

Newton'sche Grundgleichung: Beschleunigung als Funktion der Kraft mit dem Timer 2-1



Physik

Mechanik

Energieerhaltung & Impuls



Schwierigkeitsgrad

schwer



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

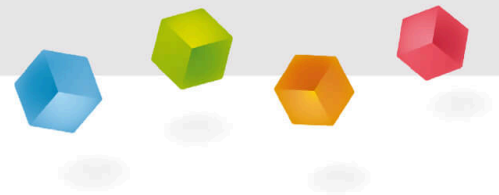
20 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f20084aa680cb0003fd1db8>

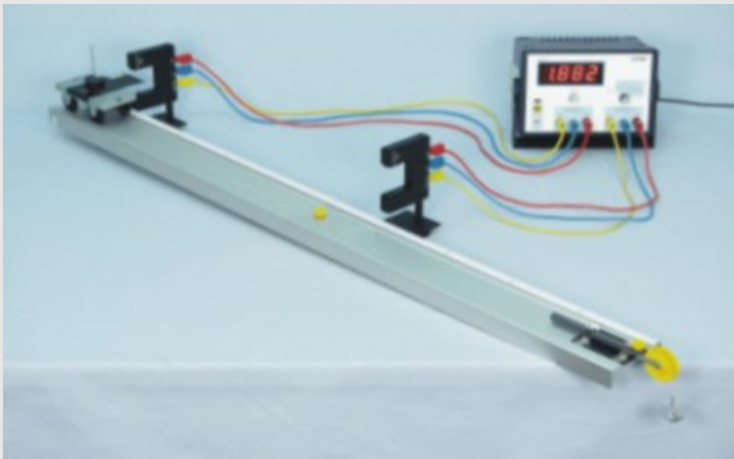
PHYWE

Lehrerinformationen



Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Die newtonsche Bewegungsgleichung, oder auch 2. Newtonsches Axiom genannt, stellt eine fundamentale Gleichung in der Mechanik dar. Mit Hilfe dieser Gleichung lassen sich Systeme der Mechanik in Raum und Zeit vollständig beschreiben.

Sie besagt, dass das Produkt einer Masse m und Beschleunigung a der erforderlichen Kraft F entspricht.

$$F = m \cdot a$$

Sie findet überall dort Anwendung, wo Kräfte auf Körper mit Massen wirken.

Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten mit den Begriffen Beschleunigung, Kraft und Geschwindigkeit vertraut sein. Zudem sollten die Schüler in der Lage sein, mathematisch die Steigung einer Geraden und deren Dimension bestimmen zu können.

Prinzip



Der Messwagen auf der Fahrbahn wird mit Hilfe der Umlenkrolle und des Fadens durch die Gravitationskraft gleichmäßig beschleunigt. Dabei errechnet sich der konkrete Wert der Beschleunigung a aus der Zugkraft F und der beschleunigten Wagenmasse m aus dem 2. Newtonschen Axiom:

$$a = F/m$$

Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



In diesem Versuch sollen die Schüler experimentell auf die vereinfachte Formulierung des 2. Newtonschen Axioms $F = m \cdot a$ hingeführt werden.

Aufgaben



1. Die Schüler beschleunigen einen Wagen bekannter Masse auf einer Fahrbahn mit Hilfe einer angehängten Masse und messen die Fahrzeit t , die der Wagen für eine Strecke s von 50 cm benötigt. Dabei wird das Zuggewicht schrittweise erhöht.
2. Anschließend werten sie die Messdaten aus und erhalten einen linearen Zusammenhang zwischen Kraft und Beschleunigung, aus dem sie die Steigung und deren Dimension bestimmen.

Sicherheitshinweise

PHYWE



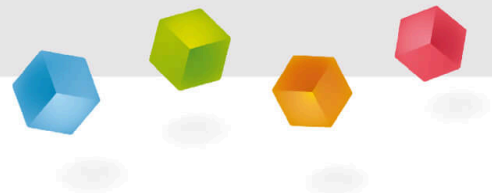
Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Allgemeine Hinweise

Zum Justieren der Bahnneigung (zur Reibungskompensation) kann eine zweite Lichtschranke hinzugenommen werden: Wagen anstoßen, Abschattzeit der ersten Lichtschranke messen. Messwert zurücksetzen, bevor der Wagen an der zweiten Lichtschranke ankommt, zweite Abschattzeit messen. Mit der ersten Zeit vergleichen.

