

## Übungen zur Experimentalphysik I — Blatt 6

### Aufgabe 1: Lissajous-Figuren

5 Punkte

Zeigen Sie, dass bei senkrechter Überlagerung zweier Schwingungen mit gleicher Frequenz

$$x = a \cos(\omega t) \quad y = b \cos(\omega t + \phi)$$

die resultierende Bahnkurve eine Ellipse ist:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2 \cos \phi}{ab} xy = \sin^2 \phi.$$

Zeichnen Sie die Ellipse für  $a = 3$ ,  $b = 2,5$  und  $\phi = -2\pi/3$ .

### Aufgabe 2: Gekoppelte Pendel und Schwebung

5 Punkte (1 + 1 + 2 + 1)

In der Vorlesung wurden die Bewegungsgleichungen  $\phi_1(t)$  und  $\phi_2(t)$  für zwei gekoppelte Pendel hergeleitet. Skizzieren und kommentieren Sie für die zwei Pendel der Länge  $l = 75$  cm, der Masse  $m = 800$  g und mit einer Kopplung  $D = 0,15$  kg/s<sup>2</sup> den Schwingungsverlauf als Funktion der Zeit für die unten angegebenen Fälle ( $\dot{\phi}_i(0) = 0, \phi_0 = 5^\circ$ ):

- $\phi_1(0) = \phi_2(0) = \phi_0$  (gleiche Auslenkung in gleiche Richtung);
- $\phi_1(0) = -\phi_0 = -\phi_2(0)$  (gleiche Auslenkung in entgegengesetzte Richtung);
- $\phi_1(0) = 0, \phi_2(0) = \phi_0$  (ein Pendel ohne, das andere mit Auslenkung).
- Wie groß ist die Federkonstante  $D'$ , wenn im Fall c) die halbe Periode der Schwebung (von Null zur Maximalamplitude wieder zur Null) 10 s beträgt?

### Aufgabe 3: Schwingung mit Dämpfung und Anregung

7 Punkte (2 + 2 + 3 × 1)

Für ein Spiralfeder-Masse-Pendel lautet die Differentialgleichung mit Dämpfung und Anregung

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{1}{m} \cdot F_0 \cos(\omega_E t)$$

mit der Anregungsfrequenz  $\omega_E$  und der Amplitude der anregenden Kraft  $F_0$ . Die Dämpfung sei klein:  $\gamma \ll \omega_0/\sqrt{2}$ .

- Zeigen Sie explizit durch Einsetzen, dass eine Lösung der Differentialgleichung gegeben ist durch

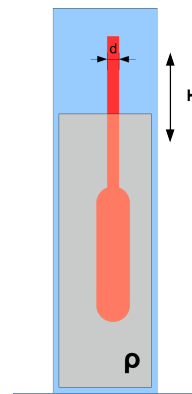
$$x(t) = A \cdot \cos(\omega_E t + \phi) \quad \text{mit} \quad A = \frac{F_0}{m} \cdot \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_E^2)^2 + (2 \cdot \gamma \cdot \omega_E)^2}} \quad \text{und} \quad \tan \phi = -\frac{2 \cdot \gamma \cdot \omega_E}{\omega_0^2 - \omega_E^2}.$$

- Berechnen Sie, bei welcher Kreisfrequenz  $\omega_R$  (=Resonanzfrequenz) die Auslenkung  $A$  ihr Maximum erreicht.
- Berechnen Sie die maximale Auslenkung  $A(\omega_R)$  (=Resonanzamplitude) bei der Anregung mit der Resonanzfrequenz.
- Wie groß ist die Auslenkung bei Anregung mit  $\omega_E = \omega_0$ ?
- Zeigen Sie, dass die Resonanzamplitude größer ist als die Amplitude bei Anregung mit  $\omega_0$ .

#### Aufgabe 4: Schwingendes Aräometer

5 Punkte

Ein Aräometer mit dem Gewicht  $G = 4,23 \text{ N}$  schwimme in einer Flüssigkeit. Wenn man es weiter in die Flüssigkeit hineindrückt und dann loslässt, beginnt es Schwingungen mit der Periodendauer  $T = 9,80 \text{ s}$  auszuführen. Indem man die Schwingungen als ungedämpft annimmt, ist mit den Angaben dieses Versuches die Dichte  $\rho$  der Flüssigkeit bestimmt, in der das Aräometer schwimmt. Der Durchmesser der vertikalen zylindrischen Röhre des Aräometers betrage  $5 \text{ mm}$ . Wie groß ist die Dichte der Flüssigkeit? (Die Auftriebskraft  $F_A = V \cdot \rho \cdot g$  hängt dabei vom jeweils in die Flüssigkeit eingetauchten Volumen  $V$  des Aräometers ab.) Stellen Sie zunächst die Differentialgleichung für die oszillierende Eintauchtiefe  $h(t)$  auf.



#### Aufgabe 5: Q-Wert

2 Punkte

In der Vorlesung wurde der Q-Wert eines Oszillators definiert als

$$Q = 2\pi \frac{E}{\Delta E}$$

Beobachten Sie **einen** der folgenden alltäglichen Schwingungsvorgänge und schätzen Sie mit einer geeigneten Methode den Q-Wert auf nachvollziehbare Weise ab:

- Fadenpendel der Länge  $l = 1 \text{ m}$ , mit kleiner glatter Metallkugel o.ä. (welche Ausdehnung hat diese?) als Pendelkörper.
- Schwingende Saite eines Streichinstruments. Geben Sie Parameter wie Länge der Saite an, soweit möglich.
- Kinderschaukel auf dem Spielplatz. Welche Größen beeinflussen den Q-Wert?

#### Aufgabe 6: Bodenwellen

1 Punkt

Bearbeiten Sie in moodle den E-Test zum Übungsblatt 6: "Bodenwellen".

**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.