

ÜBUNGSAUFGABEN

ZUR

PHYSIK

KAPITEL S

SCHWINGUNGEN

UND

WELLEN



hochschule mannheim

Institut für Energie- und Umwelttechnik
Prof. Dr. Wolfgang Kohl

IEUT
10/05
Kohl

1. Schwingungen

10/2005-koh

1. Welche Auslenkung hat ein schwingender Massenpunkt 3,0 ms nach Beginn der Schwingung aus der Ruhelage, wenn die Amplitude 30 mm und Frequenz 25 Hz betragen? (1,35 cm)
2. Eine harmonische Schwingung hat die Frequenz $f = 0,2$ Hz, die Amplitude $y_0 = 2$ cm und die Anfangsauslenkung $y(0) = 1$ cm. Das Maximum der Schwingung kommt später.
 - a) Berechne T , ω_0 , φ_0 . (5 s; $0,4\pi$ s⁻¹; $30^\circ \equiv 0,5236$ rad)
 - b) Wie heißt die Auslenkungs-Zeit-Funktion? Wie groß ist die Elongation zur Zeit $t = 11$ s? (1,956 cm)
3. Ein Körper der Masse $m = 200$ g schwingt unter dem Einfluß einer Richtgröße $c = 15$ N/m.
 - a) Bestimme die Schwingungsdauer und Frequenz (0,7255 s; 1,38 /s)
 - b) Wie lautet die Elongation-Zeit-Funktion, wenn der Körper in 6 cm Entfernung von seiner Ruhelage freigegeben wird?
 - c) Nach welchen Zeiten und mit welcher Geschwindigkeit bewegt er sich durch die Punkte, die 2 cm von der Ruhelage entfernt sind? (0,14 s; 0,58 s; 49 cm/s)
4. Ein Körper der Masse $m = 100$ g schwingt harmonisch um die Ruhelage mit der Amplitude $y_0 = 5$ cm. Der Betrag der Beschleunigung bei maximaler Auslenkung beträgt $a = 15$ cm/s². Wie groß sind
 - a) Die Geschwindigkeit beim Durchgang durch die Ruhelage? (8,7 cm/s)
 - b) Die Gesamtenergie der Schwingung? ($3,75 \cdot 10^{-4}$ Nm)
 - c) Skizzieren Sie den Elongation, Geschwindigkeit, Beschleunigung sowie die kinetische und potentielle Energie als Funktion der Zeit.
5. Ein Federpendel der Masse $m = 30$ g und der Kreisfrequenz $\omega = 2$ s⁻¹ befindet sich zum Zeitpunkt $t = 0$ in $y = 3$ cm Entfernung von der Ruhelage; seine Geschwindigkeit beträgt $v = 6$ cm/s.
 - a) Wie groß sind Amplitude, Maximalgeschwindigkeit, Maximalbeschleunigung und Nullphasenwinkel? (4,24 cm; 8,48 cm/s; 16,96 cm/s²; 45°)
 - b) Welche Gesamtenergie hat das System? (0,11 mJ)
6. Bei einer harmonischen Sinusschwingung bewegt sich ein Körper durch einen Punkt mit der Elongation 10 cm. In 0,8 s später passiert er den gleichen Punkt auf dem Rückweg und nach weiteren 3,2 s wieder in der Richtung wie beim ersten Durchgang.
Wie groß sind die Frequenz und Amplitude? (0,25 Hz; 12,4 cm)
7. An einem Körper der Masse $m = 200$ g ziehen rechts und links je eine Feder der Federkonstante $D = 40$ N/m.
 - a) Welche Dauer haben die horizontalen Schwingungen des Körpers? (0,31 s)
 - b) Wie ändert sich die Periodendauer, wenn beide Federn um 5 cm vorgespannt werden? (0,31 s)
 - c) Wie groß wird die Periodendauer, wenn rechts und links je zwei Federn mit $D = 40$ N/m befestigt sind? (0,22 s)
 - d) Wie ändern sich die Ruhelage und die Periodendauer, wenn eine der vier Federn bricht und die Zugkraft einer Feder in der Lage c) $F_0 = 6$ N beträgt? (0,256 s; 0,05 m)

