

# Der freie Fall mit Cobra SMARTsense



Die Schüler sollen in diesem Versuch die Erdbeschleunigung  $g$  experimentell bestimmen und erkennen, dass der freie Fall eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung darstellt.

Physik

Mechanik

Dynamik &amp; Bewegung



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

Diese Inhalte finden Sie auch online unter:



<https://www.curriculab.de/c/68949b1ff5639c0002c4061b>

PHYWE

# Lehrerinformationen



## Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Der freie Fall begegnet uns im Alltag überall dort, wo Dinge zu Boden fallen. Die Geschichte besagt sogar, dass Isaac Newton erst durch einen vom Baum fallenden Apfel auf die Idee seiner Theorien und Schlussfolgerungen zur Mechanik und Gravitation und deren Übertragung auf die Himmelsmechanik gekommen sei.

Je geringer jedoch die Dichte des fallenden Körpers und je größer seine Oberfläche, desto mehr wird aus dem freien Fall ein weniger stark beschleunigter, bzw. gebremster Fall. Im Vakuum hingegen fallen alle Gegenstände gleich schnell.

Die Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  ist keineswegs konstant. Sie wird mit steigendem Abstand zur Erdoberfläche kleiner.

## Sonstige Lehrerinformationen (1/3)

PHYWE

## Vorwissen



Die Schüler sollten mit den Begriffen Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie potenzieller und kinetischer Energie vertraut sein. Sie sollten wissen, dass die Erdanziehungskraft aus der Erdbeschleunigung folgt. Des Weiteren sollten die Schüler mathematisch in der Lage sein, von einer Geraden die Steigung zu bestimmen und eine Dimensionsanalyse der gefundenen Steigung zu bewältigen.

## Prinzip



Die Masse des Metallzylinders erfährt im Gravitationsfeld der Erde eine konstante gleichgerichtete Kraft, die den Zylinder gleichmäßig beschleunigt. Reibungseffekte an Luft sind im Rahmen dieses Versuches ebenso vernachlässigbar wie der Auftrieb des Zylinders durch die ihn umgebende Luft.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/3)

PHYWE

## Lernziel



Die Schüler sollen in diesem Versuch die Erdbeschleunigung  $g$  experimentell bestimmen und erkennen, dass der freie Fall eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung darstellt.

## Aufgaben



Die Schüler lassen einen Metallzylinder durch ein transparentes Rohr fallen und messen mit Hilfe zweier Lichtschranken die Laufzeit  $t_A$  und  $t_B$ , die der Zylinder benötigt, um jeweils durch die beiden Schranken zu gelangen.

Anhand der bekannten Länge  $l$  des Metallzylinders und der gemessenen Durchgangszeiten bestimmen sie die Momentangeschwindigkeiten  $v_A$  und  $v_B$  an den beiden Lichtschranken. Aus dem Höhenunterschied  $H$  zwischen den Lichtschranken und den berechneten Geschwindigkeiten ermitteln sie schließlich den Wert der Erdbeschleunigung  $g$ .

## Sonstige Lehrerinformationen (3/3)

PHYWE

**Theoretische Herleitung**

$t$  ist die Zeitdifferenz, die der Metallzylinder benötigt, um die beiden Lichtschranken zu passieren.

Idealerweise gilt für gleichmäßig beschleunigte Bewegung:

$$1. \quad H = \frac{(v_A + v_B)t}{2}$$

$$2. \quad t = \frac{v_B - v_A}{g}$$

Im nächsten Schritt setzt man  $t$  aus Formel (2) in Formel (1) ein, erhält:

$$H = \frac{(v_A + v_B)(v_B - v_A)}{2g}$$

Anschließend formt man  $g$  und  $H$  um:

$$g = \frac{(v_A + v_B)(v_B - v_A)}{2H}$$

Schließlich ergibt sich:

$$g = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2H}$$

## Sicherheitshinweise

PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE



# Schülerinformationen

## Motivation

PHYWE



Freier Fall im Freizeitpark

Der freie Fall erfolgt überall dort, wo ein Gegenstand aus einer bestimmten Höhe fallen gelassen wird. Dies gilt für einen Fallturm im Freizeitpark genauso wie beim Bungee-Jumping, Fallschirm springen oder dem Sprung vom 10-m-Turm im Freibad. Wie du weißt hängt die Fallzeit von der Masse des fallenden Körpers und der Erdbeschleunigung ab. Zudem erfolgt im Allgemeinen eine Abbremsung durch den Luftwiderstand.

