

Energie bei einfachen harmonischen Schwingungen

Eine schwingende Masse kann als Funktion der Zeit beschrieben werden bezüglich Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung. Das System kann ebenso aus Sicht der Energie beschrieben werden. In diesem Experiment werden Sie Ort und Geschwindigkeit eines schwingenden Masse-Feder-Systems als Funktion der Zeit messen und aus diesen Daten die kinetischen und potentiellen Energien des Systems zeichnen.

Im Masse-Feder-System liegt die Energie in drei Formen vor. Die Masse m mit der Geschwindigkeit v kann kinetische Energie KE besitzen

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$

Die Feder kann elastische Energie E_{ela} besitzen. E_{ela} wird berechnet durch

$$E_{ela} = \frac{1}{2}ky^2$$

wobei k die Federkonstante darstellt und y die Ausdehnung oder Stauchung der Feder, gemessen von der Ruheposition.

Das Masse-Feder-System besitzt auch potentielle Energie über die Gravitation ($E_{pot} = mgy$), diese muss jedoch nicht einbezogen werden, wenn die Länge der Feder aus der Ruheposition gemessen wird. Die Konzentration liegt auf dem Austausch der Energie zwischen kinetischer und elastischer Energie.

Treten in dem System keine anderen Kräfte auf, dann besagt der Prinzip der Energieerhaltung, dass gilt $\Delta E_{kin} + \Delta E_{ela} = 0$, was experimentell überprüft werden kann.

LERNZIELE

- Untersuchen der bei einfachen harmonischen Schwingungen beteiligten Energien
 - Das Prinzip der Energieerhaltung überprüfen

MATERIAL

Computer	Massenset 50 - 300 g in 50 g Schritten
Vernier Computerschnittstelle	Aufhänger für Massestücke
Logger <i>Pro</i>	Feder 1-10 N/m
Vernier Bewegungsdetektor	Standfuß
Drahtkorb	

VORBEREITENE FRAGEN

1. Skizzieren Sie einen Graphen der Höhe gegenüber der Zeit für die Masse an der Feder, wenn sie eine Periode auf und ab schwingt. Markieren Sie am Graphen die Zeitpunkte, wo sich die Masse am schnellsten bewegt und daher auch die größte kinetische Energie besitzt. Markieren Sie außerdem die Zeitpunkte, wo sie sich am langsamsten bewegt und daher die geringste kinetische Energie besitzt.
2. Markieren Sie auf Ihrer Skizze die Zeiten, wo die Feder die größte elastische Energie besitzt. Markieren Sie anschließend die Zeiten, wo sie die geringste potentielle Energie besitzt.

3. Skizzieren Sie aus Ihrem Graphen der Höhe gegenüber der Zeit den Graphen der Geschwindigkeit gegenüber der Zeit.
4. Skizzieren Sie Graphen der kinetischen Energie gegenüber der Zeit und der elastischen Energie gegenüber der Zeit.

VORGEHENSWEISE

1. Bauen Sie das Experiment auf.
 - a. Befestigen Sie die 200g-Masse und die Feder wie in Abbildung 1 gezeigt.
 - b. Verbinden Sie den Bewegungsdetektor mit DIG/SONIC 1 der Schnittstelle. Besitzt der Bewegungsdetektor einen Schalter, dann stellen Sie diesen auf *normal*.


 - c. Positionieren Sie den Bewegungsdetektor direkt unter der hängenden Masse und achten Sie darauf, dass keine fremden Objekte Echos an den Detektor zurück senden können. Legen Sie einen Drahtkorb als Schutz über den Bewegungsdetektor. Die Masse sollte sich in Ruhe ca. 30 cm über dem Detektor befinden. Bei Amplituden von 10 cm oder weniger wird der Mindestabstand von 15 cm zum Bewegungsdetektor nicht unterschritten.

