
PhIT Übung 12

Prof. Dr. R.M. Füchslin

Diese Übungen dienen dazu, Sie mit einigen Konzepten und Rechenmethoden der Physik vertraut zu machen. Sie machen diese Übungen für sich. Das bedeutet:

- Sie müssen keine Übungen abgeben.
- Sie können gerne in Gruppen arbeiten. Wir empfehlen das sogar.
- Wir machen keine Korrekturen, stellen aber Musterlösungen zur Verfügung. Der/die ÜbungsbetreuerIn ist Ihr Coach. Diese(r) wird Ihnen nach bestem Wissen Ihre Fragen beantworten. Die Fragen stellen müssen Sie aber selber.

Aufgabe 1

Allgemein versteht man unter einem harmonischen Oszillator ein schwingendes System, bei dem die Kraft proportional zur Auslenkung ist. Stellen Sie sich einfach eine Masse an einer Feder vor.

Richtig oder falsch?

- Bei einem harmonischen Oszillator ist die Periode proportional zum Quadrat der Amplitude.
- Bei einem harmonischen Oszillator hängt die Frequenz nicht von der Amplitude ab.
- Wenn die Gesamtkraft auf ein Teilchen, das sich in einer Dimension bewegen kann, proportional zur Auslenkung aus der Gleichgewichtslage und ihr entgegengesetzt gerichtet ist, liegt eine harmonische Schwingung vor.

Aufgabe 2

Gegeben ist die Beziehung $x(t) = A \cos(\omega t + \delta)$. Wie groß ist darin jeweils die Phasenkonstante δ , wenn für den Ort x des schwingenden Teilchens zur Zeit $t = 0$ folgendes gilt:

- $x(0) = 0$
- $x(0) = -A$
- $x(0) = A$
- $x(0) = A/2$

Aufgabe 3

Eine Kugel der Masse $m = 6\text{ kg}$ hängt an einer Feder. Die Ruhelänge der **unbelasteten** Feder beträgt $L_0 = 0.5\text{ m}$, die Federkonstante beträgt $k = 80 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Setzen Sie die Erdbeschleunigung gleich

$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Die Bewegung verläuft vertikal, aber ausnahmsweise ist die z – Koordinate nach unten ausgerichtet. Wir machen keine Korrektur für die Ruhelage, siehe Fig. 1. Die Kugel wird bei $z(0) = 0.5\text{ m}$ losgelassen und hat eine Anfangsgeschwindigkeit von $v_z(0) = -0.2\text{ m/s}$ (Beachten Sie: negative Geschwindigkeit zeigt nach oben!)

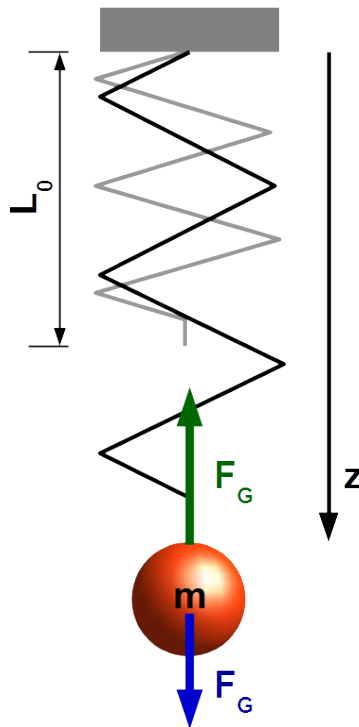


Fig. 1

Erstellen Sie ein BM – Modell für die Bewegung der Kugel!

Aufgabe 4

Gegeben sei ein serieller LRC – Schaltkreis wie in Fig. 2.

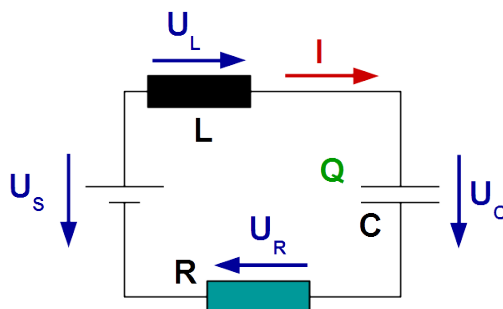


Fig. 2

A3

Anleitung

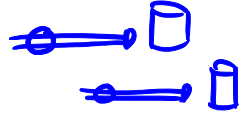
① Newton $F = a \cdot m \rightarrow m \cdot \frac{dx^L}{dt^L} = \boxed{F_{Feder} + F_{Reibung} + F_{Grav}} \quad \uparrow$

② Kräfte einsetzen

③ so umformen, dass Veränderungsrate links stehen $\rightarrow \frac{dx}{dt} = \dots$

$$\frac{dv}{dt} = \dots$$

④ BM \rightarrow Kurven



A4

Anleitung:

① Maschenregel: $\sum u_i = 0$

Knotenregel: $\sum I_i = 0$

② $U_R = R \cdot I$

$$U_C = \frac{Q}{C} \quad \& \quad \frac{dQ}{dt} = I$$

$$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

③ Umformen so, dass Veränderungsrate links steht $\frac{dQ}{dt} = \dots$

$$\frac{dI}{dt} = \dots$$

④ BM-Kurve

Input $s(t)$ → Output

Überprüfen Sie mit einem BM – Modell, ob die Beziehung, welche Ihnen die sich nach langer Zeit einstellende Amplitude bei einer angeregten Schwingung ergibt, auch wirklich stimmt!

Anregung: $U_S(t) = U_{SAmpl} \sin(\Omega t)$. Setzen Sie $R = 0.2 \text{ Ohm}$, $C = 0.1 \text{ F}$, $L = 10 \text{ Henry}$.

- Wie gross ist die Resonanzfrequenz ω_R des Systems?
- Die Vorhersage für die Amplitude der Spannung im Kondensator nach dem Einschwingvorgang ist gegeben durch

$$Q_{stat} = \frac{U_{SAmpl}}{\sqrt{L^2 \left(\frac{1}{LC} - \Omega^2 \right)^2 + R^2 \Omega^2}}$$

Bestätigen Sie diese Beziehung mit einer BM – Simulation für die Anregungsfrequenzen $\Omega = \omega_R$ und $\Omega = 0.8\omega_R$.

Aufgabe 5

Nach militärischen Spezifikationen müssen elektronische Geräte Beschleunigungen maximal bis zu $10g = 98,1 \text{ m/s}^2$ (darin ist g die Erdbeschleunigung) aushalten. Um zu überprüfen, ob die Produkte Ihrer Firma diesen Anforderungen entsprechen, wollen Sie einen Rütteltisch verwenden, der ein Gerät bei verschiedenen Frequenzen und Amplituden dieser Beschleunigung aussetzt. Die Auslenkung des Rütteltisch ist gegeben durch

$$z(t) = A \cos(2\pi \nu t)$$

Wie groß muss beim Test auf die Einhaltung der 10-g-Spezifizierung die Frequenz ν sein, wenn die Schwingungsamplitude $1,5 \text{ cm}$ beträgt?

Aufgabe 6

Bestimmen Sie die Resonanzfrequenzen (Hier ist die Frequenz ν gesucht, nicht die Kreisfrequenz ω) der drei Systeme in der Abbildung Fig. 4. Beachten Sie: Wir nehmen an, dass wir keine Reibung haben. Die Resonanzfrequenz ist also gleich der Eigenfrequenz des Systems. In der Praxis ist die Eigenfrequenz eine recht gute Schätzung für die Resonanzfrequenz.

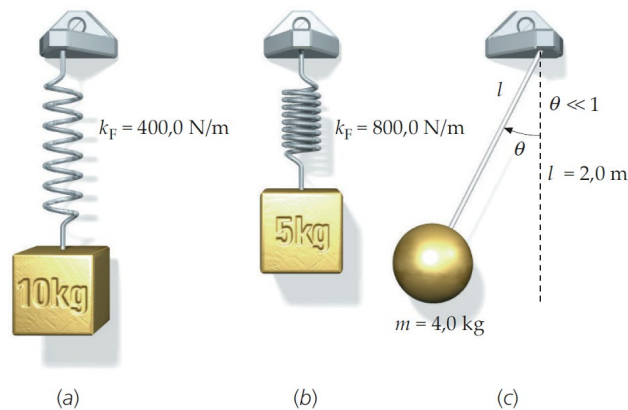


Fig. 4

Aufgabe 7

Eine Kugel mit Masse $m = 2\text{ kg}$ hängt an einer Feder mit Federkonstante $k = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Die Kugel kann eine eindimensionale Bewegung nach unten und oben durchführen; die Koordinate wird mit z bezeichnet, wobei eine positive Auslenkung nach oben weist. Wenn die Kugel in der Gleichgewichtslage an der Feder hängt, gilt $z = 0$.

- Die Feder wird um 20 cm aus der Ruhelage nach unten gezogen und mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $v_z = 0,5\text{ m/s}$ losgelassen (positive Geschwindigkeit nach oben). Geben Sie $z(t)$ an (Benützen Sie die Formel aus der Vorlesung und beachten Sie die Vorzeichen!).
- Wie gross wird die maximale Auslenkung der Kugel werden?
- Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Kugel durch Ableiten von $z(t)$.
- Berechnen Sie die Beschleunigung, welche die Kugel erfährt. Welches ist der maximale Wert (Betrag), den die Beschleunigung annehmen kann?