

## Übungen zur Experimentalphysik I — Blatt 4

### Aufgabe 1: *Stab*

2 Punkte

Erklären Sie den Versuch Me-40 im Skript 3 auf Seite 16. Was passiert und warum?

### Aufgabe 2: *Stokessche Reibung*

6 Punkte (2 + 4)

Für relativ kleine, kugelförmige Teilchen, die sich langsam in einem Fluid mit relativ hoher Viskosität bewegen, gilt das Stokessche Reibungsgesetz:  $F_S = 6\pi\eta r v$ , dabei sind  $\eta$  die dynamische Viskosität des Mediums,  $r$  der Teilchenradius und  $v$  die Teilchengeschwindigkeit. Eine Stahlkugel (Radius  $r = 1,00$  mm, Dichte  $\rho_1 = 7850$  kg/m<sup>3</sup>) wird in einem mit Öl ( $\rho_2 = 960$  kg/m<sup>3</sup>,  $\eta = 1,05$  Ns/m<sup>2</sup>) gefüllten Standzylinder fallen gelassen. (Mit diesem Experiment bestimmt man die Viskosität von Flüssigkeiten.)

- Welche Endgeschwindigkeit  $v_{max}$  erreicht die Kugel? Zeichnen Sie zunächst in eine Skizze alle auf die Kugel wirkenden Kräfte ein. Überlegen Sie, wie sich die Kräfte im Verlauf der Bewegung ändern, und welche Bewegung die Kugel daher ausführt (Hinweis: Die Auftriebskraft ist  $F_A = V \rho_2 g$ , wobei  $V$  das Kugelvolumen ist.).
- Geben Sie die Bewegungsgleichung und Ort  $x$  und Geschwindigkeit  $v$  als Funktion der Zeit  $t$  an. Die Bewegung der Kugel beginnt zur Zeit  $t_0 = 0$  mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 0$ . Skizzieren Sie die Graphen der Funktionen  $x(t)$  und  $v(t)$ .  
Hinweis: Stellen Sie dazu die Bewegungsgleichung so um, dass die Variablen  $v$  und  $t$  voneinander getrennt jeweils auf einer Seite der Gleichung stehen (Trennung der Variablen).

### Aufgabe 3: *Verschiedene Wege*

4 Punkte (1 + 1 + 2)

Gegeben sei ein Kraftfeld  $\vec{F}(\vec{r}) = a(2x - 3y)\vec{e}_x + b(y - 2x)\vec{e}_y$  mit  $a, b, \vec{e}_x, \vec{e}_y = \text{const.}$  Skizzieren Sie die Wege und berechnen Sie die Arbeit, die beim langsamen Verschieben eines Teilchens, auf das diese Kraft wirkt, entlang der folgenden Wege geleistet wird (nehmen Sie in diesem Fall  $\vec{F}(\vec{r})$ ,  $\vec{r}$ ,  $t$  und die Konstanten als dimensionslos an):

- $\vec{r}(t) = -t\vec{e}_x - t\vec{e}_y$  mit dem Kurvenparameter  $t = 0 \dots 3$
- $\vec{r}(t) = t\vec{e}_x + \frac{1}{2}t^2\vec{e}_y$  mit  $t = 0 \dots 2$
- $\vec{r}(t) = 2c\cos(t)\vec{e}_x - 3c\sin(t)\vec{e}_y$  mit  $t = 0 \dots 2\pi$ ,  $c = \text{const.}$

### Aufgabe 4: *Hüpfende Bälle*

5 Punkte (3 + 2)

Lotte hat in der Vorlesung gesehen, wie mit Bällen verschiedener Größe experimentiert wurde. Sie wiederholt das Experiment zu Hause und möchte die Werte berechnen. Dazu setzt sie einen kleinen Ball der Masse  $m_1$  "huckepack" auf einen großen Ball der Masse  $m_2$ . Beide Bälle fallen gleichzeitig aus (ungefähr) gleicher Höhe  $h$ . Nach dem Aufprall auf dem Erdboden fliegen sie wieder hoch. Die Balldurchmesser sind beide vernachlässigbar klein im Vergleich zu  $h$ .

- Berechnen Sie für völlig elastische Bälle die Höhe, die der kleine Ball erreicht, als Funktion der Massen  $m_1$  und  $m_2$ .
- Wie kann man durch Variation der Massen diesen Wert maximieren, und wie groß ist die zugehörige Höhe?

## Aufgabe 5: Reibungsarbeit

4 Punkte (2 + 2)

In Paris haben Tom und Jerry reichlich eingekauft. Sie verpacken alles in Kartons gleicher Größe und gleichen Gewichts und laden die Kartons auf die ebene Ladefläche ihres Minibusses. Sie machen sich Gedanken über das Bremsverhalten des so beladenen Minibusses.

