

## 4. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 19/20)

Abgabe am 14./15.11.2019 in den Übungen

Name(n):

Gruppe:

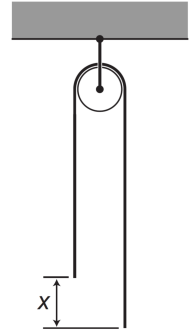
Punkte: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

### 4.1 Fallendes Seil (10 Punkte)

Ein Seil mit Masse  $M$ , Länge  $L = 20\text{ m}$  und homogener Massenbelegung  $\lambda = M/L$  läuft über eine masse- und reibungslose Umlenkrolle. Das Seil ist auf der rechten Seite um  $x_0 = 0,1 L$  länger als auf der linken Seite und wird am kurzen Ende festgehalten. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird das Seil losgelassen.

- Stellen Sie eine Bewegungsgleichung für den Längenunterschied  $x$  auf.
- Bestimmen Sie  $x(t)$  aus der Bewegungsgleichung. Berücksichtigen Sie dabei die Randbedingungen  $x(0) = x_0$  und  $\dot{x}(0) = 0$ .
- Zu welcher Zeit  $t_1$  beträgt der Längenunterschied  $x(t_1) = 0,2 L$ ?



### 4.2 Weltraumaufzug (10 Punkte)

Eine sogenannter Weltraumlift (Skyhook-Satellit) besteht aus einem langes Seil, das direkt über dem Erdboden am Äquator beginnt, dann vertikal nach oben reicht und sich mit der drehenden Erde geostationär mitbewegt. Ist das Seil kürzer als eine kritische Länge  $L$ , so fällt es aufgrund der Schwerkraft auf die Erde zurück, während die Schwerkraft nicht groß genug ist, um die nötige Zentripetalbeschleunigung aufzubringen, wenn es länger als  $L$  ist. Das Seil hänge frei über dem Erdboden und habe eine konstante Massenbelegung  $\lambda = M/L$ , wobei  $M$  die Gesamtmasse des Seils ist.

Berechnen Sie die Länge  $L$  des Seils, bei der sich der Skyhook-Satellit in stabiler Position über dem Erdboden befindet als Funktion des Erdradius  $r_E$ , der Erdbeschleunigung  $g$  und der Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation  $\omega$ . Berechnen Sie den Zahlenwert für  $L$  und vergleichen Sie diesen Wert mit der Entfernung von der Erde zum Mond.

*Hinweis:* Vernachlässigen Sie Einflüsse durch die Erdatmosphäre (Wind, Regen etc.) und Gezeitenkräfte (Anziehungskräfte von Sonne, Mond etc.). Betrachten Sie alle Kräfte, die auf ein infinitesimales Stück des Seils wirken. Berechnen Sie die gesamte auf das Seil wirkende *äußere* Kraft durch die Integration über die Seillänge.

### 4.3 Schiefe Ebene (10 Punkte)

Ein Wagen wird eine schiefe Ebene, die gegen die Horizontale um den Winkel  $\alpha$  geneigt ist, auf die Höhe  $h$  hinaufgezogen, und kommt dort zum Stehen.

- a) Der Wagen bewege sich reibungsfrei. Welche Arbeit muss geleistet werden, um den Wagen hinaufzuziehen? Hinweis: Der Wagen soll sehr langsam gezogen werden, so dass seine kinetische Energie zu vernachlässigen ist.
- b) Der effektive Reibungskoeffizient des gezogenen Wagens sei  $\mu$ . Welche Arbeit muß nun geleistet werden, um den Wagen hinaufzuziehen?
- c) Sie konnten bei der Rechnung in a) und b) die kinetische Energie des Wagens explizit vernachlässigen. Ist das für die aufzuwendende Arbeit, um den Wagen auf die Höhe  $h$  zu ziehen, von Bedeutung? Diskutieren Sie den Fall, dass der effektive Reibungskoeffizient unabhängig von der Geschwindigkeit ist.

### 4.4 Autofahrt (10 Punkte)

Ein Auto einer Masse von 1.5 t habe eine Leistung von 80 kW.

- a) Wie lange dauert es, um das Auto auf eine Geschwindigkeit von 100 km/h zu beschleunigen? Nehmen Sie dabei an, dass die gesamte Fahrzeugleistung zur Beschleunigung genutzt wird.
- b) Bestimmen Sie unter dieser Annahme die dabei auftretende Fahrzeugbeschleunigung als Funktion der Geschwindigkeit. Warum muss man bei einer tatsächlichen Beschleunigungsfahrt *sanft* anfahren, d.h. man darf zu Anfang nicht die gesamte Fahrzeugleistung zur Beschleunigung nutzen? Wie groß ist hingegen die Beschleunigung bei  $v = 100$  km/h?
- c) Wie groß ist der minimale Bremsweg des Autos bei dieser Geschwindigkeit, wenn der Haftreibungskoeffizient 0,95 beträgt und das Antiblockiersystem ein Blockieren der Räder verhindert?