

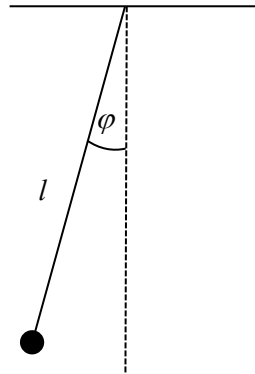
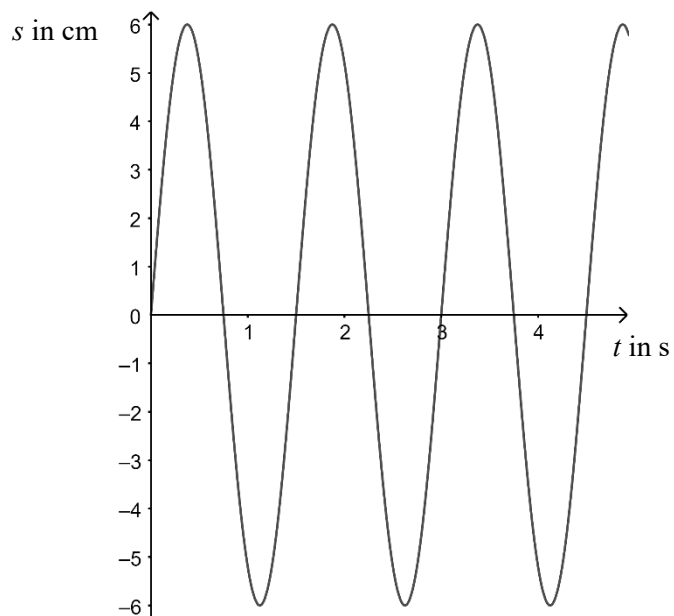
Fadenpendel

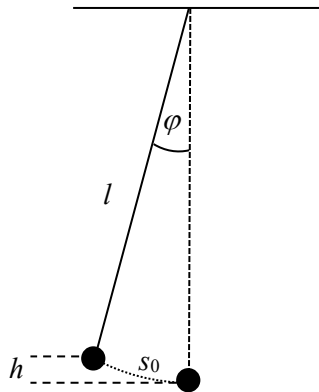
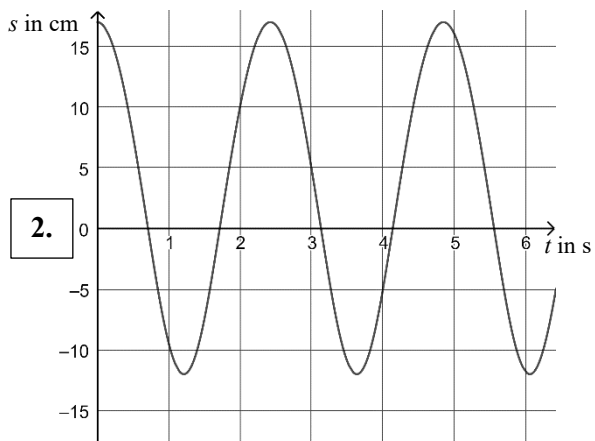
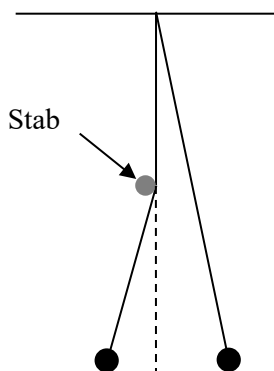
Fadenpendel werden im Physikunterricht als ein Beispiel für harmonische Oszillatoren betrachtet. In den folgenden Aufgaben beschreibt s die momentane Auslenkung des Pendelkörpers aus der Gleichgewichtslage bei seiner Bewegung entlang des Kreisbogens. Der Pendelkörper wird als punktförmig angenommen, die Masse des Fadens ist vernachlässigbar und Reibungskräfte sollen generell vernachlässigt werden. Verwenden Sie für den Ortsfaktor $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Aufgaben