8. Zur Bestimmung des Trägheitsmomentes eines Rades der Masse $m = 2 \text{ kg}$ um seine horizontale Achse wird es an einer parallelen Achse, die 25 cm über der Schwerpunktachse liegt, drehbar befestigt. Die Periodendauer der Schwingung um diese Achse beträgt $T = 1,2 \text{ s}$.
Wie groß ist das Trägheitsmoment um die Schwerpunktachse? ($0,0524 \text{ kg m}^2$)
9. Zwei Massen $m_1 = 0,6 \text{ kg}$ und $m_2 = 0,4 \text{ kg}$, die auf einer waagrechten Unterlage reibungsfrei gleiten, sind durch eine Feder mit der Federkonstante $D = 341 \text{ N/m}$ miteinander verbunden. Wird die Feder gespannt und dann wieder freigegeben, dann führen die Massen Schwingungen gegeneinander aus.
Berechne die Frequenz f des gekoppelten Systems. (6 Hz)
10. Eine Stange (Länge $l = 1$; $m = 0,3 \text{ kg}$) ist an einem Ende drehbar gelagert und am anderen Ende an einer Feder ($D = 40 \text{ N/m}$) federnd aufgehängt. Wie groß die Schwingungsfrequenz bei kleinen Auslenkungen $x \ll l$? (3,2 Hz)
11. Für welche Auslenkungen x einer ungedämpften harmonischen Schwingung einer Masse m an einer Feder der Federkonstante D sind die potentielle und kinetische Energie gleich? ($x = x_m/\sqrt{2}$)

Gedämpfte und erzwungene Schwingungen

12. Bei einer gedämpften Schwingung beträgt die Amplitude der ersten Schwingung 20 cm . Nach 15 Schwingungen nimmt sie um die Hälfte ab. Berechnen Sie
a) das Dämpfungsverhältnis k und das logarithmische Dekrement Λ (1,047; 0,046)
b) den Abklingkoeffizienten δ , die Kreisfrequenz der gedämpften Schwingung ω_d bei einer Schwingungsdauer $T_d = 3,5 \text{ s}$ sowie die Kreisfrequenz der ungedämpften Schwingung ω (0,013 /s; 1,795 /s; 1,795 /s)
c) die Schwingungsgleichung $y(t)$ des gedämpften Systems ($\varphi_0 = 0$).
13. Ein schwingungsfähiger Körper hat die Masse $m = 300 \text{ g}$ und die Richtgröße $D = 10 \text{ N/m}$. Er wird von einer geschwindigkeitsproportionalen Kraft gedämpft, die bei $v = 1 \text{ m/s}$ den Betrag $F = 0,75 \text{ N}$ annimmt.
a) Berechne die Periodendauer der gedämpften Schwingung. (1,1 s)
b) Wie groß ist der Quotient zweier Amplituden, zwischen denen eine volle Periode liegt? (4,03)
14. Der Zeiger und die drehbaren Teile eines Meßinstruments haben ein Trägheitsmoment von $J = 13,5 \text{ gcm}^2$. Eine Spiralfeder erzeugt eine Winkelrichtgröße von $D^* = 10^{-4} \text{ Nm}$.
Wie groß muss das dämpfende Moment bei einer Winkelgeschwindigkeit $\omega = 120 \text{ Grd/s}$ sein, damit der Zeiger aperiodisch in seine Endstellung geht? ($4,87 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}$)
15. Ein mathematisches Pendel der Länge $l = 24,7 \text{ cm}$ führt gedämpfte Schwingungen aus.
Nach welcher Zeit hat sich die Energie der Pendelschwingung auf $1/3$ des Anfangswertes verringert, wenn das logarithmische Dekrement $\Lambda = 0,01$ beträgt? (55 s)