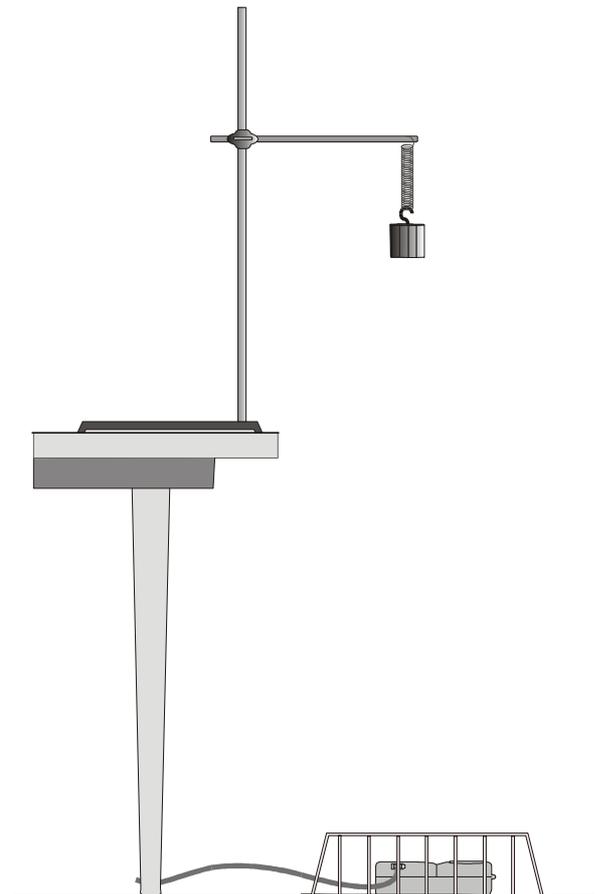


Abbildung 1

2. Öffnen Sie die Datei "17a Energy in SHM" aus dem Ordner *Physik mit Vernier*.
3. Heben Sie die Masse 10 cm hoch und lassen Sie sie los, sodass sie beginnt, auf und ab zu schwingen. Achten Sie darauf, dass die Masse nicht hin und her schwingt. Drücken Sie zum Aufzeichnen von Orts- und Geschwindigkeitsdaten auf . Drücken Sie Ihre Graphen aus und vergleichen Sie diese mit Ihren Vorhersagen. Erklären Sie etwaige Unterschiede.
4. Zur Berechnung der potentiellen Energie der Feder ist es notwendig, die Federkonstante k zu bestimmen. Das Hook'sche Gesetz besagt, dass die Federkraft proportional ist zu ihrer Ausdehnung aus der Ruheposition, also $F = -kx$. Sie können eine bekannte Kraft auf die Feder ausüben, die in ihrem Betrag von der Federkraft ausgeglichen wird, indem Sie eine Reihe Gewichte an die Feder hängen. Mithilfe des Bewegungsdetektors kann dann die Gleichgewichtsposition bestimmt werden. Öffnen Sie die Experimentdatei "17b Energy in SHM." Logger Pro ist jetzt eingestellt, um das Gewicht gegenüber der Position zu messen.
5. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf . Hängen Sie eine 50 g Masse an die Feder und lassen Sie sie bewegungslos hängen. Drücken Sie auf und geben Sie 0,49 als Gewicht der Masse in Newton (N) ein. Drücken Sie zum Beenden der Eingabe auf ENTER. Hängen Sie nun 100, 150, 200, 250 und 300 g an die Feder, notieren Sie Position und geben Sie die Gewichtskraft in N ein. Sobald Sie fertig sind, drücken Sie zum Beenden der Datenerfassung auf .

6. Drücken Sie zum Anpassen einer Geraden an Ihre Daten auf den Knopf zur linearen Anpassung *Fit*. Der Betrag der Steigung stellt die Federkonstante k in N/m dar. Notieren Sie den Wert in der Datentabelle.
7. Ersetzen Sie für die nachfolgenden Experimente die 300g-Masse durch eine 200g-Masse.
8. Öffnen Sie die Experimentdatei "17c Energy in SHM." Zusätzlich zum Plotten von Ort und Geschwindigkeit gibt es in dieser Experimentdatei drei weitere Rubriken (kinetische Energie, potentielle Energie und die Summe dieser beiden Energien). Möglicherweise müssen Sie die Berechnungen für die Energien verändern. Passen Sie die Parameter für Masse und Federkonstante entsprechend an.
9. Drücken Sie zum Nullstellen des Bewegungsdetektors auf *Zero*, während die Masse ruhend an der Feder hängt. Ab jetzt werden alle Abstände relativ zu dieser Position gemessen. Bewegt sich die Masse näher zum Detektor, wird die gemeldete Position negativ sein.
10. Lassen Sie die Masse ausschließlich in vertikaler Richtung mit einer Amplitude von etwa 10 cm schwingen. Drücken Sie zum Erfassen von Orts-, Geschwindigkeits- und Energiedaten auf *Collect*.