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Raketenstart

Die newtonsche Bewegungsgleichung, oder auch 2. Newtonsches Axiom genannt, stellt eine fundamentale Gleichung in der Mechanik dar, mit deren Hilfe sich mechanische Systeme in Raum und Zeit vollständig beschreiben lassen.

Sie besagt, dass das Produkt einer Masse m und Beschleunigung a der erforderlichen Kraft F entspricht und findet überall dort Anwendung, wo Kräfte auf Körper mit Massen wirken. Soll beispielsweise eine Rakete starten, so muss mit Hilfe des Triebwerks eine so große Kraftwirkung erzeugt werden, dass sie dauerhaft und um ein Vielfaches die Erdbeschleunigung überwindet.

In diesem Versuch gelangst du experimentell zum 2. Newtonschen Axiom: $F = m \cdot a$.

Aufgaben

PHYWE



1. Lass den Messwagen mit Hilfe von verschiedenen angehängten Massen über die Fahrbahn beschleunigen und miss die Zeiten t , die der Wagen für eine vorgegebene Fahrstrecke s benötigt.
2. Werte die Messdaten mit Hilfe eines erstellten Diagramms aus, in dem die Beschleunigung des Wagens in Abhängigkeit von der Zugkraft aufgetragen ist und bestimme die Steigung k der resultierenden Kurve und deren Dimension.

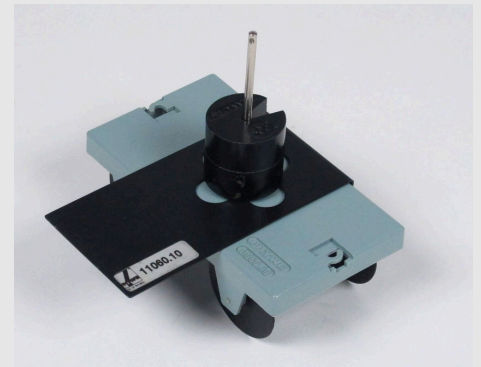
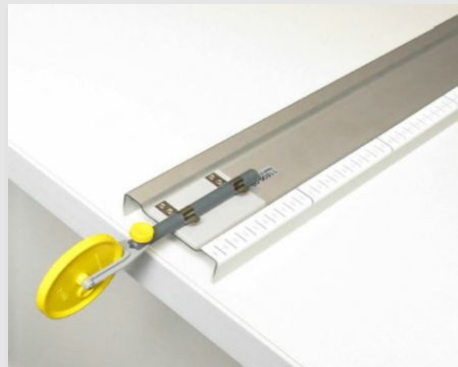
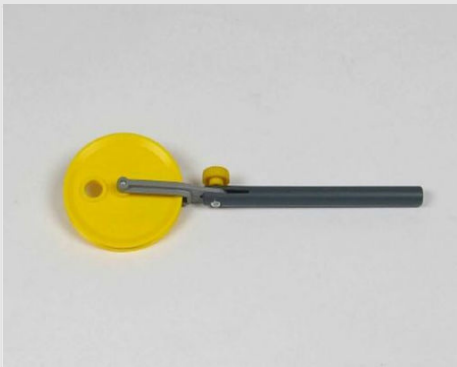
Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Mess- und Experimentierwagen	11060-00	1
2	Abschattblende für Messwagen	11060-10	1
3	Haltebolzen	03949-00	1
4	Bindfaden, Polyester, auf Röllchen, l = 200 m	02412-00	1
5	Gewichtsteller, silberbronziert, 1 g	02407-00	1
6	Schlitzgewicht, blank, 1 g	03916-00	4
7	Schlitzgewicht, schwarzlackiert, 10 g Bauart PHY	02205-01	4
8	Schlitzgewicht, schwarzlackiert, 50 g Bauart PHY	02206-01	3
9	Rolle, lose, d = 40 mm, mit Lasthaken	03970-00	1
10	Stiel für Rolle	02263-00	1
11	PHYWE Timer 2-1	13607-99	1
12	Gabellichtschränke compact	11207-20	2
13	Adapterplatte für Gabellichtschränke compact	11207-22	2
14	Verbindungsleitung, 32 A, 1000 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07363-01	2
15	Verbindungsleitung, 32 A, 1000 mm, gelb Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07363-02	2
16	Verbindungsleitung, 32 A, 1000 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07363-04	2
17	Fahrbahn, l = 900 mm	11606-00	1

Aufbau (1/5)

