

12. Übungsblatt

Es empfiehlt sich, zuerst allgemein zu rechnen und erst in die Endformeln Zahlenwerte einzusetzen.
In den Übungen für (Chem.) Biologen werden vorwiegend mit „●“ markierte Aufgaben besprochen.

Schwingungen

1. Eine Kugel mit dem Radius R und der Masse m bewegt sich im Wasser unter dem Einfluss einer Feder mit der Federkonstanten D und der Stokesschen Reibungskraft.

- a) Nach welcher Zeit hat die Schwingungsamplitude auf die Hälfte abgenommen?
b) Wie groß ist das Verhältnis der Amplituden zweier aufeinander folgender Schwingungen?

Zahlenwerte: $R = 0,300 \text{ cm}$; $m = 0,500 \text{ g}$; $D = 0,0500 \text{ N/m}$; $\eta_{\text{Wasser}} = 0,00100 \text{ Ns/m}^2$.
Ergebnisse: a) $t = 12,3 \text{ s}$; b) $A_{n+1}/A_n = 0,965$.

2. Ein Gegenstand der Masse m schwinde an der horizontalen Feder mit der Amplitude s . Die größte Beschleunigung betrage a . ●

- a) Wie groß ist die Schwingungsfrequenz und Schwingungsdauer?
b) Wie groß ist der zeitliche Mittelwert der kinetischen Energie?
c) Durch den Einfluss der Dämpfung verringert sich die Schwingungsfrequenz um 10 %. Um welchen Faktor verringern sich die Amplitude und Energie pro Periode beim jetzt gedämpften System?

Zahlenbeispiel: $m = 5,0 \text{ kg}$; $s = 4,0 \text{ cm}$; $a = 24 \text{ m/s}^2$.

Ergebnisse: a) $f = 3,9 \text{ Hz}$; $T = 0,26 \text{ s}$; b) $\langle E_{\text{kin}} \rangle = 1,2 \text{ J}$; c) $A_{n+1}/A_n = 0,048$; $E_{n+1}/E_n = 2,3 \cdot 10^{-3}$.

3. Erzwungene Schwingung

Ein Gegenstand der Masse m schwinde an einer Feder der Federkonstanten D . Die Dämpfungskonstante sei β . Auf das System wirke eine sinusförmige antreibende Kraft, deren höchster Wert F_{max} betrage und deren Kreisfrequenz ω sei. ●

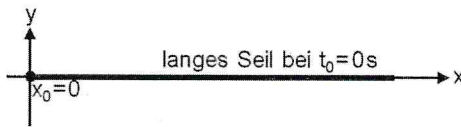
- a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für das System auf.
b) Skizzieren Sie die Schwingungsamplitude als Funktion der Anregungsfrequenz für verschiedene Dämpfungen.
c) Welche Resonanzfrequenz hat das System? Leiten Sie einen Ausdruck für die Resonanzfrequenz aus der Lösung der in a) gefundenen Differentialgleichung ab.

Zahlenbeispiel: $m = 2,00 \text{ kg}$; $D = 400 \text{ N/m}$; $\beta = 2,00 \text{ kg/s}$.

Ergebnis: c) $\omega = 14,1 \text{ s}^{-1}$.

Wellen

4. Ein langes Seil ist in x -Richtung gespannt. Ein Seilende (bei $x_0 = 0,0$ cm) wird in y -Richtung zu sinusförmigen Schwingungen mit der Frequenz $\nu = 4,0$ Hz und der Amplitude $y_0 = 15$ cm angeregt. Die Anregung startet bei $t_0 = 0,0$ s in negative y -Richtung. Auf dem Seil breitet sich eine Welle mit der Wellenlänge $\lambda = 30$ cm aus. •



- Berechnen Sie die Phasengeschwindigkeit c .
- Welche Auslenkung y besitzt der Seilpunkt $x_1 = 70$ cm zum Zeitpunkt $t_1 = 700$ ms. In welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit bewegt er sich zur Zeit t_1 .
- Zeichnen Sie eine Momentaufnahme des Seils für den Zeitpunkt $t_2 = 500$ ms. Zeichnen Sie ein $y(t)$ -Diagramm des Seilpunkts $x_2 = 90$ cm für $0,0 \text{ s} < t < 1,0 \text{ s}$.

Ergebnisse: a) $c = 1,2$ m/s; b) $y(x_1, t_1) = -3,1$ cm; $v_y(x_1, t_1) = 3,7$ m/s.

5. Berechnen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall in Quecksilber, wenn in Quecksilber der Ton c' die Wellenlänge λ besitzt. Welche Wellenlänge hat die Schallwelle dieses Tones an Luft? Wie groß ist die Wellenzahl k in den beiden Medien?

Zahlenwerte: $\nu = 262$ Hz; $\lambda = 5,38$ m; $c_{\text{Schall, Luft}} = 340$ m/s.

Ergebnisse: $c_{\text{Schall, Hg}} = 1410$ m/s; $\lambda_{\text{Luft}} = 1,30$ m; $k_{\text{Luft}} = 4,84 \text{ m}^{-1}$; $k_{\text{Hg}} = 1,17 \text{ m}^{-1}$.

6. Ein halbseitig offenes Glasrohr der Länge $\ell = 1,00$ m lässt sich auf beliebige Höhe h mit Wasser füllen. Eine Stimmgabel der Frequenz $\nu = 680$ Hz werde über das offene Rohrende gehalten. •

- Wie groß ist die Wellenlänge der von der Stimmgabel erzeugten Schallwelle?
- Bei welchen Füllhöhen tritt Resonanz auf? Zeichnen Sie zunächst maßstabsgetreu die Knoten und Bäuche der Schwingungsamplituden für diese Fälle.

Zahlenwerte: $c_{\text{Schall, Luft}} = 340$ m/s.

Ergebnisse: a) $\lambda = 0,500$ m; b) $h = 0,875$ m; $0,625$ m; $0,375$ m; $0,125$ m.