

Name: _____

Videoanalyse: Energieumwandlung eines Pendels

[experilyser hier herunterladen](#)**Tauschhandel**

Beim Fadenpendel verliert die Kugel an Höhe und gewinnt gleichzeitig an Geschwindigkeit. Gewinnt sie danach an Höhe, wird sie wieder langsamer. Nur wenn sie an einer Größe verliert, kann sie an der anderen gewinnen. Dies erinnert an einen Tauschhandel.

Was getauscht wird, muss gleichwertig sein, d. h., der Tausch muss auch umkehrbar sein: Die Geschwindigkeit im Tiefpunkt ist genau so groß, dass im Idealfall auch wieder die Ausgangshöhe erreicht wird.

Höhe und Geschwindigkeit sind zwei vollkommen unterschiedliche physikalische Größen. Um beide miteinander vergleichen zu können, haben die Physiker eine Größe eingeführt: die **Energie**.



Eine Schaukel ist ein Pendel.

Energie ist eine physikalische Größe, mit der sich unterschiedliche Zustände eines Phänomens vergleichen lassen.

So kann man beim Pendel verschiedene Energieformen benennen: Dem ausgelenkten Pendel wird **Höhenenergie** (eine potentielle Energie) und dem Zustand mit der maximalen Geschwindigkeit wird **kinetische Energie** zugeordnet.

Bewegt sich die Kugel nach unten, nimmt die Höhenenergie ab und die kinetische Energie nimmt zu. Aufgrund von unvermeidbarer Reibung wird ein Teil der Energie in **thermische Energie** umgewandelt. Die Gesamtenergie bleibt gleich.

Energieerhaltungssatz:

In einem System bleibt die Gesamtenergie E zu jeder Zeit gleich, wenn das System nicht von außen beeinflusst wird. Die Gesamtenergie kann aber auf unterschiedliche Energieformen verteilt sein.

Die **Höhenenergie** E_{pot} (eine potentielle Energie) eines Körpers nimmt proportional mit der Höhe h zu. Bei fester Höhe ist sie auch proportional zur Masse m des Körpers.

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

Die **kinetische Energie** E_{kin} hängt proportional von der Masse m ab, nimmt aber quadratisch mit der Geschwindigkeit v zu.

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Die Einheit der Energie ist Joule (1 J).

Name: _____

1 Energieumwandlung am Fadenpendel

[Video anschauen](#)

Eine 7 g schwere Holzkugel hängt an einem dünnen Faden. Sie wird ausgelenkt und dann losgelassen. Die Bewegung wurde mit der Videoanalyse-App aufgenommen und in einem Screenshot (Abb. 1) dokumentiert.

Du kannst dir das Video anschauen, indem du auf den Link rechts klickst oder es mit dem QR Code herunterladest.

