Aufgaben 14 Resonanz
Erzwungene Schwingung, Resonanz, Selbstgesteuerte Schwingungen

Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse erarbeiten können.
- verstehen, was eine erzwungene Schwingung ist.
- wissen und verstehen, was die Eigenfrequenz eines Schwingers, ein Erreger, die Erregerfrequenz ist.
- wissen und verstehen, dass bei einer erzwungenen Schwingung die im zeitlichen Mittel vom Erreger zum Schwinger fliessende Energie im Dämpfer dissipiert wird.
- wissen, von welchen Grössen die Energie abhängt, die bei einer erzwungenen Schwingung im Dämpfer im zeitlichen Mittel dissipiert wird.
- wissen, dass eine erzwungene Schwingung einen Einschwingvorgang durchläuft.
- aus einem grafisch dargestellten zeitlichen Verlauf einer Schwingungsgrösse den Einschwingvorgang und die stationäre Phase einer erzwungenen Schwingung erkennen können.
- wissen, dass bei einer sinusförmig angeregten erzwungenen Schwingung die Frequenz in der stationären Phase gleich gross ist wie die Erregerfrequenz.
- das mathematische Modell zur Beschreibung einer erzwungenen mechanischen Schwingung kennen und verstehen.
- das Phänomen Resonanz kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, was eine Resonanzkurve ist.
- den qualitativen Verlauf einer Resonanzkurve kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, dass bei Resonanz der zeitlich gemittelte Energiestrom vom Erreger zum Schwinger maximal ist.
- wissen und verstehen, von welchen Grössen die Resonanzfrequenz abhängt.
- wissen und verstehen, was es braucht, damit eine Schwingung aufrecht erhalten werden kann.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.

Aufgaben

14.1 Studieren Sie im Buch KPK 3 die folgenden Abschnitte:
- 2.1 Was ist Resonanz? (Seite 21)
- 2.2 Resonanz eines mechanischen Schwingers (Seiten 21 bis 23)
- 2.3 Wie man eine Resonanzkurve aufnimmt (Seite 23)
- 2.5 Selbstgesteuerte Schwingungen (Seiten 24 und 25)

14.2 **Experiment Posten 1: Fadenpendel, Federschwinger**

a) Führen Sie das im Buch KPK 3 im Abschnitt 2.1 auf der Seite 21 beschriebene Experiment mit dem vorliegenden **Fadenpendel** (Holzklotz an einer Schnur) durch.

b) Führen Sie das zu a) analoge Experiment mit dem **Federschwinger** durch.

Beobachten und beschreiben Sie jeweils, ...

i) ... wie sich die erzwungene Schwingung des Pendelkörpers aufbaut.

ii) ... mit welcher Frequenz das Pendel schlussendlich schwingt.

iii) ... bei welcher Frequenz die erzwungene Schwingung besonders heftig ist.

14.3 **Experiment Posten 2: Drehpendel**

Mit Hilfe eines Motors kann das äussere Ende der Spiralfeder in eine Hin- und Her-Bewegung versetzt werden. Das Drehpendel führt dann eine erzwungene Drehschwingung aus.

Regen Sie das Drehpendel zu erzwungenen Drehschwingungen an.

a) (siehe nächste Seite)

a) Beobachten und beschreiben Sie, ...

i) ... wie sich die erzwungene Drehschwingung aufbaut.

ii) ... mit welcher Frequenz das Drehpendel schlussendlich schwingt.

b) Versuchen Sie für eine nicht allzu starke Dämpfung, das Drehpendel in Resonanz zu bringen.

14.4 Die erzwungene Schwingung eines Federschwingers kann bei sinusförmiger Anregung mit dem folgenden mathematischen Modell beschrieben werden (siehe Unterricht):

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot \dot{x} + D \cdot x = D \cdot \hat{x}_E \sin(\omega_E t) \qquad (1)$$

Die allgemeine Lösung der Differentialgleichung lautet:

$$x(t) = C_1 e^{-\delta t} \sin(\omega_d t + C_2) + \hat{x} \sin(\omega_E t + \varphi) \qquad (2)$$

Im eingeschwungenen bzw. stationären Zustand gilt:

$$x(t) = \hat{x} \sin(\omega_E t + \varphi)$$

Dabei gilt für die Amplitude $\hat{x}$:

$$\hat{x} = \hat{x}(\omega_E) = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\left(\omega_0^2 - \omega_E^2\right)^2 + 4\delta^2\omega_E^2}} \hat{x}_E$$

wobei: $\delta := \frac{k}{2m}$

$\omega_0 := \sqrt{\frac{D}{m}}$

a) Überprüfen Sie, dass die Funktion x mit der Funktionsgleichung (2) die Differentialgleichung (1) löst.

b) Überprüfen Sie, dass im eingeschwungenen Zustand ...

i) ... die Ortsamplitude $\hat{x}$ maximal ist für $\omega_E := \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$

ii) ... die Geschwindigkeitsamplitude $\hat{v}$ (und damit der zeitliche Mittelwert der Dissipationsrate P_{diss} im Dämpfer) maximal ist für $\omega_E = \omega_0$

Lösungen

14.1 ...
Lösungen zu den Aufgaben siehe kopierte Blätter

14.2 ...

14.3 ...

14.4 a) …

b) i) ...

ii) ...