In diesem Versuch bestimmst du die höhenabhängigen Durchlaufzeiten eines Metallzylinders mit Hilfe zweier Lichtschranken, untersuchst die zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten und bestimmst daraus die Erdbeschleunigung.

## Aufgaben

PHYWE



1. Lass einen Metallzylinder aus der oberen Öffnung des Rohrs fallen und miss die Zeiten  $t_A$  und  $t_B$ , die der Zylinder jeweils benötigt, um die Lichtschranken zu durchqueren. Wiederhole den Versuch für verschiedene Höhendifferenzen zwischen den Lichtschranken.
2. Untersuchen Sie die Messdaten auf Gesetzmäßigkeiten, die Messgrößen, Durchlaufzeiten und Höhenunterschiede zwischen den Lichtschranken verknüpfen, und bestimmen Sie aus den Messwerten die Erdbeschleunigung.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	<a href="#">PHYWE Dreifuß, für 1 Stange, d ≤ 14 mm</a>	02002-55	1
2	<a href="#">Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm</a>	02037-00	1
3	<a href="#">Doppelmuffe, für Kreuz- oder T-Spannung</a>	02043-00	3
4	<a href="#">Cobra SMARTsense Photogate - Gabellichtschranke 0 ... ∞ s (Bluetooth)</a>	12909-00	1
5	<a href="#">Maßband, l = 2 m</a>	09936-00	1
6	<a href="#">measureAPP - die kostenlose Mess-Software für alle Endgeräte</a>	14581-61	1
7	<a href="#">Stiel 100 mm mit Gewinde M6</a>	329828	2
8	<a href="#">Metallzylinder</a>	02506-00	1
9	<a href="#">Kunststoffrohr</a>	03479-00	1

## Aufbau (1/6)

PHYWE

Zur Messung mit den **Cobra SMARTsense Sensoren** wird die **PHYWE measureAPP** benötigt. Die App kann kostenfrei im jeweiligen App Store (QR-Codes siehe unten) heruntergeladen werden. Bitte überprüfe vor dem Starten der App, ob auf deinem Gerät (Smartphone, Tablet, Desktop-PC) **Bluetooth aktiviert** ist.



iOS



Android



Windows

## Aufbau (2/6)

PHYWE



Benötigte Bauelemente



Schraube die kurze  
Stahlstange an die beiden  
Gabellichtschranken



## Aufbau (3/6)

PHYWE



Stativstangen an Stativfuß befestigen

- Baue das Stativ auf.
- Verschraube dazu die lange Stativstange und befestige sie senkrecht im Stativfuß.
- Befestige vier Doppelmuffen: Die beiden mittleren sollten möglichst eng beieinander sitzen (Abstand Kopf zu Kopf ca. 7,5 cm, die obere und die untere jeweils mit einem Abstand von ca. 20 cm zu einander).



Doppelmuffen an Stativstange befestigen

## Aufbau (4/6)

PHYWE

- Schraube dann die Universalklemme an die beiden mittleren Doppelmuffen.
- Befestige anschließend die Lichtschranke A an der oberen und die Lichtschranke B an der unteren Doppelmuffe.

**Hinweis:** Falls Lichtschranke A unten und B oben angebracht wird, würden sich die Durchlaufzeiten  $t_A$  und  $t_B$  umkehren.



Universalklemme an Doppelmuffen befestigen



Lichtschranken an Doppelmuffen befestigen

## Aufbau (5/6)

PHYWE

- Befestige das Kunststoffrohr mit Hilfe der beiden Universalklemmen.
- Achte darauf, dass das Kunststoffrohr zwischen den beiden Lichtschranken positioniert ist. Falls das nicht möglich ist, kann es nach oben oder unten verschoben werden. Anschließend die Klemmen festziehen.
- Achte darauf, dass das Rohr von oben gesehen mit dem Lichtstrahl der Lichtschranken in einer Flucht liegt.
- Überprüfe, ob das Rohr möglichst senkrecht zur horizontalen Ebene steht. Falls nicht, bitte justieren.



