu(m_2 + m_3 \cos(\alpha))}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{20 \text{ kg} - 0,5 \cdot 5 \text{ kg} - 0,6 \cdot (20 \text{ kg} + 5 \text{ kg} \cdot \sqrt{3/4})}{45 \text{ kg}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,6449 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Falls das System steht, gilt der Haftreibungskoeffizient. Dies kann nur dann der Fall sein, wenn die (Haft-)Reibungskraft größer ist als die effektiv wirkende Gravitationskraft:

$$F_{\text{Reibung}} = 0,9 \cdot (20 \text{ kg} + 5 \text{ kg} \cdot \sqrt{3/4}) \cdot g = 21,90 \text{ kg} \cdot g$$

## Übungsblatt 3 zur Experimentalphysik I

Name, Vorname: \_\_\_\_\_ Matrikelnummer:

$$F_{\text{Gravitation}} = (20 \text{ kg} - 5 \text{ kg} \cdot \frac{1}{2}) \cdot g = 17,5 \text{ kg} \cdot g < 21,90 \text{ kg} \cdot g \quad \Rightarrow \quad \text{Das System kann auch stehen.}$$

Korrekterweise müsste man auch den Fall berechnen, dass das System eine Anfangsgeschwindigkeit hat, die entgegen der Gravitationsbeschleunigung ist. In diesem Fall muss man Gravitationskraft und Reibungskraft addieren und bekommt:

$$a = \frac{m_1 - m_3 \sin(\alpha) + \mu(m_2 + m_3 \cos(\alpha))}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{20 \text{ kg} - 0,5 \cdot 5 \text{ kg} + 0,6 \cdot (20 \text{ kg} + 5 \text{ kg} \cdot \sqrt{3/4})}{45 \text{ kg}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7,133 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Dies war aber nicht gefordert.

### Aufgabe 3.3 Ein Fahrradfahrer überquert die Landstraße direkt vor Antons Auto. (3 Punkte)

Dank einer Vollbremsung schafft Anton es tatsächlich sein 1500 kg schweres Auto unter quietschenden Reifen und hektischem Hupen innerhalb von 55 m (und kurz vor dem Radfahrer) von  $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  zum stehen zu bringen. Welche Kraft wirkte auf das Auto? Berechnen Sie ebenfalls den Reibungskoeffizienten. Um welchen Reibungskoeffizienten handelt es sich?

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{v^2}{2a} \quad \Leftrightarrow \quad a = \frac{v^2}{2s} \quad \mu = \frac{F_r}{F_g} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{v^2}{2gs} = \frac{\left(27,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 55 \text{ m}} = 0,7015$$

Unter der Annahme, dass die Räder blockieren und über die Straße gleiten, handelt es sich um den Gleitreibungskoeffizienten.

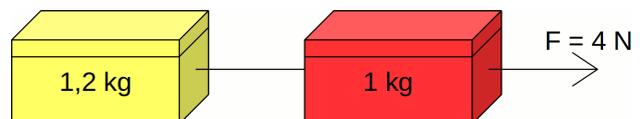
*Anmerkung:* Tatsächlich kommt das Quietschen zustande, indem die Räder abwechselnd auf der Straße stehen und über die Straße rutschen. (Siehe: Haftgleit effekt) Damit ist es in Wirklichkeit eine Mischung aus Haft- und Gleitreibung.

### Aufgabe 3.4 Hans im Glück III (4 Punkte)

Nun hat sich Hans im Tausch gegen seine Kupfergewichte ein rotes und ein gelbes Paar Schuhe sowie reichlich Schmierseife gekauft. Diese sind in Schuhkartons der entsprechenden Farbe verpackt. Die Roten Schuhe wiegen mit Karton 1 kg. Die gelben Schuhe wiegen ebenfalls mit Karton 1,2 kg. Beide Kartons sind durch eine masselose Schnur verbunden. An dem roten Karton hat Hans ebenfalls eine Masselose Schnur angebracht und zieht mit 4 N an dieser Schnur. Durch die Schmierseife gleiten die Kartons reibungsfrei.

- a) Wie groß ist die Beschleunigung jedes Kartons?

$$a_1 = a_2 = \frac{F_1 + F_2}{m_1 + m_2} = \frac{4 \text{ N}}{2,2 \text{ kg}} = \frac{20}{9} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



- b) Welche Zugspannung wirkt in jeder Schnur?

In der linken Schnur wirkt nur die Kraft der einen Kiste:  $F_1 = a_1 \cdot m_1 = \frac{20}{9} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,2 \text{ kg} = \frac{24}{11} \text{ N}$   
 In der rechten Schnur wirken die Kräfte beider Kisten:  $F_1 + F_2 = 4 \text{ N}$

- c) Berechnen Sie Aufgabe a) und b) erneut, wenn Hans die Schmierseife weg lässt und beide Kartons einen Reibungskoeffizienten von  $\mu_k = \frac{9}{110}$  haben.

$$a_1 = a_2 = \frac{F_1 + F_2 - F_r}{m_1 + m_2} = \frac{4 \text{ N} - \frac{9}{110} \cdot 2,2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2,2 \text{ kg}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_1 + F_{r,1} = m_1 (a_1 + \mu g_1) = 1,2 \text{ kg} \cdot \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + \frac{9}{110} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = \frac{24}{11} \text{ N} \quad \Rightarrow$$

Die Reibung hat offenbar keinen Einfluss auf die Verteilung der Kräfte.

