

iOLab - Einfacher harmonischer Oszillator

September 2022 - Ben Lanyon (ben.lanyon@uibk.ac.at)

Ihre heutige Aufgabe ist es, ein iOLab an verschiedenen Federanordnungen aufzuhängen:

- Eine einzelne Feder: Befestigen Sie eine Feder an einem unbeweglichen Objekt und hängen Sie das iOLab am freien Ende der Feder auf.
- Federn parallel: wie oben, nur dass Sie zwei Federn nebeneinander aufhängen.
- Drei Federn parallel.

Einmal auf diese Weise aufgehängt kann das iOLab heruntergezogen, losgelassen und schwingen gelassen werden.

Dieser Versuch ist in drei Teile unterteilt: In Aufgabe 1 messen Sie die Schwingungsperiodendauer einer einzelnen Feder für drei verschiedene Massen. In Aufgabe 2 messen Sie die Schwingungsperiodendauer von zwei parallelen Federn und in Aufgabe 3 von drei parallelen Federn.

Diese Anleitung ist wie folgt unterteilt: In Abschnitt 1 werden die drei Aufgaben dargestellt. In Abschnitt 2 finden Sie den Bewertungsschlüssel und in Abschnitt 3 wird auf das Massenkabrierungsverfahren des iOLab eingegangen. Es gibt keinen Abschnitt über die Theorie, da Sie in Physik 1 bereits einfache harmonische Schwingungen kennengelernt haben.

Wichtige zusätzliche Informationen:

- Für dieses Experiment benötigen Sie Klebeband, die drei mitgelieferten Federn, mehrere Büroklammern, eine Briefklammer und ein kleines Kartonquadrat.
- Sie müssen die folgenden 3 Datensätze auf das Online-Repository hochladen: Sensordaten zur Bestimmung der Periode einer einzelnen Feder mit drei verschiedenen Massen (Aufgaben 1).
- Achten Sie darauf, dass das iOLabs-Gerät nicht auf den Boden fällt: Sichern Sie es sorgfältig, vermeiden Sie Schwingungen mit Amplituden, bei denen sich die Federn vollständig schließen, und legen Sie etwas Weiches auf den Boden darunter *gleich zu Beginn*, falls das Gerät versehentlich herunterfallen sollte.
- Ziehen Sie die Federn nicht zu weit auseinander, da sie dann nicht wieder in ihre ursprüngliche Form zurückkehren können.
- Üben Sie, das Gerät zum Schwingen zu bringen, ohne Daten aufzuzeichnen, und sammeln Sie Erfahrung.
- Sie sollten für diese Übung die drei langen Federn verwenden, die Ihnen zur Verfügung gestellt wurden, nicht die Federn, die direkt mit dem iOLabs-Gerät geliefert werden.
- Abbildung 1 zeigt ein Beispiel eines Aufbaus zum Messen einer Schwingung mit zwei parallelen Federn. Es ist nur ein Beispiel. Seien Sie kreativ mit dem, was Sie zur Verfügung haben.

1 Aufgaben

Aufgabe 1: Eine Feder mit drei Massen

Das Vorgehen und die Analyse für Aufgabe 1 werden nun detailliert dargestellt.

Vorgehen:

1. Bestimmen Sie die Masse des iOLab-Geräts nach dem im Anhang dieses Dokuments dargestellten Standardverfahren. Dies erfolgt wie bei den vorherigen Versuchen: Anheben des Gerätes am Kraftsensor bis er es sich in Ruhelage befindet und Bestimmung des mittleren Verhältnisses von Kraft und Beschleunigung.
2. Befestigen Sie die lange Feder an den Kraftsensor des iOLab und hängen Sie es sicher an einer geeigneten Stelle auf (zum Beispiel mittels einer Klammer an einen Stuhl).
3. Versetzen Sie das iOLab in Schwingung und zeichnen Sie die Daten mit dem Kraftsensor oder Beschleunigungsmesser für etwa 20 Sekunden auf.
4. Bestimmen Sie die Zeit zwischen 5 Höchstwerten in den Daten. Diese stellt 4 Schwingungsperioden dar. Teilen Sie diese Zeit durch 4, um die Periodendauer zu finden. Vergessen Sie nicht, eine Schätzung und eine Begründung für die Unsicherheit in Ihrer Antwort anzugeben.
5. Wiederholen Sie diesen Vorgang (Schritte 1-4) für 2 größere Massen. Eine größere Masse kann erreicht werden, indem ein Objekt Ihrer Wahl mit Klebeband sicher an dem iOLab-Gerät befestigt wird. Messen Sie jeweils die neue Gesamtmasse. Objekte zwischen 100 g und 150 g sind ideal (zum Beispiel ein Schlüsselbund oder ein Handy). **Bitte vermeiden Sie es:** 1. Klebeband zu verwenden, das stark genug ist, um das iOLab-Gerät zu beschädigen. 2. 10 N auf dem Kraftmesser zu überschreiten.