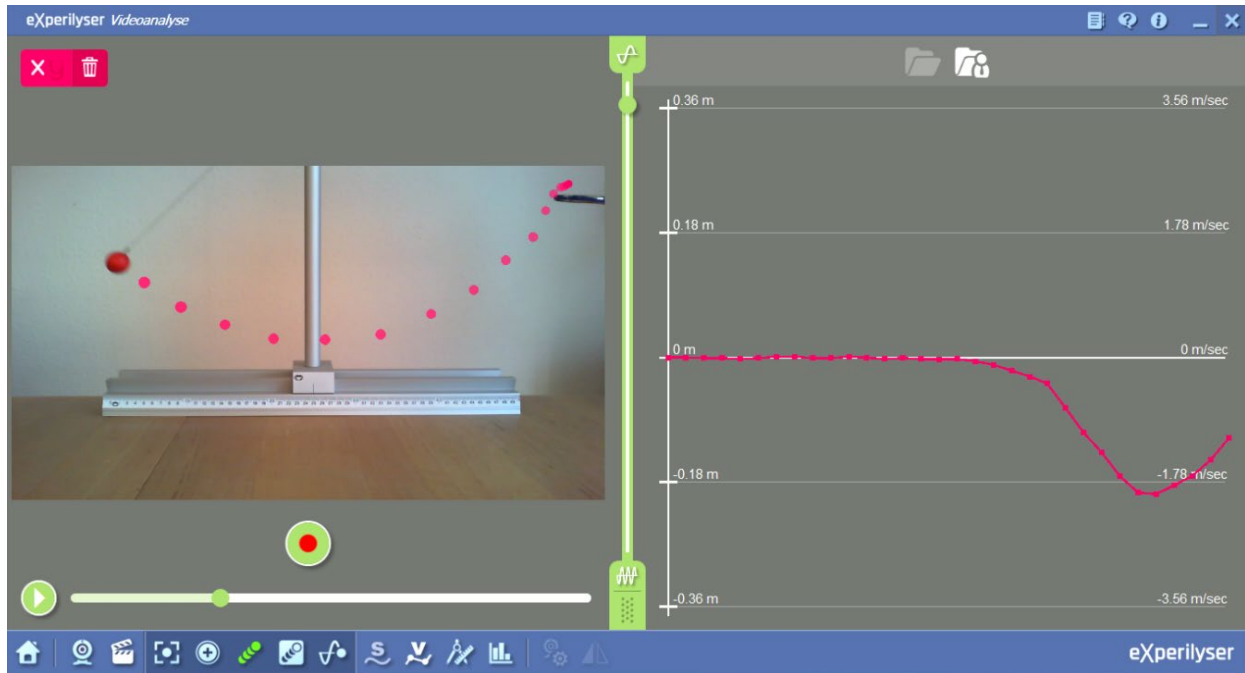


Abbildung 1 Videoanalyse eines Fadenpendels mit t-v-Diagramm

In der linken Bildhälfte macht die App die Bahn der Kugel durch rote Spurpunkte sichtbar.

Diese Punkte markiert die App in einem zeitlichen Abstand von $\Delta t = \frac{1}{30}$ s.

Die Schiene ist 50 cm lang.

Auf der rechten Seite des Diagramms sind die Einheiten der Geschwindigkeit in m/s angegeben.

1. Aufgaben

- 1.a Beschreibe, welche Energieformen auftreten, wenn die Kugel von einer Seite auf die andere schwingt.
- 1.b Markiere in Abb. 1 sowohl den Zustand des Pendels, in dem die Höhenenergie maximal ist, als auch den Zustand, in dem die kinetische Energie maximal wird. Gib an, wie sich in beiden Zuständen die Gesamtenergie E_1 bzw. E_2 zusammensetzt.
- 1.c Entnimm dem Bild, auf welche Höhe die Kugel zu Beginn ausgelenkt war. Ermittle aus dem Diagramm ihre maximale Geschwindigkeit. Berechne die Höhenenergie und die kinetische Energie in beiden Zuständen und interpretiere das Ergebnis mit dem Energieerhaltungssatz. Diskutiere auch Messungenauigkeiten.

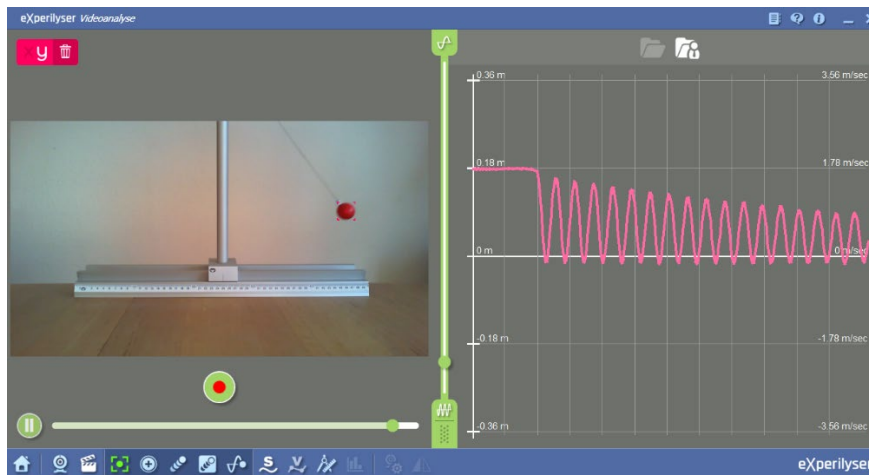
Name: _____

2 Höhenenergie, kinetische und thermische Energie beim Pendel

Mit Hilfe des Videoanalyseprogramms werden die Schwingungen des Fadenpendels verfolgt.