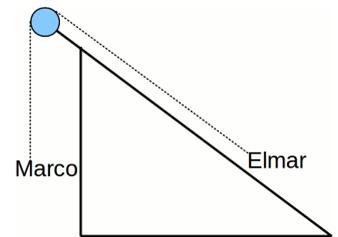
## Übungsblatt 3 zur Experimentalphysik I

Name, Vorname: \_\_\_\_\_ Matrikelnummer:

### Aufgabe 3.5 Fensterputzer

(3 Punkte)

Marco putzt seine Fenster von außen. Er ist über eine Rolle mit dem dicken Elmar verbunden (Siehe Bild). Dieser wiegt 100 kg und sitzt auf dem um  $\alpha = 37^\circ$  geneigten Dach. Er hat einen Haftreibungskoeffizienten von  $\mu_s = 0,40$ . Wie muss Marco (inklusive 10 kg Fensterputzzeug) minimal wiegen und wie viel darf er maximal wiegen ohne, dass es für ihn auf oder abwärts geht?



$$a = -m_{\text{Marco}} \cdot g + \sin(\alpha) \cdot m_{\text{Elmar}} \cdot g \pm \mu \cdot \cos(\alpha) \cdot m_{\text{Elmar}} \cdot g \Leftrightarrow$$

$$m_{\text{Marco}} = (\sin(\alpha) \pm \cos(\alpha)) m_{\text{Elmar}} = (\sin(37^\circ) \pm 0,4 \cdot \cos(37^\circ)) \cdot 100 \text{ kg} \Rightarrow$$

Marco und das Fensterputzzeug dürfen zwischen 28,24 kg und 92,13 kg wiegen.

### Aufgabe 3.6 Roland der Raser hat es heute eilig und durchfährt eine Kurve.

(4 Punkte)

Die Kurve hat einen Radius von  $r = 50 \text{ m}$  und Rolands Geschwindigkeit beträgt  $v = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .

- a) Bei guten Straßenverhältnissen hat er einen Reibungskoeffizienten von  $\mu = 0,6$ . Bekommt er das Auto sicher durch die Kurve?

$$\frac{F_{ZF}}{F_r} = \frac{m \frac{v^2}{r}}{\mu m g} = \frac{v^2}{\mu r g} = \frac{\left(13,88 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{0,6 \cdot 50 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,64 < 1 \Rightarrow \text{geht.}$$

- b) Wie sieht es bei Glatteis mit einem Reibungskoeffizienten von  $\mu = 0,25$  aus?

$$\frac{F_{ZF}}{F_r} = \frac{\left(13,88 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{0,25 \cdot 50 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,54 > 1 \Rightarrow \text{geht nicht.}$$

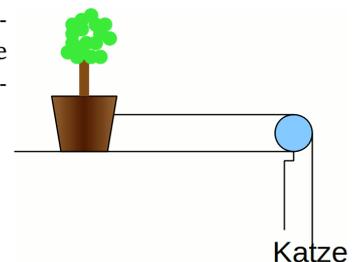
- c) Diskutieren Sie qualitativ den Fall blockierender Räder.

Im Fall blockierender Räder wirkt die Kraft entgegen der Fahrtrichtung. Das Auto wird dann zwar gebremst, fliegt aber aus der Kurve.

### Aufgabe 3.7 Klein-Evas Blume, ihre Mutter und ihre Katze!

(4 Punkte)

Die Nachbarskinder haben eine 2 kg schwere Katze über eine Rolle an einen beweglichen Blumentopf mit einer Masse von 5 kg gebunden (jeweils reibungsfrei). Die Blume im Blumentopf wird gerade von Klein-Eva mit  $10 \frac{\text{ml}}{\text{s}}$  gegossen. Da sie ihre Gießkanne der Blume nach führt, können Impulsübertragungseffekte durch das Gießwasser vernachlässigt werden.



- a) Welche Beschleunigung erfährt das Gesamtsystem?

$$a(t) = \frac{F}{m(t)} = \frac{m_K}{m_K + m_B + wt} = \frac{20}{7 + 0,01 \frac{\text{t}}{\text{s}}} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- b) Wie lange hat Klein-Evas Mutter Zeit den Blumentopf anzuhalten, bevor die Katze von 0 auf  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  beschleunigt wird und sich übergeben muss?

$$v(t) = \int a(t) dt = \frac{m_K g}{w} \ln \left( \frac{m_K + m_B + wt}{m_K} \right) + C \Rightarrow v(0) = \frac{m_K g}{w} \ln \left( \frac{m_K + m_B}{m_K} \right) + C \equiv 0 \Rightarrow$$

$$C = -\frac{m_K g}{w} \ln \left( \frac{m_K + m_B}{m_K} \right) \Rightarrow v(t) = \frac{m_K g}{w} \ln \left( \frac{m_K + m_B + wt}{m_K} \right) = \frac{m_K g}{w} \ln \left( 1 + \frac{wt}{m_K + m_B} \right)$$

$$t = \frac{m_K + m_B}{w} \cdot \left( e^{\frac{vw}{m_K g}} - 1 \right) = \frac{2 \text{ kg} + 5 \text{ kg}}{0,01 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} \cdot \left( e^{\frac{2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,01 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{10 \frac{\text{ml}}{\text{s}} \cdot 2 \text{ kg}}} - 1 \right) = 700 \text{ s} \cdot (e^{0,001} - 1) = 0,7004 \text{ s}$$