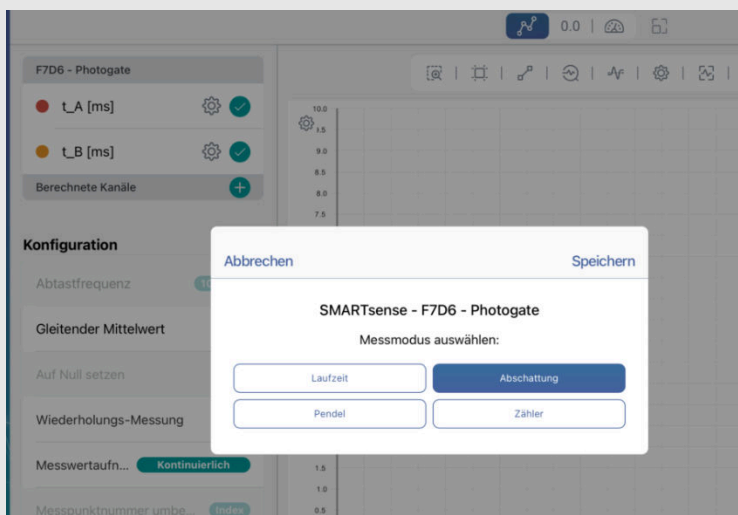
Kunststoffrohr an  
Universalklemme  
befestigen



Kunststoffrohr  
vertikal justieren

## Aufbau (6/6)

PHYWE



Auswahl des Messmodus in measureAPP

- Verbinde beide Lichtschranken mit dem Klinkenkabel und schalte sie ein.
- Wähle dann in der measureAPP im Menü „Sensor“ die Lichtschranke als Sensor aus.
- Im dann erscheinenden Menü wähle die Option „Abschattung“. Mit dieser Einstellung messen die Lichtschranken, wie viel Zeit der Zylinder jeweils benötigt, um an ihnen vorbeizugehen.
- Stelle zuletzt die digitale Messwertanzeige ein.

## Durchführung (1/2)

PHYWE



Versuchsaufbau

- Miss die Länge des Metallzylinders.
- Stelle mit Hilfe des Maßbandes den Abstand zwischen den mittleren Positionen der beiden Lichtschranke auf  $H = 20 \text{ cm}$  ein.
- Starte nun die Messung und lasse die Metallzylinder fallen.
- Trage die Durchlaufzeiten  $t_A$  und  $t_B$  in Tabelle 1 des Protokolls ein.
- Berechne aus den Messwerten mithilfe der Länge des Metallzylinders die Momentangeschwindigkeiten  $v_A$  und  $v_B$ , trage die Werte in Tabelle 1 des Protokolls ein.
- Berechne außerdem  $v_B^2 - v_A^2$  und trage diesen Wert ebenfalls ein.

## Durchführung (2/2)

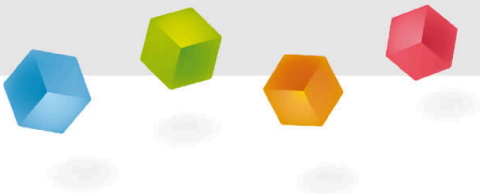
PHYWE



Versuchsaufbau

- Überprüfe, ob du bei wiederholten Messungen die gleichen Werte erhältst. Falls nicht, achte darauf, dass die Metallzylinder reibungslos durch das Kunststoffrohr fallen können.
- Wenn die Metallzylinder den Lichtstrahl der Lichtschranken nicht treffen, justiere die Fallstrecke und wiederhole die Messung, bis du ein reproduzierbares Ergebnis erhältst.
- Ändere anschließend den Abstand zwischen den mittleren Positionen der Lichtschranken nacheinander auf  $30 \text{ cm}$  und  $40 \text{ cm}$  und wiederhole die Messungen.
- Notiere alle resultierenden Messwerte in Tabelle 1 des Protokolls.

PHYWE



Protokoll

Tabelle 1

PHYWE

Trage deine Messwerte in die Tabelle ein.