16. Ein Klotz der Masse $m = 2 \text{ kg}$ befindet sich zwischen zwei Federn der Federkonstante $D = 1,2 \text{ N/m}$. Er kann auf seiner Unterlage mit der Reibungszahl $\mu = 0,3$ hin- und hergleiten.
- Berechne die Periodendauer und Amplitudenabnahme je Schwingung
(0,57 s; 9,8 cm)
 - Nach wie viel Schwingungen und an welcher Stelle kommt der Klotz zur Ruhe, wenn er bei der Amplitude $x_0 = 21 \text{ cm}$ freigegeben wird? (2; 1,38 cm)
 - Wie ändern sich die Ruhelage, Periodendauer und Amplitudenabnahme, wenn man die Unterlage um 30° gegen die Horizontale neigt? (4,1 cm; 8,5 cm)
17. Bei einem schwingungsfähigen System nimmt der Ausschlag während der Periodendauer $T = 0,6 \text{ s}$ infolge einer geschwindigkeitsproportionalen Dämpfung um 12 % ab.
Welche Amplitude kann seine Schwingung erreichen, wenn er mit einer Anregungsamplitude von 3 cm in seiner Eigenfrequenz angeregt wird? (73,7 cm)
18. Ein Gleichstrommeßinstrument besitzt ein drehbares Meßsystem mit dem Trägheitsmoment $J = 30 \text{ gcm}^2$ und eine Winkelrichtgröße $D^* = 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}$.
- Wie lang ist die Dauer einer Schwingung ohne Dämpfung? (0,5 s)
 - Welchen Wert muß die Abklingkonstante δ besitzen, damit das System möglichst rasch den Endausschlag anzeigt? ($12,5 \text{ s}^{-1}$)
 - Welchen Bruchteils des Anregungswinkels zeigt das Instrument an, wenn Wechselstrom mit der Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$ durch die Spule geschickt wird? (1/631)
19. Ein Federpendel mit der Eigenkreisfrequenz $\omega = 10 \text{ /s}$ hat die Pendelmasse $m = 0,2 \text{ kg}$ und wird durch ein Ölbad gedämpft. Bei einem Maximalwert $F = 3 \text{ N}$ der Erregerkraft erreicht es die Resonanzamplitude $y_{\text{res}} = 0,2 \text{ m}$.
- Wie groß ist die Abklingkonstante δ ? (4,1 /s)
 - Mit welcher Frequenz muß der Erreger arbeiten? (8,1 /s)
 - Der Maximalwert der Erregerkraft wird auf konstant $F = 3 \text{ N}$ gehalten. Bei welcher Erregerfrequenz ω_{err} erreicht die Amplitude der erzwungenen Schwingung 90 % der Resonanzamplitude? (10,1 Hz)
 - Wie groß ist in diesen Fällen der Phasenverschiebungswinkel φ ? (91,8; 32,5)

Überlagerung von Schwingungen

20. Zwei gleiche Elektromotoren laufen ungefähr mit ihrer Nennzahl $n = 3000 \text{ U/min}$. Der Ton, den man von beiden zusammen hört, wird pro Sekunde zweimal lauter und leiser.
Um wie viel Prozent differieren die Drehzahlen? (4 %)
21. Eine angezupfte Saite der Länge 87,4 cm erzeugt den gleichen Ton wie eine Stimmgabel. Verlängert man die Saite bei gleichbleibender Saitenspannung um 0,6 cm, so erzeugen die Töne von Saite und Stimmgabel in ihrer Überlagerung eine Schwebung mit der Schwebungsfrequenz von $f_s = 3 \text{ Hz}$.
Mit welcher Frequenz schwingt die Stimmgabel? (440 Hz)

22. Zwei gleich lange Stäbe von je $l = 50 \text{ cm}$ Länge und $m = 250 \text{ g}$ Masse sind beide an ihrem oberen Ende als Pendel in gleicher Höhe so drehbar aufgehängt, daß sie in der gleichen Vertikalebene schwingen können. Am unteren Ende sind sie durch eine Schraubenfeder mit der Federkonstante $D = 0,5 \text{ N/m}$ verbunden. Der linke Stab wird so angestoßen, daß er seine Gleichgewichtslage nach rechts verläßt.
Wie lange dauert es, bis der rechte Stab die ganze Energie des linken Stabes übernommen hat? (3 s)

Elektromagnetischer Schwingkreis

23. Ein ungedämpfter elektromagnetischer Schwingkreis mit $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ und $L = 10 \text{ mH}$ wird durch eine Gleichspannung $U_0 = 2 \text{ V}$ aufgeladen. Berechne die
 a) Amplitude und den Nullphasenwinkel der Ladung (2*10⁻⁶ C; 0)
 b) Amplitude und den Nullphasenwinkel der Stromstärke (20 mA; - $\pi/2$)
 c) Eigenfrequenz f_0 (1,59*10³ /s)
24. In einem elektrischen Schwingkreis mit der Induktivität $L = 20 \text{ mH}$ und Kapazität $C = 2 \text{ }\mu\text{F}$ wird ein Widerstand R eingebaut. Berechne
 a) die Eigenfrequenz f_0 des ungedämpften Systems (795,8 Hz)
 b) den Widerstand R , wenn sich die Eigenfrequenz um 3 ‰ ändert (15,5 Ω)
 c) die Resonanzüberhöhung und die Breite der Resonanzkurve des Schwingkreises (6,5; 0,155)
25. Ein Schwingkreis mit einem leeren Plattenkondensator hat die Eigenfrequenz $f_0 = 120 \text{ kHz}$. Wird der Raum zwischen den Platten des Kondensators vollständig mit Transformatoröl gefüllt, sinkt die Eigenfrequenz auf $f'_0 = 82,8 \text{ kHz}$.
Wie groß ist die Dielektrizitätszahl ϵ_r des Transformatoröls? (2,1)