KIT-Fakultät für Physik
Institut für Experimentelle Teilchenphysik
Prof. Dr. Ulrich Husemann
Dr. Michael Waßmer

Übungen zu Klassische Experimentalphysik I

Wintersemester 2021/22

Übungsblatt Nr. 4 Abgabe bis 22.11.2021, 12:00

Hinweis: *Verwenden Sie eine Erdbeschleunigung von* $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$ *für alle Aufgaben.*

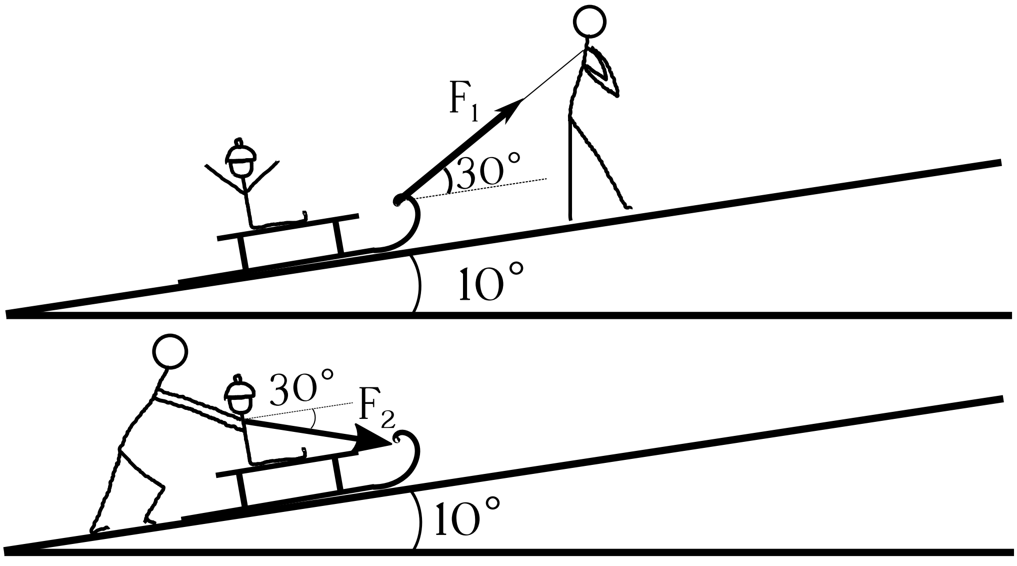
Aufgabe 1: Schlittenfahrt 5,5 Punkt(e)

Ein Schlitten mit einem Passagier (Gesamtmasse 60 kg) gleitet mit der konstanten Geschwindigkeit v einen schneebedeckten Hang (schiefe Ebene) hinab, der einen Neigungswinkel von $\alpha = 10°$ gegen die Horizontale einschließt.

a) Fertigen Sie zur Veranschaulichung der wirkenden Kräfte eine Skizze an.

b) Wie groß ist der Gleitreibungskoeffizient μ_G?

Der Passagier will nochmal fahren. Sie müssen daher den Schlitten wieder den Hang hinauf befördern. Dafür können Sie den Schlitten mit Passagier entweder an einem Seil hinter sich herziehen oder vor sich her schieben (siehe Skizzen). In beiden Fällen greift Ihre Kraft in einem Winkel von $\beta = 30°$ gegenüber der schiefe Ebene an. Gehen Sie außerdem davon aus, dass die Kräfte in beiden Fällen am gleichen Punkt angreifen.



c) Veranschaulichen Sie die in beiden Fällen wirkenden Kräfte durch Skizzen.

d) Mit welcher Kraft F_1 müssen Sie den Schlitten ziehen, um ihn mit konstanter Geschwindigkeit v' die schiefe Ebene hinaufzuziehen?

e) Mit welcher Kraft F_2 müssen Sie den Schlitten schieben, damit er mit der gleichen konstanten Geschwindigkeit v' die schiefe Ebene hinaufgleitet?