PHYWE

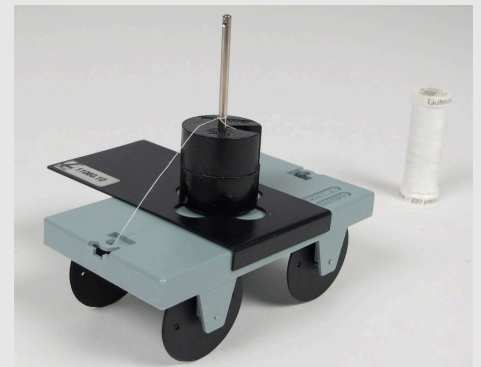
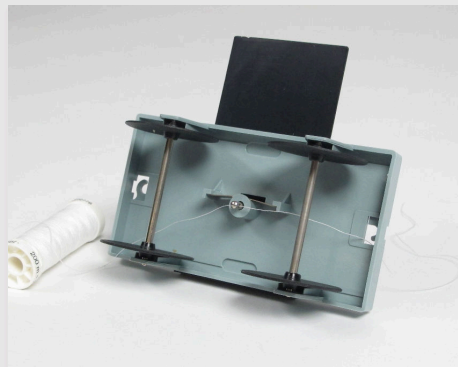
Verbinde die Umlenkrolle mit dem Haltestiel und schiebe den Stiel dann vorsichtig unter die Halteklammern am Ende der Fahrbahn. Hebe dazu die Halteklammern leicht mit den Fingern an. Positioniere die Fahrbahn am Ende vom Tisch, so dass die Rolle frei drehen kann. Nimm den Messwagen, befestige daran den Haltebolzen, die Abschattblende und zwei 50 g Massen.



Aufbau (2/5)

PHYWE

Neige die Bahn so, dass der leicht angeschobene Wagen mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit weiterrollt. Stelle dazu die Stellschraube am anderen Ende der Fahrbahn auf Schlitzgewichte und justiere mit ihr die Steigung. Führe dann das Ende der Nähseide durch das Loch des Haltebolzens an der Unterseite des Wagens, führe es rückseitig durch auf die Oberseite des Wagens und knote es an den Haltebolzen.



Aufbau (3/5)

PHYWE



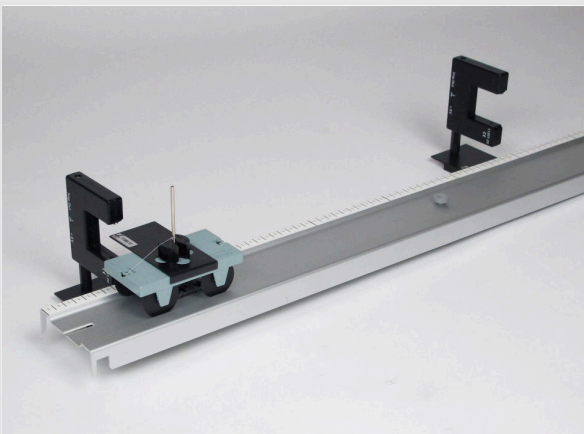
Fadenende an Gewichtsteller festknoten

Knote das andere Ende an den 1-g-Gewichtsteller und wähle dabei die Fadenlänge so, dass der Gewichtsteller erst auf dem Fußboden aufkommt, nachdem der Wagen die weiter unten aufgestellte Lichtschranke passiert hat.

Lege nun den Faden, der den Messwagen mit dem Gewichtsteller verbindet, über die Rolle. Dabei soll der Faden oberhalb der Achse des Wagens und parallel zur Fahrbahn verlaufen.

Aufbau (4/5)

PHYWE



Adapterplatten mit Lichtschranken verbinden

Verbinde die Adapterplatten (ggf. jeweils mit einem Distanzbolzen) so mit den Gabellichtschranken, dass sich diese gut neben der Fahrbahn aufstellen lassen und die Blende am Wagen durch die Lichtschranken hindurch laufen kann, ohne an diesen anzustoßen.

Stelle die erste Lichtschranke etwa bei der 8,2-cm-Marke am Maßband vom oberen Ende der Fahrbahn aus gemessen auf und positioniere die zweite Lichtschranke in einem Abstand von 50 cm zur ersten. Der Messwagen soll beim Starten mit der Fahrbahn abschließen ohne die erste Lichtschranke zu unterbrechen. Korrigiere falls nötig die Position der Lichtschranken entsprechend.

