KOSTENLOSE PROBESTUNDE

Das Fadenpendel

Einstiegspaket Schwingungen

01 Das Fadenpendel
Fadenpendel · 45 min

Arbeitsblätter | Links zu den Experimenten | Fragen zur Vorhersage | Datentabellen | Erläuterungen zu den Lösungen | Handreichung für Lehrkräfte

© 2026 PSL · Physics Simulations Lab · pslsimulations.com. Lizenz für eine Lehrkraft: Sie dürfen diese Seiten ausdrucken und an Ihre eigenen Lernenden weitergeben, auch über eine passwortgeschützte Kursseite. Bitte stellen Sie sie nicht öffentlich bereit und geben Sie sie nicht an andere Lehrkräfte weiter. Die Simulationen sind jederzeit kostenlos nutzbar.

Deutsch · Übersetzte Ausgabe. Maßgeblich ist die englische Fassung.

Unterrichtseinheit 1 · Arbeitsblatt · Das Fadenpendel

Simulation: Fadenpendel **Dauer:** ca. 45 min **Niveau:** Klassen 9–12 · Studieneinstieg

Name Datum Klasse

Experiment öffnen: Suche in PSL nach „Fadenpendel“.
pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

Lernziele

- Untersuche, wie die Schwingungsdauer eines Pendels von seiner Länge abhängt.
- Bestimme den Auslenkwinkel, ab dem die Kleinwinkelformel $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$ zu ungenau wird.

Die Schwingungsdauer T eines Pendels ist die Zeit für eine vollständige Hin- und Herbewegung. Bei kleinen Auslenkungen gilt näherungsweise $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$. Dabei ist L die Pendellänge und $g = 9.81\ m/s^2$. Die Simulation zeigt die „Schwingungsdauer bei kleinen Winkeln“ an, berechnet die Bewegung aber für beliebige Winkel. Finde heraus, wann die Anzeige von der gemessenen Schwingungsdauer abweicht.

Benötigte Bedienelemente: Länge (0.5–3 m) · Auslenkwinkel (5–150°) · Anzeige: Schwingungsdauer bei kleinen Winkeln

1 · Vorhersagen

Bevor du die Simulation startest

P1 Wenn du das Pendel 4-mal so lang machst, wird seine Schwingungsdauer …

☐ gleich bleiben ☐ sich verdoppeln ☐ 4-mal so lang werden ☐ sich halbieren

Wie sicher bist du? ① ② ③ ④ ⑤ (1 = geraten, 5 = ganz sicher)

P2 Ändert der Auslenkwinkel die Schwingungsdauer? Schätze sie bei 10° und 120° für ein 1.5 m langes Pendel.

P3 Ab welchem Winkel weicht die Formel deiner Einschätzung nach um mehr als 5 % ab?

2 · Untersuchen

Ändere jeweils nur eine Größe

Teil A · Länge

1. Stelle den Auslenkwinkel auf 10°. Belasse die Wiedergabegeschwindigkeit bei 1×.
2. Lies für jede Länge die angezeigte Schwingungsdauer bei kleinen Winkeln ab. Miss dann mit einer Stoppuhr die Zeit für 5 vollständige Schwingungen und teile durch 5.

Länge L (m)	Angezeigtes T (s)	Zeit für 5 Schwingungen (s)	Gemessenes T (s)	T^2 (s^2)
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
3.0				

Teil B · Winkel

1. Stelle die Länge auf 1.5 m. Die Anzeige sollte 2.46 s lauten.
2. Miss für jeden Auslenkwinkel die Zeit für 5 vollständige Schwingungen und bestimme daraus die gemessene Schwingungsdauer. Berechne die prozentuale Abweichung: (Messwert − 2.46) ÷ 2.46 × 100.

Auslenkwinkel	Zeit für 5 Schwingungen (s)	Gemessenes T (s)	Abweichung von 2.46 s in %
10°			
35°			
60°			
90°			
120°			
150°			

3 · Erklären

Nutze deine Messdaten

E1 Nutze die Daten aus Teil A: Wie änderte sich die Schwingungsdauer, als die Länge von 0.5 m auf 2.0 m erhöht wurde (4-mal so lang)? Traf deine Vorhersage P1 zu?

E2 Trage T^2 gegen L auf. Beschreibe das Diagramm und bestimme seine Steigung. Berechne g mit der Steigung = $4\pi^2/g$.

E3 Bei welchem Winkel wich in Teil B die gemessene Schwingungsdauer zum ersten Mal um mehr als 5 % von der Anzeige ab?

E4 Die Formel setzt sin θ ≈ θ voraus. Erkläre, warum ein Pendel bei großem Auslenkwinkel langsamer schwingt als von der Formel vorhergesagt.

ABSCHLUSSFRAGE

Eine Standuhr hat ein 1.0 m langes Pendel. (a) Berechne seine Schwingungsdauer. (b) Geht die Uhr vor oder nach, wenn das Pendel stärker ausgelenkt wird? Warum?