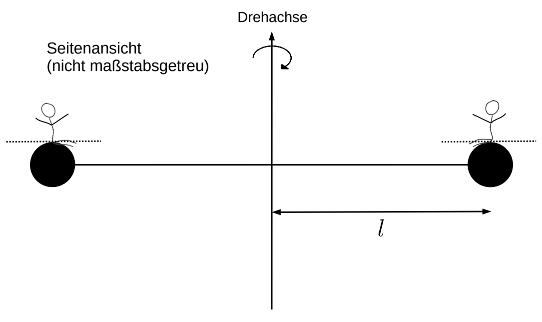
Hinweis: *Betrachten Sie nur die Gleitreibung und vernachlässigen Sie alle anderen Reibungseffekte.*

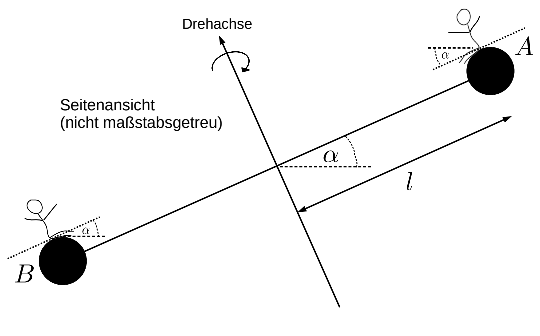
Aufgabe 2: Münchhausen 5 Punkt(e)

Ganz stolz erzählt Münchhausen, dessen Masse $m = 70\,\mathrm{kg}$ beträgt, von seinem Ritt auf einer Kanonenkugel. Dieses Mal jedoch war die Kugel an einer Kette befestigt. Statt die Kanonenkugel einfach abzufeuern, hat er einen Riesen dazu gebracht die Kugel samt Kette und ihm um dessen Kopf zu schwingen, siehe linke Skizze unten. Die Kette ist gespannt und über die volle Länge parallel zum ebenen Boden. Der Abstand von Münchhausen zur Drehachse sei $l = 30\,\mathrm{m}$. Nehmen Sie an, dass Münchhausen sehr klein ist gegenüber der Kugel und deshalb die Krümmung der Kugel keine Rolle spielt. Münchhausen sitzt parallel zum ebenen Boden (sein Rücken ist orthogonal zum ebenen Boden). Um nicht von der Kugel abzurutschen, hat Münchhausen seine Hose mit Honig (Haftreibungskoeffizient $\mu_H = 1{,}3$) eingerieben.

a) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit ω_{max} kann der Riese die Kugel maximal schwingen, sodass Münchhausen aufgrund des Honigs auf der Kugel verbleibt. Würde sich am Ergebnis etwas ändern, wenn Münchhausen doppelt so viel Masse hätte? Begründen Sie ihre Antwort.

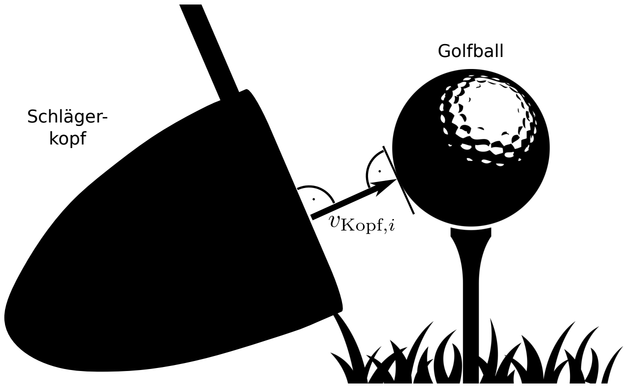
b) Nun schwingt der Riese die Kette mit einem Winkel $\alpha = 45°$ zum ebenen Boden, siehe rechte Skizze unten. Zeichen Sie die Kräftediagramme am höchsten Punkt der Bahn A und am niedrigsten Punkt der Bahn B. Teilen Sie die Gewichtskraft in Komponenten parallel und orthogonal zur Kette auf. Berechnen Sie die maximalen Winkelgeschwindigkeiten an diesen beiden Punkten ω_A und ω_B bei welchen Münchhausen nicht von der Kugel rutscht. Nehmen Sie an, dass Münchhausen stets mit einem Winkel von α gegenüber dem ebenen Boden sitzt.