Für Aufgabe 1 gelten folgende Anforderungen für Ihre Datenauswertung:

- Eine klare kurze Erklärung, wie Sie den Zeitraum und die Masse in einem der Fälle bestimmt haben. Diese Erklärung sollte genügend Datendiagrammen enthalten (entsprechend vergrößert und hervorgehoben), um zu zeigen, wie die Schwingungsperiodendauer für die jeweilige Masse bestimmt wurde. Screenshots sind in Ordnung, solange die relevanten Merkmale in der Datenauswertung deutlich erkennbar sind. Die Erklärung sollte deutlich machen, wie Sie die Messwerte aus den Daten berechnet haben und wie Sie experimentelle Unsicherheiten erhalten haben.
- Eine Tabelle, die die gemessenen Schwingungsperiodendauern mit Unsicherheiten und die entsprechend gemessenen Massen mit Unsicherheiten für drei verschiedene Massen enthält.
- Eine Tabelle, in der Sie Ihre gemessenen Schwingungsperiodendauern in Winkelfrequenz und Ihre gemessene Massen, m , in $\sqrt{1/m}$ (mit Unsicherheiten) für drei verschiedene Massen umgewandelt haben.
- Im Modell eines einfachen harmonischen Oszillators ist die Winkelfrequenz ω über die Gleichung $\omega = \sqrt{k/m} = \sqrt{k}\sqrt{1/m}$ gegeben, wobei k die Federkonstante und m die Masse ist. Daher erwartet man für ein Diagramm, in dem man ω auf der vertikalen Achse und $\sqrt{1/m}$ auf der horizontalen Achse aufträgt, eine gerade Linie mit Steigung \sqrt{k} . Erstellen Sie anhand Ihrer Ergebnisse ein Diagramm mit den Achsen ω und

$\sqrt{1/m}$ und zeichnen Sie eine angepasste Linie (Fit) mit der Steigung A ein. Verwenden Sie dafür ein Programm Ihrer Wahl. Geben Sie eindeutig die an die Datenpunkte angepasste Funktion und den ermittelten Wert für den Anpassungsparameter A und seine Unsicherheit an.

- Den Wert der Federkonstante, den Sie anhand Ihres Diagramms bestimmen, einschließlich Unsicherheiten.
- Ein anderer Kursteilnehmer ermittelt eine Federkonstante von $k = (8 \pm 1) \text{ N/m}$ für Ihre Feder. Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit Ihrem Ergebnis bzw. Ihren Daten. Inwieweit stimmen sie überein und welche Schlüsse können Sie ziehen? Bei statistisch signifikanten Unterschieden sollte ein möglicher Grund angegeben werden.

Aufgabe 2: Entwicklung eines Modells für parallele Federn

Messen Sie für eine Masse (**Die größte Masse, die Sie zuvor verwendet haben**) die äquivalente Federkonstante zweier langer paralleler Federn. Vergleichen Sie die parallele Federkonstante mit der der einzelnen Feder. Verwenden Sie diesen Vergleich, um ein physikalisches Modell aufzustellen, das Ihnen die entsprechende Federkonstante k für eine beliebige Anzahl von parallel angeordneten Federn N liefert.

Hier sind die Anforderungen für Ihre Datenauswertung für Aufgabe 2:

- Die Federkonstante gemessen für zwei parallele Federn.
- Ein Vergleich zwischen der gemessenen Federkonstante für eine Feder mit der gemessenen Federkonstante für zwei parallele Federn.
- Eine Gleichung, die k in hinsichtlich für N parallel angeordnete Federn vorhersagt.

Aufgabe 3: Testen Sie Ihr Modell

Entwerfen und führen Sie Experimente durch, um Ihr paralleles Modell mit drei Federn zu testen. Vergleichen Sie die vom Modell prognostizierte äquivalente Federkonstante mit Ihren Messungen und entscheiden Sie, ob die Messdaten zu Ihrem Modell passen oder nicht. **Beachten Sie, dass Sie erneut die größte Masse verwenden sollten, die Sie in Aufgabe 1 verwendet haben. Die Masse des iOLabs-Geräts allein reicht nicht für drei parallele Federn aus.**

Hier sind die Anforderungen für Ihre Datenauswertung für Aufgabe 3:

1. Stellen sie die experimentelle Ergebnisse mit drei Federn dar, um das von Ihnen entwickelte parallele Modell (Gleichung) zu testen.
2. Eine begründete Diskussion und Schlussfolgerung, ob die Messdaten mit dem Modell übereinstimmen oder nicht.

