

## Aufgaben 1                      Schwingungen Schwingung, Federschwinger, Pendel, Harmonische Schwingung

### Lernziele

- verstehen, was eine Schwingung ist.
- wissen und verstehen, was die Periodendauer und die Frequenz einer Schwingung sind.
- wissen, dass bei einer mechanischen Schwingung Impuls und Energie zwischen Teilsystemen hin und her fließen.
- die bei einer mechanischen Schwingung auftretenden Impuls- und Energieflüsse verstehen.
- wissen, was eine harmonische Schwingung ist.
- wissen und verstehen, was die Amplitude, die Anfangsphase und die Kreisfrequenz einer harmonischen Schwingung sind.
- die Zusammenhänge zwischen Winkelgeschwindigkeit, Frequenz und Kreisfrequenz kennen und verstehen.
- die zeitlichen Verläufe von Ort, Geschwindigkeit, Impuls und Energie eines harmonischen Federschwingers kennen und deren Zusammenhänge verstehen.
- die an einem Körper angreifenden Kräfte korrekt einzeichnen können.
- beurteilen können, ob eine Schwingung eine harmonische Schwingung ist oder nicht.
- wissen und verstehen, dass die Schwingung eines Federschwingers harmonisch ist.
- wissen und verstehen, welche Größen und mit welcher Gesetzmässigkeit diese Größen die Periodendauer eines Federschwingers beeinflussen.
- wissen und verstehen, dass die Schwingung eines Pendels nicht harmonisch ist.
- wissen und verstehen, welche Größen und mit welcher Gesetzmässigkeit diese Größen die Periodendauer eines Pendels beeinflussen.
- Aussagen und Beziehungen zwischen Größen mit Hilfe physikalischer Grundgesetze als Gleichungen formulieren können.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.

### Aufgaben

#### 1.1 (Vorgängiges Selbststudium)

- a) Studieren Sie im Lehrbuch KPK 3 die folgenden Abschnitte:
- 1.1 Vorläufige Beschreibung (Seite 4)
  - 1.2 Impuls und Energie (Seite 5)
  - 1.3 Die Erde als Partner (Seite 6)
  - 1.4 Harmonische Schwingungen (Seite 7, nur bis Formel 1.5, ohne Aufgaben)
  - 1.5 Wovon die Periodendauer abhängt (Seite 8, ohne Aufgaben 2 bis 4)
  - 1.6 Das Pendel (Seite 9, ohne Teile „Die Impulsbilanz beim Pendel“ und „Die Energiebilanz beim Pendel“, ohne Aufgaben 3 bis 5)

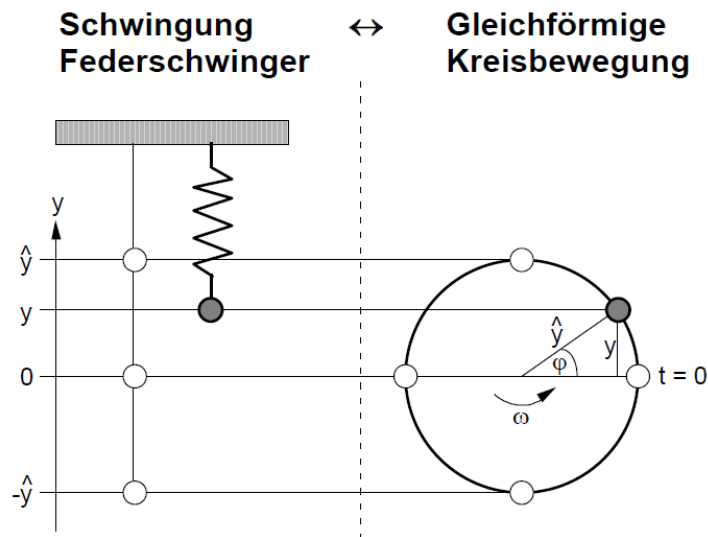
Hinweise:

- Im Abschnitt 1.3 wird die Formel  $E = \frac{p^2}{2m}$  für die in einem Schwingkörper gespeicherte kinetische Energie angegeben. Diese Formel folgt aus den beiden Beziehungen  $p = mv$  und  $W_{\text{kin}} \text{ (bzw. } E) = \frac{1}{2}mv^2$  durch Elimination der Geschwindigkeit  $v$ .
- In den Lösungen zu den Aufgaben stimmt die Nummerierung ab dem Abschnitt 1.6 nicht: Die Lösungen zum Abschnitt 1.6 sind unter 1.7 aufgeführt.

- b) Führen Sie in Moodle den [Test 1.1](#) durch.

#### 1.2 (siehe nächste Seite)

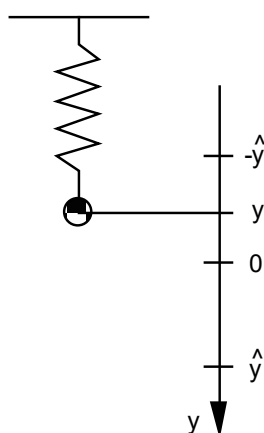
1.2 Im Unterricht wurde der Zusammenhang zwischen der Schwingung eines Federschwingers und einer gleichförmigen Kreisbewegung aufgezeigt:



Lösen Sie mit Hilfe der obigen Grafik die folgenden Teilaufgaben:

- Drücken Sie den Ort  $y$  durch die Amplitude  $\hat{y}$  und den Winkel  $\varphi$  aus.
- Geben Sie den seit Beginn ( $t = 0$  s) überstrichenen Winkel  $\varphi$  in Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  und der Zeit  $t$  an.
- Drücken Sie mit Hilfe der Resultate aus a) und b) den Ort  $y$  in Abhängigkeit der Amplitude  $\hat{y}$ , der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  und der Zeit  $t$  aus.
- Betrachten Sie den Ort  $y$  als Funktion der Zeit  $t$ , d.h.  $y = y(t)$ . Skizzieren Sie den Grafen der Funktion  $y = y(t)$  in einem  $y$ - $t$ -Diagramm. Beschriften Sie dabei die Koordinatenachsen so, dass man aus dem Diagramm die unter c) formulierte Beziehung herauslesen kann.
- Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  und der Frequenz  $f$  an.

1.3 Betrachten Sie den folgenden vertikalen Federschwinger:



Die Position  $y = 0$  entspricht der Ruhelage des Pendels.

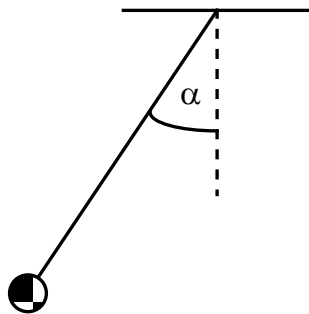
- Betrachten Sie den Federschwinger in der **Ruhelage**, d.h. für  $y = 0$ .
  - Erstellen Sie eine Skizze des Federschwingers.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze alle Kräfte ein, die am Schwingkörper angreifen.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze die Resultierende aller auf den Schwingkörper wirkenden Kräfte ein.

- b) Betrachten Sie den Federschwinger für eine **beliebige Auslenkung**  $y \neq 0$ .
- Erstellen Sie eine Skizze des Federschwingers.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze alle Kräfte ein, die am Schwingkörper angreifen.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze die Resultierende aller auf den Schwingkörper wirkenden Kräfte ein.
- c) Zeigen Sie, dass die Schwingung des Federschwingers harmonisch ist.  
Zeigen Sie also, dass die Resultierende aller auf den Schwingkörper wirkenden Kräfte proportional zur Auslenkung  $y$  ist.

Hinweise:

- In der Ruhelage ist die Feder wegen des Gewichts des Schwingkörpers etwas gespannt.
- Vernachlässigen Sie die Masse der Feder.
- Vernachlässigen Sie jegliche Reibung (Aufhängung, Luftwiderstand).

1.4 Betrachten Sie das folgende Pendel:



Die Position  $\alpha = 0$  entspricht der Ruhelage des Pendels.

- a) Betrachten Sie das Pendel in der **Ruhelage**, d.h. für  $\alpha = 0$ .
- Erstellen Sie eine Skizze des Pendels.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze alle Kräfte ein, die am Schwingkörper angreifen.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze die Resultierende aller auf den Schwingkörper wirkenden Kräfte ein.
- b) Betrachten Sie das Pendel für eine **beliebige Auslenkung**  $\alpha \neq 0$  ( $|\alpha| < 90^\circ$ ).
- Erstellen Sie eine Skizze des Pendels.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze alle Kräfte ein, die am Schwingkörper angreifen.
  - Zeichnen Sie in Ihrer Skizze die Resultierende aller auf den Schwingkörper wirkenden Kräfte ein.
- c) Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob die Schwingung des Pendels harmonisch ist oder nicht.

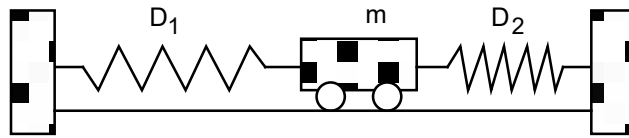
Hinweise:

- Da sich der Pendelkörper auf einer Kreisbahn bewegt, genügt es, nur die Kraftkomponente der Resultierenden aller Kräfte zu betrachten, die entlang der Kreisbahn, d.h. tangential zur Kreisbahn, gerichtet ist.
- Prüfen Sie also nach, ob die tangential Komponente  $F_{\text{res} \parallel}$  der Resultierenden aller Kräfte proportional zum Winkel  $\alpha$  ist.

Hinweise zur ganzen Aufgabe:

- Vernachlässigen Sie die Masse des Pendelfadens.
- Vernachlässigen Sie jegliche Reibung (Aufhängung, Luftwiderstand).

- 1.5 Ein Wagen mit der Masse  $m$  ist über zwei masselose Federn mit den Federkonstanten  $D_1$  und  $D_2$  mit zwei Wänden verbunden:



Die Distanz der beiden Wände sowie die Längen der Federn sind gerade so gewählt, dass die beiden Federn entspannt sind, wenn sich der Wagen in der Ruhelage befindet.