Aufgabe 3: Golfen mit „Top Speed“ 4,5 Punkt(e)

Nachdem Tiger sich mit seiner Schlagweite ideal auskennt (aus früheren Aufgaben), will er natürlich an seiner Ballgeschwindigkeit arbeiten. Dafür zieht er erneut seinen guten Freund Sir Isaac Newton zu Rate. Tiger will wissen, welche Bedingungen sein Schläger und Ball erfüllen müssen, damit seine Ballgeschwindigkeit maximal wird. Dafür geht Newton von einem quasi-elastischen Stoß von Schlägerkopf mit Masse m_{Kopf} und Ball m_{Ball} in eindimensionaler Richtung aus, siehe die Abbildung unten (die Richtung ist entlang der Schlagrichtung definiert).



Bei einem quasi-elastischen (realen) Stoß lässt sich der Energieverlust zwischen „vor dem Stoß“ und „nach dem Stoß“ beschreiben durch die Stoßzahl e mit

$$e := \frac{v_{2,f} - v_{1,f}}{v_{1,i} - v_{2,i}}$$

und den Initial- und Finalgeschwindigkeiten zweier Körper $v_{1,i}$, $v_{2,i}$ bzw. $v_{1,f}$, $v_{2,f}$. Die Stoßzahl e nimmt Werte zwischen 0 und 1 an, wobei 1 einen total elastischen und 0 einen total unelastischen Stoß beschreiben würde.

a) Was gilt für die Summe der Impulse vor und nach dem Stoß und warum? Formulieren Sie dies als mathematische Gleichung.

b) Bestimmen Sie aus der in Aufgabenteil a) aufgestellten Gleichung unter Verwendung der Stoßzahl e eine Gleichung für die Ballgeschwindigkeit $v_{\text{Ball},f}$ nach dem Stoß, die nur von den Anfangsbedingungen abhängt.

Die Geschwindigkeit des Schlägerkopfes $v_{\text{Kopf},i}$ ist abhängig von der Masse des Schlägerkopfes m_{Kopf}. Ein Experiment bestimmt diese Abhängigkeit zu $v_{\text{Kopf},i} \propto m_{\text{Kopf}}^{-\alpha}$, wobei α den Wert 0,19 annimmt.

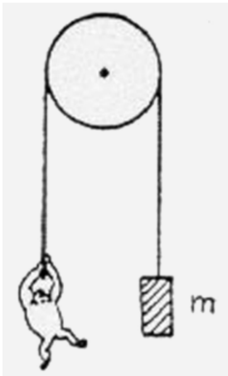
c) Setzen Sie den Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Masse des Schlägerkopfes in das Ergebnis aus Teil b) ein und leiten Sie die Ballgeschwindigkeit $v_{\text{Ball},f}(m_{\text{Kopf}})$ als Funktion der Masse des Schlägerkopfs ab.

d) Leiten Sie eine Bedingung für das Verhältnis der Schlägerkopf- und Ballmasse $\frac{m_{\text{Kopf}}}{m_{\text{Ball}}}$ her, bei der die Ballgeschwindigkeit maximal wird.

e) Wie schwer sollte der Schlägerkopf sein, damit Tiger den Ball mit „Top Speed" schägt, wenn der Ball eine Masse von 45 g hat?

Aufgabe 4: Ein hungriger Affe 5 Punkt(e)

Ein Affe und eine ebenso schwere Obstkiste mit der Masse m hängen wie skizziert über einer Seilrolle. Der Affe versucht am Seil hochzuklettern.



F. Hartmann

a) Diskutieren Sie die Bewegung von Affe und Obstkiste. Venachlässigen Sie dabei die Masse des Seils, die Reibung zwischen Seil und Rolle und die Ausdehnung der Umlenkrolle. Was passiert, wenn die Obstkiste nur halb so schwer wie der Affe ist?

b) Nun sei das Seil massebehaftet. Das Seil habe eine Länge von 20 m und eine Masse von 20 kg. Der Affe und die Obstkiste haben je eine Masse von $m = 50\,\text{kg}$. Stellen Sie zunächst die Differenzialgleichung für die Position $x(t)$ der Obstkiste auf. (Dabei entspreche $x = 0$ gleicher Höhe von Affe und Kiste.) Verwenden Sie zur Lösung der Differenzialgleichung die allgemeine Lösung der Form

$$x(t) = A \cdot e^{+ct} + B \cdot e^{-ct}. \tag{1}$$

Bestimmen Sie die Unbekannten A und B aus den Anfangsbedingungen $x(t = 0) = x_0 \neq 0$ und $v(t = 0) = v_0 = 0$.