Aufgabe 4: Verfassen Sie eine klare Datenauswertung

Es ist wichtig, eine klare, prägnante und gut strukturierte Datenauswertung zu schreiben. Ihre Datenauswertung sollte die grundlegenden Informationen enthalten, die erforderlich sind, damit Fachkollegen/-innen Ihre Untersuchung, sowohl verstehen, als auch replizieren können. Ihre Kollegen, die Zugriff auf das Skript haben, sollten in der Lage sein Ihre Messungen zu wiederholen und die Werte aus den Rohdaten extrahieren zu können.

Hier sind die Anforderungen für Ihre Datenauswertung für Aufgabe 4:

- Eine kurze Beschreibung, wie Sie die verschiedenen Experimente durchgeführt haben (bei vielen Wiederholungsmessungen genügt ein einziges Beispiel).
- Eine kurze Beschreibung, wie Sie Ergebnisse aus Ihren Rohdaten extrahieren (bei vielen Wiederholungsmessungen genügt ein einziges Beispiel).
- Übersichtliche und wissenschaftliche Darstellung der Daten und der daran anschließenden Analyse- und Berechnungsschritte.

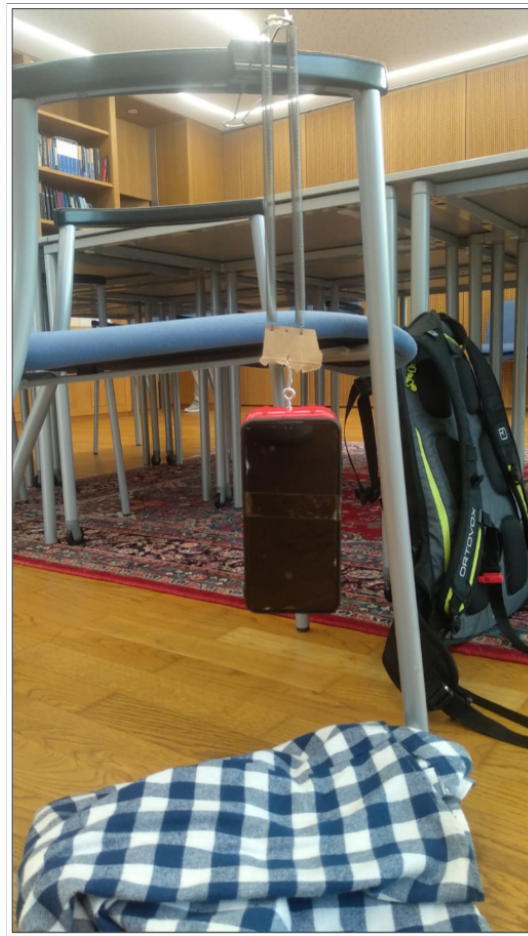


Figure 1: Beispiel eines Aufbaus zur Durchführung eines Teils dieses Experiments. Ein Mobiltelefon wurde sicher am iOLabs-Gerät befestigt, und für den Fall, dass das Gerät versehentlich herunterfällt, befindet sich etwas Weiches darunter. Sie können auch z.B. gebogene Büroklammern zum Aufhängen paralleler Federn.

2 Bewertung

Für dieses Labor stehen insgesamt 10 Punkte zur Verfügung, die vollständig auf Grundlage der Datenauswertung vergeben werden. Es gibt vier Punkte für Aufgabe 1, zwei Punkte für Aufgabe 2, zwei Punkte für Aufgabe 3 und zwei Punkte für Aufgabe 4.

