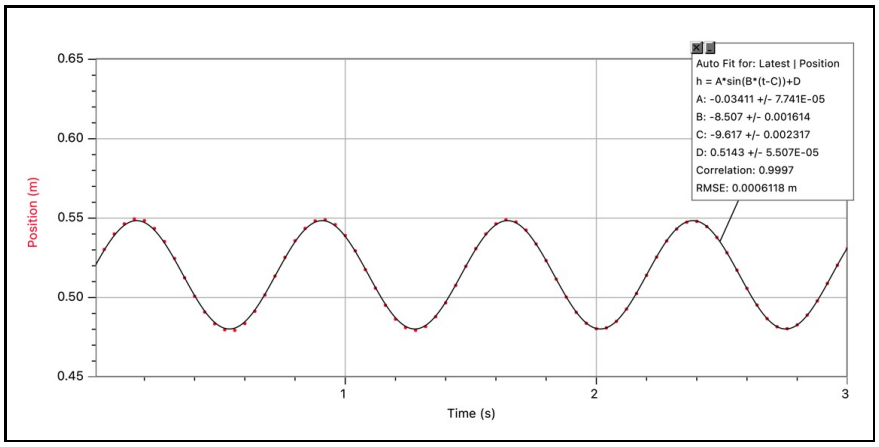
Versuche zur geradlinigen Bewegung

Periode des Federpendels



Einleitung

Lassen wir ein **Federpendel** auf und ab schwingen, so können wir diesen Schwingungsvorgang mit dem Ultraschallsensor gut aufnehmen (vgl. Bild rechts). Es ergibt sich eine Schwingungskurve (vgl. Bild unten), die perfekt durch eine sogenannte **Sinusfunktion** beschrieben wird. Dem entsprechend spricht man von einer **Sinusschwingung**, die in der theoretischen Physik auch als **harmonische Schwingung** bezeichnet wird. Solche Sinusfunktionen werden Sie in der Mathe und in der Physik im zweiten Jahr genauer kennenlernen.



Mess-Setting

Sie erfassen nun allerdings gar nicht diese Sinuskurve, sondern Sie sollen die **Periode** T des Federpendels messen. Das ist die Dauer einer einzelnen Schwingung, also eines einzelnen Auf-Ab-Zyklus des Pendels.

Wir brauchen nur eine kleine **Amplitude** ($=$ Ausschlagsstärke). Es reicht, wenn das Pendel in einigermassen geringer Bewegung auf und ab schwingt. Ausserdem verhindern Sie so, dass das Pendel herumspickt und hinunterfällt. Für die Zeitmessung verwenden Sie die **Stoppuhr** Ihres Händys. Dabei ist es besser, wenn Sie nicht eine einzelne Periode messen, sondern beispielsweise 20 Perioden, und danach die gemessene Zeit durch 20 teilen. So wird der Messwert für eine Periode viel genauer!

In diesem Versuch finden Sie zudem heraus, welchen Einfluss die Masse m auf die Periode T hat.

Versuchsdurchführung

1. Auf agertsch.ch finden Sie ein **Auswertungsfile** `federpendel.ggb`. Dabei handelt es sich um ein `GeoGebra`-Dokument, das Sie mit der entsprechenden Software öffnen können (nur jemand pro Gruppe). In der dortigen Tabelle tragen Sie alle Messungen ein, die Sie nun machen werden.

2. Sie haben eine schwächere **Spiralfeder 1** (gross) und eine stärkere **Spiralfeder 2** (klein) zur Verfügung. Messen Sie bei jeder der beiden Federn nun jeweils die Dauer von 20 Perioden ($= 20T$) bei unterschiedlichen angehängten Massen m und tragen Sie diese Messwerte in die Tabelle in der Spalte "$20\,T$" ein ($\rightarrow$ Nullen überschreiben).