Unterrichtseinheit 1 · Handreichung für Lehrkräfte · Das Fadenpendel

Simulation: Fadenpendel **Dauer:** ca. 45 min **Mathematik:** Algebra, Quadratwurzeln (Diagramme optional)

Link zum Experiment: pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

Überblick

Die Lernenden bestätigen $T \propto \sqrt{L}$ und erkennen dann, dass die bekannte Formel nur eine Näherung ist, die bei großen Auslenkungen ungenau wird. Die Simulation integriert die vollständige nichtlineare Gleichung $d^2\theta/dt^2 = -(g/L) \sin \theta$. Deshalb sind gemessene Schwingungsdauern bei großen Winkeln tatsächlich länger als angezeigt. Bei 1× läuft die Simulation in Echtzeit. Für L = 1.5 m haben wir bei 10° 2.47 s und bei 120° 3.37 s gemessen.

Vor der Stunde

Öffnen Sie die Simulation einmal vor der Stunde. Die Lernenden brauchen eine Stoppuhr (ein Handy reicht). In Paaren setzt eine Person das Pendel über „Zurücksetzen“ in Bewegung und die andere stoppt die Zeit.

Häufige Fehlvorstellungen

- Schwerere Pendelkörper schwingen schneller. (Die Masse kommt in der Formel nicht vor; die Simulation verwendet eine Punktmasse.)
- Die doppelte Länge ergibt die doppelte Schwingungsdauer. (Die Schwingungsdauer steigt um den Faktor $\sqrt{2} \approx 1.41$.)
- Die Amplitude spielt nie eine Rolle. (Bei großen Winkeln spielt sie eine Rolle, wie Teil B zeigt.)

Lösungen mit Erläuterungen

P1

Sie verdoppelt sich. Da $T \propto \sqrt{L}$ gilt, ergibt 4× die Länge eine $\sqrt{4} = 2\times$ so lange Schwingungsdauer.

P2

Bei 10° beträgt die Schwingungsdauer etwa 2.46 s, wie angezeigt. Bei 120° beträgt sie etwa 3.37 s, also rund 37 % mehr.

P3

Jede plausible Vorhersage gilt. Vergleicht sie mit den Versuchen in Teil B.

Teil A

Anzeigen: 0.5 m → 1.42 s, 1.0 m → 2.01 s, 1.5 m → 2.46 s, 2.0 m → 2.84 s, 3.0 m → 3.47 s. Die gemessenen Werte sollten höchstens etwa 0.1 s davon abweichen. T^2 -Werte: 2.01, 4.03, 6.04, 8.05, 12.1 s^2.

Teil B

Erwartete Messwerte für L = 1.5 m: 10° → 2.46 s (+0.2 %), 35° → 2.52 s (+2.4 %), 60° → 2.64 s (+7.3 %), 90° → 2.90 s (+18 %), 120° → 3.37 s (+37 %), 150° → 4.33 s (+76 %).

E1

Die Schwingungsdauer hat sich verdoppelt (1.42 s → 2.84 s). Die vierfache Länge verdoppelt sie, denn $T \propto \sqrt{L}$.

E2

Eine Gerade durch den Ursprung mit der Steigung ≈ 4.0 s^2/m. $g = 4\pi^2 \div 4.02 \approx 9.8$ m/s^2. Messwerte mit bis zu etwa 5 % Abweichung sind gut.

E3

60° ist der erste untersuchte Winkel mit einer Abweichung über 5 %. Bei 35° beträgt sie 2,4 %, bei 60° dagegen 7,3 %.

E4

Die Rückstellkraft hat den Betrag mg sin θ für positive Winkel. Bei großen Winkeln ist sin θ deutlich kleiner als θ (sin 90° = 1, während 90° = 1.57 rad), sodass die Kraft zum Gleichgewicht hin schwächer ist als in der Näherung. Das Pendel kehrt langsamer zurück und die Schwingungsdauer wird länger.

Abschluss

(a) $T = 2\pi\sqrt{(1.0/9.81)} \approx 2.01$ s. (b) Sie geht nach. Größere Auslenkungen verlängern die Schwingungsdauer; das Pendel schwingt pro Stunde seltener und die Uhr verliert Zeit.

Vertiefung

Die Simulation verwendet fest $g = 9.81$ m/s^2. Andere Himmelskörper lassen sich also nicht direkt simulieren. Lassen Sie die Lernenden mit der Formel die Schwingungsdauer eines 1.5 m langen Pendels auf dem Mond berechnen ($g = 1.62$ m/s^2): $T = 2\pi\sqrt{(1.5/1.62)} \approx 6.05$ s, etwa 2.5-mal so lang wie auf der Erde.

Differenzierung

Hilfestellung: Geben Sie die Spalte für T^2 fertig ausgefüllt vor und lassen Sie die Steigung weg. Vertiefung: Vergleichen Sie Teil B mit der Reihenentwicklung $T \approx T_0(1 + \theta_0^2/16)$, wobei θ_0 im Bogenmaß angegeben wird. Bestimmen Sie, wann die Näherung zu ungenau wird.

Einstiegspaket Schwingungen / Themenpaket Schwingungen und Wellen

Einstiegspaket Schwingungen · 19 USD

- Das Fadenpendel
- Resonanz bei einem angeregten Federpendel
- Gekoppelte Pendel und Energieübertragung

Themenpaket Schwingungen und Wellen · 49 USD

- Das Fadenpendel
- Resonanz bei einem angeregten Federpendel
- Gekoppelte Pendel und Energieübertragung
- Stehende Wellen auf Saiten und in Rohren
- Resonanzmuster auf einer Trommel
- Chladnische Klangfiguren und Symmetrie

Lernkontrolle mit Lösungen · 12 Fragen

Verlaufsplan für zwei Wochen und Begriffsliste