Aufbau (5/5)

PHYWE



Lichtschranken mit dem Zeitmessgerät verbinden

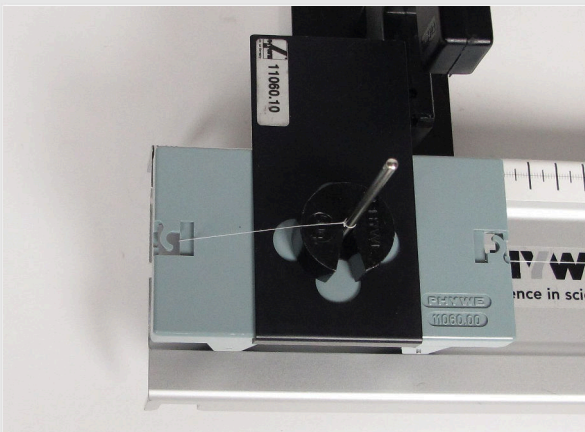
Verbinde beide Lichtschranken mit dem Zeitmessgerät.

Stelle am Zeitmessgerät den Schiebeschalter über dem Feld "Start" in die rechte Position.

Stelle den Drehschalter am Zeitmessgerät auf die dritte Position von links. Dann zeigt das Gerät die Zeit an, die zwischen dem Unterbrechen der ersten und der zweiten Lichtschranke verstrichen ist.

Durchführung (1/2)

PHYWE

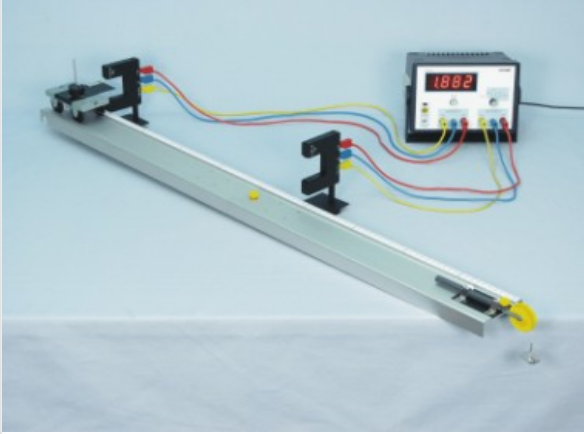


Wagen am oberen Ende der Fahrbahn

- Schiebe den Messwagen an das obere Ende der Fahrbahn. Der Wagen soll mit dem Fahrbahnde von oben gesehen abschließen.
- Achte darauf, dass die Lichtschranke noch nicht unterbrochen ist.
- Prüfe, ob der Faden wirklich über die Umlenkrolle läuft und sich diese frei drehen lässt.
- Drücke vor jeder Messung den "Reset" Knopf am Timer 2-1.
- Lass nun den Wagen ohne ihn anzustoßen los und fange ihn hinter der zweiten Lichtschranke auf.

Durchführung (2/2)

PHYWE



Versuchsaufbau mit Wagen am oberen Ende der Fahrbahn

- Lies die Fahrzeit t ab und notiere den Wert in Tabelle 1 im Protokoll.
- Erhöhe das Zuggewicht, indem du für jeden weiteren Durchlauf ein weiteres 1-g-Schlitzgewicht auf den Gewichtsteller legst, bis sich schließlich alle vier Gewichte auf dem Teller befinden und die Gesamtmasse damit 5 g beträgt.
- Prüfe vor jedem Start, ob der Faden über die Rolle läuft und achte darauf, dass die Start-Lichtschanke erst nach dem Loslassen des Messwagens unterbrochen wird.

PHYWE

Protokoll

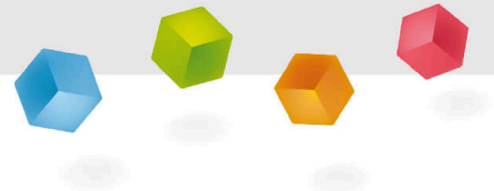


Tabelle 1

PHYWE

Trage deine die gemessenen Fahrzeiten t sowie deren quadrierten Werte t^2 in die Tabelle ein.