   Die **angehängte Masse** m variieren Sie von $50\,\mathrm{g}$ (keine Zusatzscheiben über der Grundscheibe) bis hin zu $250\,\mathrm{g}$ in $40\,\mathrm{g}$-Schritten ($\widehat{=}$ zwei Scheiben).

   Anmerkung: Bei der stärkeren Feder ist die Messung bei $m = 50\,\mathrm{g}$ schwierig bis unmöglich. Notfalls lassen Sie sie einfach weg.

Auswertung

1. Beim Eintragen eines Messwertes wird links im Diagramm der zugehörige **Messpunkt** platziert. Für jede der beiden Spiralfedern ergibt sich eine ähnliche Anordnung der Messpunkte. Im ersten Moment könnte man glauben, es handle sich je um eine Gerade. Dass dem nicht so ist, können Sie rasch überprüfen, indem Sie versuchen eine Gerade über die Punkte zu legen.

2. Im Diagramm wird für beide Spiralfedern die Abhängigkeit zwischen angehängter Masse m und Periode T sichtbar. Die Mechanik macht dazu natürlich eine Vorhersage. Sie lautet wie folgt:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \tag{1}$$

   Diesen Zusammenhang kann ich Ihnen jetzt auf die Schnelle nicht herleiten. Sie sehen aber, dass sich die Periode T mit zunehmender Masse m auch vergrössert. Allerdings steht m unter der Wurzel. Das bedeutet, dass sich die Periode z.B. erst bei Vervierfachung der Masse verdoppelt.

   Der Buchstabe D steht für die sogenannte **Federkonstante**. Sie beschreibt die Stärke der Spiralfeder. Bei der schwächeren Spiralfeder ist $D_1 = 3.79\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ ("Newton pro Meter"). Das bedeutet, dass man mit $3.79\,\mathrm{N}$ Kraft an der Feder ziehen muss, damit diese um einen Meter gedehnt wird. Bei der stärkeren Spiralfeder ist $D_2 = 8.13\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$.

   Den durch (1) beschriebenen Zusammenhang können Sie sich im Diagramm einblenden lassen. Klicken Sie dazu links auf den Kreis neben $T_1(x)$ resp. $T_2(x)$.

   Anmerkungen: Für `GeoGebra` ist die horizontale Achse immer noch eine rein mathematisch x-Achse, weshalb anstelle des Massensymbols m eben x geschrieben wird. Ausserdem sehen Sie in den Formeln zu diesen Funktionen einen zusätzlichen Faktor 1000. Dieser kommt daher, dass wir die Gramm, in denen die Variable m resp. x angegeben wird, in Kilogramm umwandeln müssen, damit wir korrekt mit den SI-Einheiten umgehen und die Periode T somit tatsächlich in Sekunden berechnet wird.

3. Wie Sie sehen, stimmt der theoretische Verlauf nicht mit ihren Messpunkten überein, er ist irgendwie verschoben – eine Verwandtschaft sollte aber klar erkennbar sein.

   Womit hat dieser Unterschied zu tun? Nun, in (1) steht m für die "schwingende Masse". Überlegen Sie gemeinsam, weshalb das nicht das Gleiche ist wie die "angehängte Masse".

   Tipp: Schauen Sie sich das Pendel nochmals genau an. Was schwingt denn da alles?

4. Schliesslich erlaubt Ihnen das `GeoGebra`-File die theoretische Kurve an die realen Gegebenheiten anzupassen, indem für T tatsächlich die folgende Funktion eingegeben wurde:

$$T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m + m_1}{D_1}} \qquad \text{resp.} \qquad T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m + m_2}{D_2}} \tag{2}$$

   Dabei stehen m_1 und m_2 für eine zusätzlich Masse, die zur angehängten Masse m addiert werden kann. Im `GeoGebra`-File können Sie dazu die beiden Schieberegler oben verstellen.

   Versuchen Sie nun Theorie und Experiment in Einklang zu bringen, indem Sie diese Schieberegler passend verstellen. Was schliessen Sie aus dem passend eingestellten Wert m_1 resp. m_2?