DATEN-TABELLE

Federkonstante	N/m
----------------	-----

ANALYSE

1. Drücken Sie auf die y-Achsen-Beschriftung des Geschwindigkeitsdiagramms, um andere Graphen darzustellen. Drücken Sie auf *More* um alle Rubriken sehen zu können. Entfernen Sie den Haken bei Geschwindigkeit und wählen Sie kinetische und potentielle Energie aus. Drücken Sie zum Zeichnen des neuen Diagramms auf *OK*.
2. Vergleichen Sie die beiden Energiediagramme mit Ihren Skizzen. Achten Sie darauf, dass Sie dabei nur eine einzelne Periode vergleichen, die am selben Punkt der Bewegung beginnt wie Ihre Vorhersage. Erklären Sie etwaige Unterschiede.
3. Wenn in diesem System mechanische Energie gespeichert ist, wie sollte sich die Summe von kinetischer und potentieller Energie mit der Zeit verändern? Wählen Sie *Draw Prediction* aus dem Menü *Analyze* und zeichnen Sie Ihre Vorhersage dieser Summe als Funktion der Zeit.
4. Überprüfen Sie Ihre Vorhersage. Drücken Sie auf die y-Achsen-Beschriftung des Energiediagramms, um weitere Graphen darzustellen. Drücken Sie auf *More* und wählen Sie zusätzlich noch die Rubrik mit der Gesamtenergie aus. Drücken Sie zum Zeichnen des neuen Diagramms auf *OK*.
5. Was können Sie aus der Form des Diagramms der Gesamtenergie gegenüber der Zeit über die Erhaltung der mechanischen Energie in Ihrem Masse-Feder-System schließen?

ERWEITERUNGEN

1. In der Einleitung wurde behauptet, dass die potentielle Energie vernachlässigt werden kann, wenn die bei der elastischen Energie verwendete Verformungsstrecke aus der Ruheposition gemessen wird. Betrachten Sie zunächst die gesamte mechanische Energie (kinetische, potentielle und elastische Energie) mithilfe eines

Koordinatensystems, dessen Ursprung an unteren Ende der ruhenden mit der Masse belasteten Feder liegt (keine zusätzliche Kraft angewendet). Legen Sie anschließend den Ursprung eines neuen Koordinatensystems an das Ende der unbelasteten Feder und betrachten Sie die mechanische Gesamtenergie erneut. Zeigen Sie, dass sich die potentielle Energie aufhebt, wenn die Energien in diesem Bezugssystem betrachtet werden.

2. Wird eine nicht erhaltende Kraft wie der Luftwiderstand von Bedeutung, ändert sich der Graph der Gesamtenergie gegenüber der Zeit. Sagen Sie vorher, wie der Graph aussehen wird und kleben Sie anschließend eine Karteikarte ans untere Ende der hängenden Masse. Erfassen Sie wieder die Energiedaten und vergleich Sie mit Ihrer Vorhersage.
3. Die bei einem schwingenden Pendel beteiligten Energien können auf ähnliche Weise untersucht werden wie bei der Masse an der Feder. Bestimmen Sie von der seitlichen Position des Pendelgewichts aus die potentielle Energie der Gravitation der Pendelmasse. Führen Sie das Experiment durch, indem Sie die horizontale Position des Pendelgewichts mit einem Bewegungsdetektor messen.
4. Bauen Sie eine Luftschienebahn mit einem Fahrzeug oder einem Gleiter auf, das horizontal zwischen zwei Federn hin und her schwingt. Zeichnen Sie seine Position mit einem Bewegungsdetektor als Funktion der Zeit auf. Untersuchen Sie die Energieerhaltung in diesem System. Achten Sie darauf, die elastische Energie in beiden

F
e
d
e
r
n

z
u

b
e
r
ü
c
k
s
i
c
h
t
i
g
e