- 1 In der Physik spielt der Begriff der harmonischen Schwingung eine zentrale Rolle.
 - 1.1 Beschreiben Sie, was man unter dem linearen Kraftgesetz versteht, und geben Sie den Zusammenhang zwischen dem linearen Kraftgesetz und der harmonischen Schwingung an.
(3 BE)
 - 1.2 In Material 1 ist ein Fadenpendel dargestellt.
Zeichnen Sie in Material 1 die für die Schwingung relevanten Kräfte im richtigen Längenverhältnis ein.
Nennen Sie die Bedingung, damit die Schwingung des Fadenpendels harmonisch ist.
(4 BE)
 - 1.3 In Material 2 ist die Schwingung eines Fadenpendels grafisch dargestellt.
Bestimmen Sie mithilfe von Material 2 die Amplitude s_0 und die Schwingungsdauer T .
Geben Sie die zum Graphen passende Schwingungsgleichung an.
(3 BE)
- 2 Im Folgenden wird ein Fadenpendel mit der Pendellänge $l = 2,000 \text{ m}$ betrachtet. Der Pendelkörper besitzt eine Masse von $m = 0,25 \text{ kg}$. Das Pendel wird zur Seite ausgelenkt, sodass der Pendelkörper um $h = 0,7 \text{ cm}$ angehoben wird (Material 3). Nach dem Loslassen führt das Pendel eine Schwingung aus.
 - 2.1 Bestimmen Sie den maximalen Auslenkwinkel φ der Schwingung und beurteilen Sie das Ergebnis im Hinblick darauf, ob die Schwingung harmonisch ist.
Berechnen Sie die Schwingungsdauer T und die Amplitude s_0 der Schwingung.
[zur Kontrolle: $\varphi = 4,80^\circ$, $T = 2,84 \text{ s}$, $s_0 = 0,167 \text{ m}$]
(9 BE)
 - 2.2 Beschreiben Sie ausgehend von der maximalen Auslenkung, wie sich der Betrag der Geschwindigkeit des Pendelkörpers und der Betrag der Beschleunigung während einer halben Schwingungsperiode verändern. Beschreiben Sie auch die Energieumwandlungen.
Begründen Sie, warum es nach dem Auslenken und Loslassen des Pendelkörpers zu einer Schwingung kommt und der Pendelkörper nicht in der Gleichgewichtslage stehen bleibt.
(9 BE)

- 2.3 Ermitteln Sie den maximalen Beschleunigungsbetrag. (3 BE)
- 2.4 Der Betrag der maximalen Geschwindigkeit des Pendelkörpers kann mit der Formel $v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ berechnet werden. Leiten Sie mithilfe der Energieerhaltung diese Formel her und berechnen Sie v_{\max} . (5 BE)
- 2.5 In Material 4a ist ein sogenanntes Hemmungspendel dargestellt. Ein Stab wird so positioniert, dass der Faden in vertikaler Stellung an diesen stößt. Dadurch schwingt das Pendel nach rechts mit der vollen Pendellänge und auf der linken Seite wird durch den Stab die Pendellänge auf die Hälfte verkürzt. Das Pendel wird zur rechten Seite ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t = 0$ s losgelassen. Beurteilen Sie, welches Diagramm in Material 4b den zeitlichen Verlauf der entstehenden Schwingung qualitativ richtig darstellt. (4 BE)
- 3 Eine Bleikugel hängt an einem dünnen Stahldraht mit der Länge $l = 50$ cm. Die Bleikugel wird um $s_0 = 4$ cm aus der Ruhelage ausgelenkt und führt dann eine harmonische Schwingung aus. Verändert man die Temperatur ϑ eines Körpers um $\Delta\vartheta$, so erfährt dieser eine Längenänderung Δl , die mithilfe der Formel $\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta\vartheta$ berechnet werden kann. Hierbei ist α eine Materialkonstante, die als Längenausdehnungskoeffizient bezeichnet wird, und für den verwendeten Stahldraht $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ beträgt. Die Temperaturänderung $\Delta\vartheta$ wird in der Einheit K gemessen.
- 3.1 Untersuchen Sie, wie sich eine Erwärmung des Pendelfadens auf die Schwingungsdauer des Pendels auswirkt. (2 BE)
- 3.2 Die Raumtemperatur wird um $\Delta\vartheta = 10$ K erhöht. Bestimmen Sie die Auswirkung dieser Temperaturerhöhung auf die Anzahl der Schwingungen des Pendels pro Tag, unter der Annahme, dass keine Dämpfung auftritt und es somit möglich ist, dass das Pendel einen ganzen Tag schwingt. *Hinweis:* Verwenden Sie für die Schwingungsdauer 5 Nachkommastellen. (8 BE)

Material 1**Fadenpendel****Material 2****Zeitlicher Verlauf einer Schwingung**

Material 3**Anheben des Pendelkörpers um die Höhe h** **Material 4a****Hemmungspendel****Material 4b****Zeitlicher Verlauf der Schwingung des
Hemmungspendels**