Aufgabe 1 (4 Punkte)

Grundlagen (2 Punkte)	Teilweise Beherrschung (3 Punkte)	(Fast) Vollständige Beherrschung (4 Punkte)
Die Datenauswertung enthält: die Periodendauer und die Masse, die für drei verschiedene Massen gemessen wurden, mit Einheiten, vernünftigen und begründeten Unsicherheiten und Genauigkeiten (Anzahl der angegebenen Stellen). Ein Diagramm der Daten ist vorhanden.	Darüber hinaus wird die Übertragung von Unsicherheiten (Fehlerfortpflanzung) durch Gleichungen weitgehend korrekt durchgeführt. Das Diagramm mit Fehlerbalken an Datenpunkten enthält eine vernünftige Best-Fit-Linie mit Anpassungsparametern. Die Federkonstante wird mit korrekt begründeter Unsicherheit ermittelt und mit der aus dem vorhergehenden Labor verglichen.	Die Güte der Anpassung an die Daten (Fitting) wird diskutiert, unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bzgl. der Datenpunkte. Aus dem Vergleich Ihrer Daten mit dem Ergebnis der/des anderen Studierenden werden korrekte Schlussfolgerungen gezogen und im Hinblick auf die Unsicherheiten begründet. Bei statistisch signifikanten Unterschieden sollte ein möglicher Grund angegeben werden.

Aufgabe 2 (2 Punkte)

Grundlagen (1 Punkt)	(Fast) Vollständige Beherrschung (2 Punkte)
Die Federkonstante wird für zwei parallele Federn gemessen und man erhält einen Wert, der den Daten entspricht und eine angemessene Unsicherheit und Genauigkeit aufweist.	Die Datenauswertung enthält auch eine klare und physikalisch realistische Gleichung, die k für N parallele Federn vorhersagt.

Aufgabe 3 (2 Punkte)

Grundlagen (1 Punkt)	(Fast) Vollständige Beherrschung (2 points)
Drei Federn werden verwendet, um das Modell zu testen. Es wird eine effektive Federkonstante ermittelt, die den Daten entspricht und eine angemessene Unsicherheit und Genauigkeit aufweist.	Eine Schlussfolgerung, die auf dem Test basiert und das Modell akzeptiert (stimmt mit den Daten überein) oder ablehnt (stimmt nicht mit den Daten überein), ist klar angegeben und spiegelt die Daten korrekt wider.

Aufgabe 4 (2 Punkte)

In der Datenauswertung	Ausgelassen (0 Punkte)	Grundlagen (1 Punkt)	(Fast) Vollständige Beherrschung (2 Punkte)
Inhalt und Struktur der Datenauswertung sind so unklar, dass die Datenauswertung von einem Fachkollegen/einer Fachkollegin nicht verstanden werden kann. sind so klar, dass die Datenauswertung zumindest teilweise von Fachkollegen/-innen verstanden werden kann. Erheblich fehlende oder unklare Elemente erschweren das Verständnis und/oder die Gesamtbemühung muss erheblich gesteigert werden sind so klar, dass die Untersuchung von Fachkollegen/-innen verstanden und reproduziert werden kann. Fast alle wichtigen Details sind enthalten und klar. Der Schwerpunkt liegt hier darauf, zu verstehen, wie Sie Ihre Messungen vorgenommen und wie Sie Werte aus Rohdaten extrahiert haben.

3 Anhang

Literatur

1. Hemmick, T.: *iOLab for Scientists and Engineers*, Heyden-McNeil 2019, ISBN 978-1-5339-1977-9 (ePub)

Find the mass of the device

Procedure

- Attach the screw accessory to the force probe.
- Turn the device so that the y-axis is pointing downwards.
- Select the Accelerometer sensor and the Force sensor. Press record and let it sit there for 1 second. Then use the screw to lift the device. Hold it steady.
- Find the average force and acceleration (in the \hat{y} direction) once you have picked up the device. This will give you the force due to gravity and the acceleration due to gravity, respectively. Again, since the force of gravity is in the A_z boxes.
- Using the gravitational force equation, $F_g = mg$, you can find the mass.

Figure 2: Abbildung 1: Massenkalibrierungsverfahren für iOLab-Gerät. Auszug aus [1]. Übersetzung: Ermitteln Sie die Masse des Geräts 1. Drehen Sie das Gerät so, dass die Y-Achse nach unten zeigt. 2. Drehen Sie das Gerät so, dass die Y-Achse nach unten zeigt. 3. Wählen Sie den Beschleunigungsmessersensor und den Kraftsensor aus. Drücken Sie auf Aufnahme und lassen Sie es für 1 Sekunde so. Dann verwenden Sie die Schraube, um das Gerät anzuheben. Halten Sie es ruhig. 4. Ermitteln Sie die durchschnittliche Kraft und Beschleunigung (in \hat{y} -Richtung), sobald Sie das Gerät hochgehoben haben. Dadurch erhalten Sie durch die Schwerkraft bewirkte die Kraft und Beschleunigung. Wieder, da die Schwerkraft in den A_z -Boxen ist. 5. Mit der Gravitationskraftgleichung $F_g = mg$ können Sie die Masse bestimmen.