Wird der Wagen aus der Ruhelage ausgelenkt und dann sich selbst überlassen, führt er eine Schwingung aus.

Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob diese Schwingung eine harmonische Schwingung ist oder nicht.

Hinweise:

- Vernachlässigen Sie jegliche Reibung (Rollreibung, Luftwiderstand, ...).
- Es müssen nur Kräfte betrachtet werden, welche die horizontale Bewegung des Wagens beeinflussen.

## Lösungen

1.1 -

- 1.2 a)  $y = \hat{y} \sin(\varphi)$   
 b)  $\varphi = \omega t$   
 c)  $y = \hat{y} \sin(\omega t)$   
 d) ...  
 e)  $\omega = 2\pi f$

1.3  $\vec{F}_G = \begin{pmatrix} 0 \\ F_G \\ 0 \end{pmatrix}$      $\vec{F}_F = \begin{pmatrix} 0 \\ F_F \\ 0 \end{pmatrix}$      $\vec{F}_{\text{res}} = \begin{pmatrix} 0 \\ F_{\text{res}} \\ 0 \end{pmatrix}$

- a) - Die Gewichtskraft  $\vec{F}_G$  zeigt nach unten, d.h.  $F_G > 0$ .  
 - Die Federkraft  $\vec{F}_F$  zeigt nach oben, d.h.  $F_F < 0$ .  
 - Die Resultierende  $\vec{F}_{\text{res}}$  aus Gewicht- und Federkraft ist der Nullvektor, d.h.  $F_{\text{res}} = F_G + F_F = 0$ .
- b) - Die Gewichtskraft  $\vec{F}_G$  zeigt nach unten, d.h.  $F_G > 0$ .  
 - Die Federkraft  $\vec{F}_F$  zeigt nach oben, d.h.  $F_F < 0$ , falls die Feder gestreckt ist.  
 - Die Federkraft  $\vec{F}_F$  zeigt nach unten, d.h.  $F_F > 0$ , falls die Feder gestaucht ist.  
 - Die Resultierende  $\vec{F}_{\text{res}}$  aus Gewicht- und Federkraft zeigt nach oben, falls sich der Schwingkörper unterhalb der Gleichgewichtslage  $y = 0$  befindet, d.h.  $F_{\text{res}} = F_G + F_F < 0$ , falls  $y > 0$ .  
 - Die Resultierende  $\vec{F}_{\text{res}}$  aus Gewicht- und Federkraft zeigt nach unten, falls sich der Schwingkörper oberhalb der Gleichgewichtslage  $y = 0$  befindet, d.h.  $F_{\text{res}} = F_G + F_F > 0$ , falls  $y < 0$ .
- c) ...

- 1.4 a) - Die Gewichtskraft  $\vec{F}_G$  zeigt senkrecht nach unten.  
 - Die Fadenkraft  $\vec{F}_F$  zeigt entlang des Fadens senkrecht nach oben.  
 - Die Resultierende aus Gewicht- und Fadenkraft ist der Nullvektor, falls der Pendelkörper in Ruhe ist, d.h. gar nicht schwingt.  
 - Die Resultierende aus Gewicht- und Fadenkraft zeigt senkrecht nach oben („Zentripetalkraft“), falls der Pendelkörper nicht in Ruhe ist, d.h. tatsächlich schwingt.
- b) - Die Gewichtskraft  $\vec{F}_G$  zeigt senkrecht nach unten.  
 - Die Fadenkraft  $\vec{F}_F$  zeigt entlang des Fadens in Richtung des Aufhängepunktes.  
 - Die Resultierende aus Gewicht- und Fadenkraft zeigt tangential zur Kreisbahn schräg nach unten, falls der Pendelkörper sich gerade in einem der oberen Umkehrpunkte befindet, d.h. gerade in Ruhe ist.  
 - Die Resultierende aus Gewicht- und Fadenkraft zeigt in den Innenbereich des Kreises, falls der Pendelkörper sich nicht gerade in einem der beiden oberen Umkehrpunkte befindet. Sie setzt sich aus einer Komponente tangential zur Kreisbahn schräg nach unten und einer Komponente entlang des Fadens in Richtung des Aufhängepunktes zusammen.
- c)  $F_{\text{res} \parallel} := |\vec{F}_{\text{res} \parallel}|$   
 $F_G := |\vec{F}_G|$   
 $F_{G \parallel} := |\vec{F}_{G \parallel}|$   
 $F_{\text{res} \parallel} = F_{G \parallel} = F_G \sin(\alpha) \neq \alpha$   
 keine harmonische Schwingung  
 für kleine  $\alpha$ :  $\sin(\alpha) \approx \alpha$   
 $F_{\text{res} \parallel} = F_{G \parallel} = F_G \sin(\alpha) \approx F_G \alpha \sim \alpha$   
 näherungsweise eine harmonische Schwingung

1.5 ...