Aufgaben 1 Schwingungen
Schwingungen, Impuls und Energie, Harmonische Schwingung, Pendel

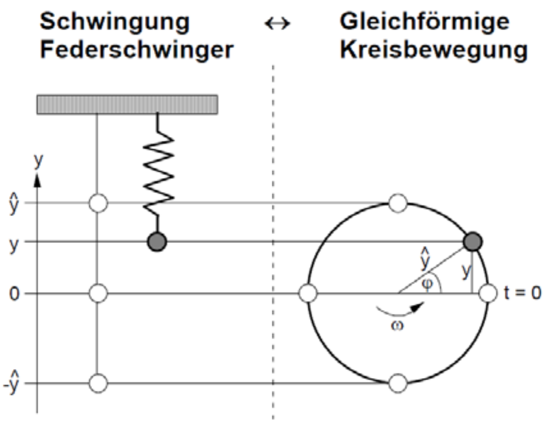
Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- verstehen, was eine Schwingung ist.
- wissen und verstehen, was die Periodendauer, die Frequenz einer Schwingung ist.
- 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, die Kreisfrequenz einer harmonischen Schwingung ist.
- 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, ob die Schwingung eines Fadenpendels harmonisch ist oder nicht.
- wissen und verstehen, welche Grössen und mit welcher Gesetzmässigkeit diese Grössen die Periodendauer eines Federschwingers beeinflussen.
- verstehen, dass die Schwingung eines Fadenpendels keine harmonische Schwingung ist.
- wissen und verstehen, welche Grössen und mit welcher Gesetzmässigkeit diese Grössen die Periodendauer eines Fadenpendels beeinflussen.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.

Aufgaben

1.1 Studieren Sie im Buch KPK 3 die folgenden Abschnitte:
- 1.1 Eine vorläufige Beschreibung (Seiten 5 und 6)
- 1.2 Impuls und Energie (Seiten 6 und 7)
- 1.3 Die Erde als Partner (Seite 8)
- 1.4 Harmonische Schwingungen (Seiten 9 bis 11)
- 1.5 Wovon die Periodendauer abhängt (Seiten 11 und 12)
- 1.6 Warum gerade die Sinusfunktion? Differenzialgleichungen und das Erraten von Lösungen (Seiten 12 und 13)
- 1.7 Das Pendel (Seiten 13 bis 15)

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:

a) Drücken Sie den Ort y durch die Amplitude ŷ und den Winkel φ aus.

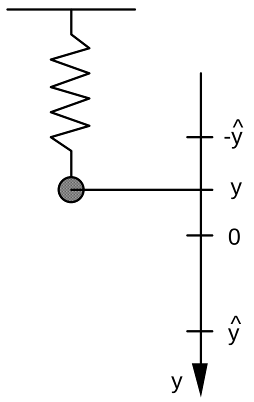
b) Geben Sie den seit Beginn (t = 0 s) überstrichenen Winkel φ in Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit ω und der Zeit t an.

c) Drücken Sie mit Hilfe der Resultate aus a) und b) den Ort y in Abhängigkeit der Amplitude $\hat{y}$, der Winkelgeschwindigkeit ω und der Zeit t aus.

d) 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.

e) Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Winkelgeschwindigkeit ω und der Frequenz f an.

1.3 Betrachten Sie den folgenden Federschwinger:



Die Position y = 0 entspricht der Ruhelage des Pendels.

a) Erstellen Sie eine Skizze des Federschwingers.

b) Zeichnen Sie ...

i) ... in der Ruhelage, d.h für y = 0, ...

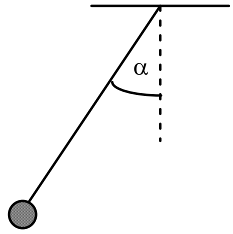
ii) ... für eine beliebige Auslenkung y ≠ 0 ...

... alle Kräfte ein, die am Schwingkörper angreifen.

c) Zeigen Sie, 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.

1.4 Betrachten Sie das folgende Fadenpendel:



Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob die Schwingung des Fadenpendels harmonisch ist oder nicht.

Hinweise:
- Prüfen Sie nach, ob die "rücktreibende Kraft", d.h. die Resultierende aller am Pendelkörper angreifenden Kräfte proportional zum Winkel α ist.