$H \text{ [cm]}$	$t_A \text{ [s]}$	$t_B \text{ [s]}$	$v_A \text{ [m/s]}$	$v_B \text{ [m/s]}$	$(v_B^2 - v_A^2) \text{ [m}^2\text{/s}^2\text{]}$
20					
30					
40					

## Aufgabe 1

PHYWE

$t$  ist die Zeitdifferenz, die der Metallzylinder benötigt, um die beiden Lichtschranken zu passieren.

Idealerweise gilt für gleichmäßig beschleunigte Bewegung:

$$H = \frac{(v_A + v_B)t}{2}$$

$$t = \frac{v_B - v_A}{g}$$

Aus den beiden linken Formeln lässt sich die Erdbeschleunigung  $g$  bestimmen:

☐  $g = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2H}$

☐  $g = \frac{v_B - v_A}{2H}$

☐  $g = \frac{v_B - v_A}{H}$

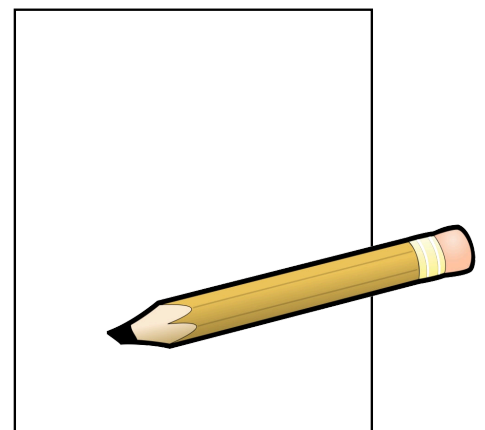
☐  $g = \frac{v_B^2 - v_A^2}{H}$

✓ Überprüfen

## Aufgabe 2

PHYWE

Nimm Dir nun ein Blatt Papier zur Hand, auf dem du ein Diagramm erzeugst. In diesem Diagramm stellst du  $v_B^2 - v_A^2$  ( $y$ -Achse) in Abhängigkeit von der Höhe  $H$  ( $x$ -Achse) dar.



## Aufgabe 3

PHYWE

Zu Tabelle 1 wurde ein Graph erstellt, in dem  $v_B^2 - v_A^2$  gegen Höhenunterschied  $H$  zwischen den Lichtschranken aufgetragen wurde. Du solltest einen ordentlichen linearen Zusammenhang erhalten. Untersuche die Dimension der Steigung  $k$  der Ursprungsgerade, also des Proportionalitätsfaktors zwischen  $v_B^2 - v_A^2$  und Höhenunterschied  $H$ , wähle die richtige Einheit aus!

- ☐  $[k] = \text{N/m}^2$  - ein Druck.
- ☐  $[k] = \text{m/s}$  - eine Geschwindigkeit.
- ☐  $[k] = \text{m/s}^2$  - eine Beschleunigung.

☒ Überprüfen

## Aufgabe 4

PHYWE

Wie sähe ein Diagramm aus, in dem die gesamte Fallhöhe  $h$  gegen die gesamte Fallzeit  $t$  des freien Falls aufgetragen wäre?

- ☐ Es ergäbe sich ein wurzelförmiger Verlauf.
- ☐ Es ergäbe sich eine verschobene Parabel.
- ☐ Es ergäbe sich eine Ursprungsgerade.
- ☐ Es ergäbe sich eine Parabel durch den Ursprung.

☒ Überprüfen

## Aufgabe 5

PHYWE

Berechne den Zahlenwert der Steigung  $k$  aus der Ursprungsgeraden und trage ihn unten ein.

$$k = \boxed{\phantom{000}} \text{ m/s}$$

Aus Aufgabe 1 wissen wir, dass der Faktor  $k$  ein Vielfaches der Erdbeschleunigung ist. Berechne mit diesen Informationen die Erdbeschleunigung  $g$  und trage den Wert in das entsprechende Fenster ein.

$$g = \boxed{\phantom{000}} k = \boxed{\phantom{000}} \text{ m/s}^2$$

Folie

Punktzahl/Summe

Folie 21: Rückschlüsse des Messwerte

0/1


Folie 23: Rückschlüsse des Diagramms

0/1

Folie 24: Überlegung zu  $h(t)$ 

0/1

Gesamtsumme

 0/3 Lösungen Wiederholen Text exportieren