- Um den Haftreibungskoeffizienten  $\mu$  zu bestimmen, schlägt Jerry vor, Kartons auf eine geneigte Ebene zu positionieren, deren Oberflächenbeschaffenheit der Ladefläche des Minibusses entspricht. Sie messen, dass bei einem Neigungswinkel von  $24,3^\circ$  die Kartons zu rutschen beginnen. Wie groß ist der Reibungskoeffizient zwischen der Ladefläche und den Kartons?
- Wie groß ist, unter Berücksichtigung des so gemessenen Haftreibungskoeffizienten, der minimale Bremsweg, um ein Rutschen der Kartons zu vermeiden, wenn der Minibus mit einer Geschwindigkeit  $v = 80 \text{ km/h}$  fährt?

## Aufgabe 6: Fadenpendel mit phyphox

4 Punkte (1 + 1 + 1 + 1)

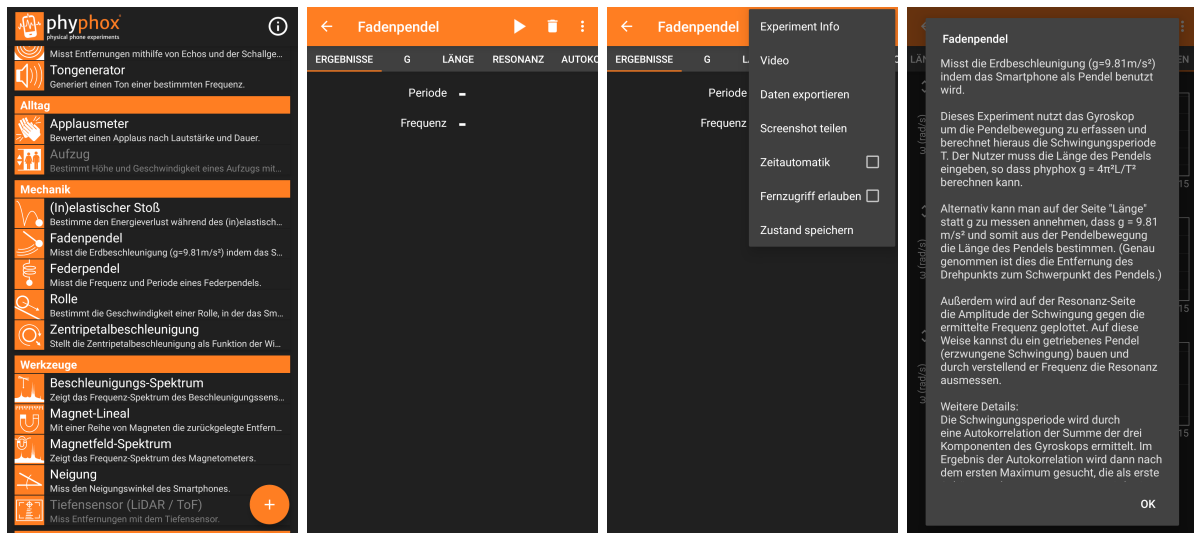
Nutzen Sie die phyphox-App auf Ihrem Smartphone, um einige Messungen zum Fadenpendel durchzuführen. Nehmen Sie einen stabilen Bindfaden und bereiten Sie dafür ihr Smartphone ähnlich wie dargestellt vor. Legen Sie eine weiche Unterlage unter das Smartphone-Pendel, um Beschädigungen beim eventuellen Herunterfallen zu vermeiden. Die Durchführung der Pendelversuche geschieht auf eigene Gefahr! (phyphox-Anleitungsvideo)



Im Auswahlménü der phyphox-App wählen Sie das Experiment "Fadenpendel" aus, im Startbildschirm finden Sie dann oben rechts eine Anleitung "Experimentinfo" und auch den Link zum Video.

Führen Sie nun folgende Experimente durch:

- Testen Sie Ihren Experimentaufbau: Lassen Sie das Smartphone (ohne phyphox-Messung) schwingen, um ein Gefühl für die Durchführung der Experimente, die Schwingungsdauer und die Dämpfung zu bekommen. Messen Sie die Schwingungsdauer und ermitteln Sie daraus die Dauer einer Schwingungsperiode.



- b) Mit den Erfahrungen aus a) können Sie nun die erste Messung durchführen. Stellen Sie dazu in der "Zeitautomatik" eine Startverzögerung zwischen 3-5 s ein. Die "Dauer des Experiments" sollte mehrere Schwingungsperioden betragen. Führen Sie mehrere Messungen der Schwingungsperiode durch. Geben Sie ihr Ergebnis an und schätzen Sie einen Fehler dafür ab.
- c) Messen Sie die Länge Ihres Pendels mit einem Maßband. Bestimmen Sie anschließend diese Länge mit Hilfe der Messoption "Länge" in phyphox. Was fällt Ihnen auf?
- d) Machen Sie ein Foto von Ihrem Pendel-Aufbau und fügen Sie es Ihren Lösungen hinzu.

**Allgemeiner Hinweis:** Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein.