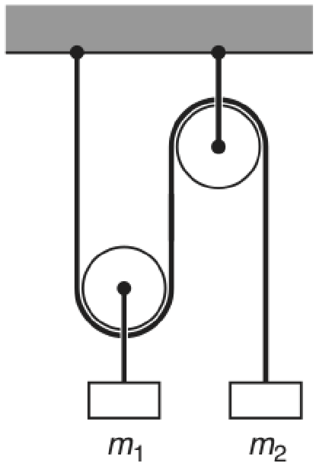
3. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 19/20)

Abgabe am 7./8.11.2019 in den Übungen

Name(n): Gruppe: Punkte: ___/___/___/___

3.1 Flaschenzug (10 Punkte)



Am rechts dargestellten, reibungs- und masselosen Flaschenzug hängen zwei Massen m_1 und m_2. Bis zum Zeitpunkt $t = 0$ befinden sich beide Massen in Ruhe und auf gleicher Höhe, $z_1 = z_2 = 0$, da m_2 festgehalten wird. Zur Zeit $t = 0$ wird m_2 losgelassen.

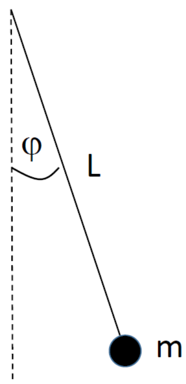
a) Fertigen Sie eine Skizze der Anordnung an und tragen Sie die Kräfte ein, die für $t \geq 0$ auf die Massen m_1 und m_2, sowie auf die Aufhängepunkte des Seils und der festen Rolle wirken.

b) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für die Masse m_2 auf und berechnen Sie $z_2(t)$. Wie groß ist die Kraft F_S, die längs des Seils wirkt?

c) Berechnen Sie die Beschleunigung $\ddot{z}_2$ der Masse m_2, sowie die Seilkraft F_S für den Fall $m_1 = m_2 = m$.

d) Abgesehen von diesem rein akademischen Beispiel werden Flaschenzüge auch im Alltag eingesetzt. Welchen Vorteil haben Sie, wenn Sie die Masse m_1 mit einem Flaschenzug heben? Wie „bezahlen" Sie für diesen Vorteil?

3.2 Mathematisches Pendel und Erdbeschleunigung (10 Punkte)



Die Idealisierung einer punktförmigen Masse m an einem masselosen Faden der Länge L wird als mathematisches Pendel bezeichnet. Ein solches Pendel werde, wie in nebenstehender Abbildung gezeigt, zur Zeit $t = 0$ um einen kleinen Winkel $\varphi = \varphi_0$ aus der Vertikalen ausgelenkt und losgelasssen. Das Pendel schwinge danach reibungsfrei.

a) Geben Sie die Kräfte an, die auf die Pendelmasse wirken. Bestimmen Sie die *Rückstellkraft* des Pendels, d.h. die Kraft die das Pendel in die Gleichgewichtslage zurückzwingt, als Funktion von φ. Für nicht zu große Auslenkungen φ kann die Näherung $\sin\varphi \approx \varphi$ benutzt werden. Stellen Sie mit dieser Näherung eine Bewegungsgleichung für $\varphi(t)$ auf.

b) Zeigen Sie, dass die harmonische Schwingung,

$$\varphi(t) = A \sin(\omega t + \alpha)$$

diese Bewegungsgleichung für eine passende Wahl von ω erfüllt. Bestimmen Sie aus der Anfangsbedingung $\varphi(0) = \varphi_0$ und $\dot{\varphi}(0) = 0$ die Größen A und α.

c) Die Winkelgeschwindigkeit ω hängt mit der Periode T der Pendelschwingung wie folgt zusammen:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

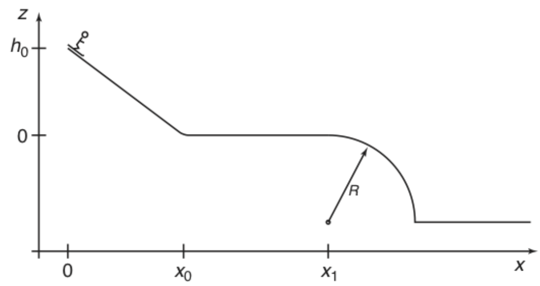
Bestimmen Sie die Periodendauer als Funktion der Pendelparameter und der Erdbeschleunigung.

d) Im Jahr 1672 konnte J.Richter mit einer Pendeluhr nachweisen, dass die Erdbeschleunigung auf der Erdoberfläche nicht konstant ist. Er reiste mit der Uhr von Paris, wo diese exakt ging, nach Cayenne (Französisch-Guayana) und beobachtete, dass sie dort pro Tag um 150 s nachging. Welchen Wert besitzt demnach die Erdbeschleunigung in Cayenne, wenn der Wert in Paris $g = 9,810\,\mathrm{m}/s^2$ ist?

e) Um wieviel ist die Länge eines Sekundenpendels ($T = 2\,\mathrm{s}$) in Cayenne von der eines Sekundenpendels in Paris verschieden?

3.3 Skiabfahrt (10 Punkte)

Der Winter naht, und Sie träumen davon, wie Sie - einem Massepunkt gleich - auf gut gewachsten Skiern reibungslos die rechts dargestellte Piste hinabfahren. In der ersten Phase nimmt Ihre Geschwindigkeit rasant zu, da Sie bis $x = x_0 = 50\,\mathrm{m}$ eine Höhendifferenz h_0 hinabgleiten.



Bei $x = x_1 > x_0$ krümmt sich die Piste mit einem Radius $R = 10\,\mathrm{m}$ unter Ihnen nach unten weg (in der Realität ist die Piste auch an der Stelle $x = x_0$ leicht gekrümmt, um einen Sturz zu vermeiden, was aber bei der Rechnung nicht berücksichtigt werden soll).

a) Bestimmen Sie die Hangabtriebskraft, die der Skifahrer für $0 < x < x_0$ aufgrund seiner Gewichtskraft und der Zwangskräfte, die der Hang auf ihn ausübt, erfährt. Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den Skifahrer auf. Bestimmen Sie anhand der Bewegungsgleichung, wie die Geschwindigkeit v_0 für $x \geq x_0$ von h_0 abhängt.

b) Aus welcher Höhe h_0 müssen Sie mindestens starten, um bei $x = x_1$ die Bodenhaftung zu verlieren?

c) Angenommen Sie starten bei einer Höhe $h_0 = 10\,\mathrm{m}$, wie weit erstreckt sich Ihr Sprung in x-Richtung, bevor Sie wieder auf der dargestellten Piste aufschlagen?

3.4 Kurvenfahrt bei Regen (10 Punkte)

Der Haftreibungsgkoeffizient eines Autoreifens beträgt bei trockener Straße $\mu_0 = 0.95$. Bei nasser Straße verringert er sich auf den Wert $\mu_1 = 0.5$.

a) Begründen Sie, warum für die Kraftübertragung zwischen Reifen und Straße die Haftreibung und nicht die Gleitreibung relevant ist.

b) Mit welcher maximalen Geschwindigkeit kann man bei trockener Straße eine Kurve mit einem Kurvenradius von 100 m durchfahren, bevor das Fahrzeug ausbricht?

c) Auf welchen Wert reduziert sich diese Geschwindigkeit bei nasser Straße?

d) Um welchen Winkel müßte man die Kurve mindestens überhöhen, d.h. die Straße neigen, damit das Fahrzeug auch bei nasser Straße mit der Geschwindigkeit aus (b) durch die Kurve kommt? Überlegen Sie sich hierzu, welche Kräfte auf das Fahrzeug wirken. Diese addieren sich so, dass die resultierende Kraft das Auto auf eine Kreisbahn zwingt. Am einfachsten erhalten Sie die Lösung, wenn Sie ein Koordinatensystem wählen, dessen x-Achse parallel zur Fahrbahnoberfläche liegt.