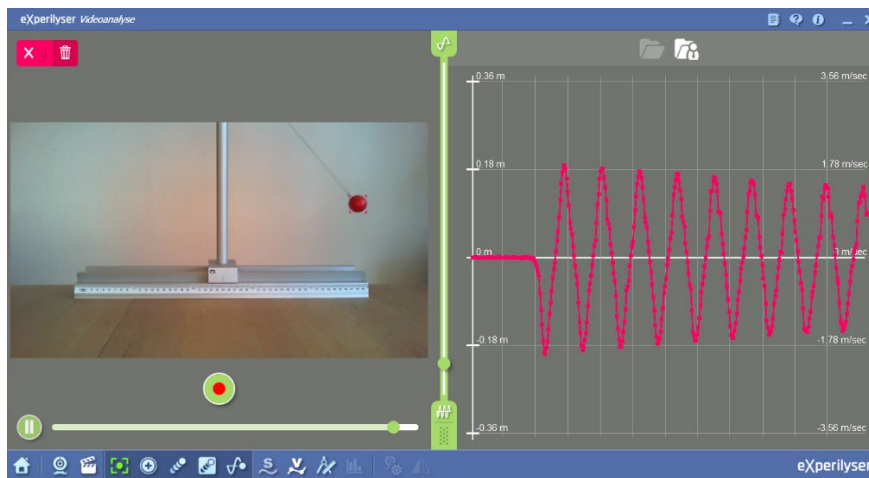
Das t - y -Diagramm in **Abb. 2** dokumentiert die Höhe der Kugel zu jedem Zeitpunkt.

Im Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm in **Abb. 3** ist aufgetragen, wie schnell sich die Kugel in horizontaler Richtung bewegt. Im Diagramm befinden sich im Abstand von 1 s senkrechte Gitterlinien.



[Hier klicken für eine vergrößerte Ansicht von Abbildung 2](#)

Abbildung 2 Höhe des Fadenpendels im Zeitverlauf



[Hier klicken für eine vergrößerte Ansicht von Abbildung 3](#)

Abbildung 3 Geschwindigkeit des Pendels in horizontaler Bewegungsrichtung

2. Aufgaben

- 2.a Entnimm aus beiden Diagrammen, wo sich die Kugel befindet 4 s, nachdem sie losgelassen wurde und in welche Richtung sie sich anschließend bewegt.
- 2.b Umgangssprachlich sagt man, das Pendel „verliert“ Energie. Weise dieses Phänomen anhand beider Diagramme nach und erkläre es fachsprachlich korrekt. Entnimm dem Diagramm, nach welcher Zeit sich die Höhe des Umkehrpunktes etwa halbiert hat. In dieser Schwingungsphase beträgt die maximale Höhenenergie, die maximale kinetische Energie und die thermische Energie die Hälfte der Gesamtenergie. Erläutere diese Aussage.
- 2.c Mit dem Experiment lässt sich bestätigen, dass die Geschwindigkeit nicht proportional mit der kinetischen Energie zu- bzw. abnimmt.

Tipp: Nimm an, kinetische Energie und Geschwindigkeit wären proportional zueinander. Untersuche dann den Zeitpunkt, an dem sich die Energie halbiert hat.

Name: _____

3 Experiment Hemmpendel

[Hilfedatei zur Videoanalyse](#)

Experimentelle Ergebnisse müssen in der Physik reproduzierbar sein und die Theorie durch weitere Experimente bestätigt werden.

Unterhalb des Aufhängepunkts eines Fadenpendels befindet sich ein Stift. Schwingt das Pendel von einer Seite durch den tiefsten Punkt, trifft der Faden gegen diesen Stift und hemmt die Schwingung (Abb. 4).

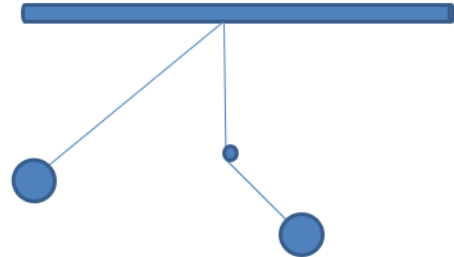


Abbildung 4 Hemmpendel

3. Aufgaben

- 3.a Stelle zunächst eine Hypothese auf, wie weit die Kugel ausschlägt. Zeichne dazu den Aufbau, konstruiert mit Zirkel und Lineal oder mit einer Geometriesoftware die Bahnkurve und markiere die maximalen Auslenkungspunkte. Begründe deine Vermutung mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes.
- 3.b Überprüfe deine Hypothese experimentell. Hänge einen einfarbigen Pendelkörper an einem dünnen Faden auf. Die Farbe des Pendelkörpers darf aber nicht nochmals im Blickfeld der Kamera vorhanden sein.
- 3.c Lass vom Videoanalyseprogramm die Bahnkurve mit Spurpunkten aufzeichnen und mache einen Screenshot von der Bewegung. Interpretiere das Ergebnis im Blick auf den Energieerhaltungssatz. Berücksichtige dabei die vermehrten Reibungseffekte.