- Es genügt, die Kraftkomponente zu betrachten, die in die momentane Bewegungsrichtung des Pendels zeigt.
- Vernachlässigen Sie jegliche Reibung.

1.5 **Experimente Posten 1: Federschwinger**

Im Physik-Praktikumsraum ist ein Federschwinger aufgebaut.

a) Prüfen Sie mit der Federwaage (Kraftmessgerät) nach, dass die "rücktreibende Kraft" proportional zum Ort des Schwingkörpers ist.

b) Schätzen Sie die Federkonstante D der in a) verwendeten Feder ab.

c) Untersuchen Sie, ob und allenfalls wie die Periode T der Schwingung ...

i) ... von der Amplitude $\hat{y}$ abhängt.

ii) ... von der Masse m des Schwingkörpers abhängt.

iii) ... von der Federkonstante D der Feder abhängt.

Es genügt, wenn Sie die Abhängigkeiten qualitativ angeben, d.h. in der Form "Je grösser ..., desto grösser bzw. kleiner ... ."

1.6 **Experimente Posten 2: Fadenpendel**

An einem Holzgestell sind vier Fadenpendel aufgebaut.

Untersuchen Sie, ob und allenfalls wie die Periode T der Pendelschwingung ...

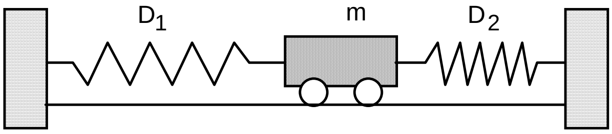
i) ... von der Amplitude $\hat{y}$ abhängt.

ii) ... von der Pendellänge *l* abhängt.

iii) ... von der Masse m des Pendelkörpers abhängt.

Versuchen Sie, die Abhängigkeiten möglichst genau anzugeben.

1.7 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.

Vernachlässigen Sie jegliche Reibung (Rollreibung, Luftwiderstand, ...).

1.8 Studieren Sie die folgenden **Java-Applets**. Links zu den Java-Applets finden Sie unter http://www.thomasborer.ch → Physik → Dokumente/Applets

- Federschwinger
  (http://www.zum.de/ma/fendt/ph14d/federpendel.htm)

- Fadenpendel
  (http://www.zum.de/ma/fendt/ph14d/fadenpendel.htm)

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 a) ...

b) i) Gewichtskraft zeigt nach unten.
Federkraft zeigt nach oben.
Resultierende aus Gewichts- und Federkraft ist der Nullvektor.

ii) Gewichtskraft zeigt nach unten.
Federkraft zeigt nach oben, falls die Feder gestreckt ist.
Federkraft zeigt nach unten, falls die Feder gestaucht ist.
Resultierende aus Gewichts- und Federkraft zeigt nach oben, falls $y > 0$.
Resultierende aus Gewichts- und Federkraft zeigt nach unten, falls $y < 0$.

c) $F_{res,y} = - D \cdot y \sim y$

1.4 Am Pendelkörper greifen zwei Kräfte an:
- Gewichtskraft nach unten
- Fadenkraft in Richtung des Fadens

Die Resultierende aus Gewichts- und Fadenkraft hat eine Komponente tangential zur kreisförmigen Bahnkurve und eine Komponente in Richtung des Fadens.

$F_{res,tangential} = - F_G \sin(\alpha) \nsim \alpha$
keine harmonische Schwingung

für kleine α: $\sin(\alpha) \approx \alpha$
$F_{res,tangential} = - F_G \sin(\alpha) \approx - F_G \, \alpha \sim \alpha$
näherungsweise eine harmonische Schwingung

1.5 a) ...

b) ...

c) i) T unabhängig von $\hat{y}$

ii) T abhängig von m
Je grösser m, desto grösser T $\left(\text{genau: } T \sim \sqrt{m}\right)$

iii) T abhängig von D
Je grösser D, desto kleiner T $\left(\text{genau: } T \sim \frac{1}{\sqrt{D}}\right)$

1.6 i) T unabhängig von $\hat{y}$

ii) T abhängig von l
Je grösser l, desto grösser T $\left(\text{genau: } T \sim \sqrt{l}\right)$

iii) T unabhängig von m

1.7 $F_{res,x} = - (D_1 + D_2)\, x \sim x$ harmonische Schwingung

1.8 ...