Berechne sowohl die Gewichtskraft $F_G [N]$ der Beschleunigungsmasse m_G als auch die Beschleunigung a des Wagens. Verwende für letztere die Formel der gleichmäßigen Beschleunigung $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$:

$$F_G = m_G \cdot g$$

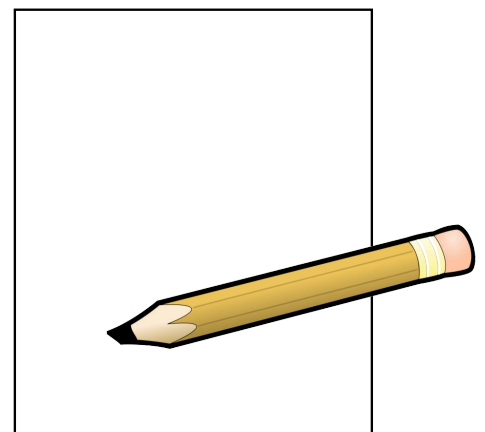
$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

$m [g]$	$t [s]$	$t^2 [s^2]$	$F_G [N]$	$a [m/s^2]$
1				
2				
3				
4				
5				

Aufgabe 1

PHYWE

Nimm Dir nun ein Blatt Papier zur Hand, auf dem du ein Diagramm erzeugst. In diesem Diagramm stellst du die Beschleunigung a (y -Achse) in Abhängigkeit der Zugkraft F_G (x -Achse) dar.



Aufgabe 2

PHYWE

Bestimme die Gesamtmasse m_W des Messwagens mit Gewicht und trage den Wert in Kilogramm auf 10 g gerundet in das Fenster ein.

Die dafür nötigen Massen betragen: Leerer Messwagen 42 g, Abschattblende 10 g, Haltebolzen 7 g.

$m_W =$ g

Bestimme die Steigung k der Geraden aus dem Diagramm und ermittle ihre Dimension.

Bestimme zusätzlich den Kehrwert $1/k$.

$k =$

$1/k =$

Aufgabe 3

PHYWE

Im Diagramm zur Tabelle 1 wird die Beschleunigung a in Abhängigkeit von der Zugkraft F_G dargestellt. Ziehe die Wörter an die richtigen Stellen.

Je größer die Kraft F_G , desto die Beschleunigung a bei konstanter Masse. Die Beschleunigung a ist zu der Zugkraft F_G .

proportional

kleiner

größer

Nicht benötigt:

✓ Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

Im Diagramm zur Tabelle 1 wird die Beschleunigung a in Abhängigkeit von der Zugkraft F_G dargestellt. Ziehe die Wörter an die richtigen Stellen.

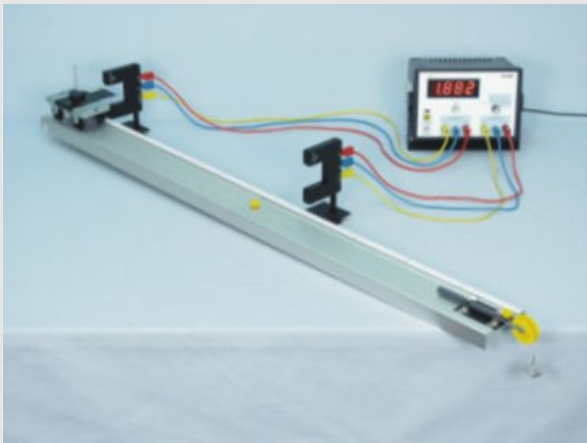
Je größer die Kraft F_G , desto die Beschleunigung a bei konstanter Masse. Die Beschleunigung a ist zu der Zugkraft F_G .

Nicht benötigt:

☒ Überprüfen

Aufgabe 4

PHYWE



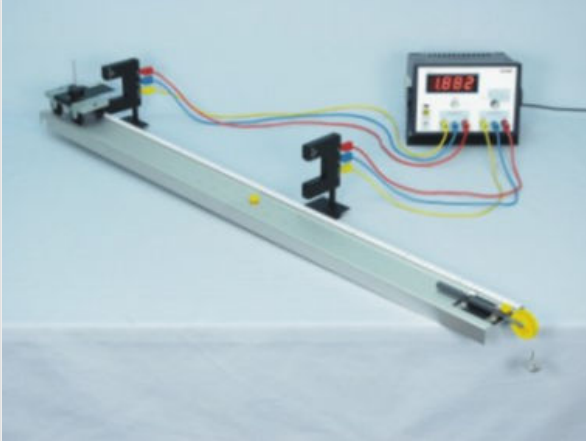
Versuchsaufbau

Welche Einheit hat die Steigung k der Geraden des Beschleunigungs-Kraft-Diagramms.

☐ $[k] = kg/m$ ☐ $[k] = 1/kg$ ☐ $[k] = kg$ ☐ $[k] = m/s$ ☒ Überprüfen

Aufgabe 5

PHYWE



Versuchsaufbau

Welche Einheit hat der Kehrwert $1/k$ der Steigung der Geraden aus dem Diagramm?

☐ $1/k = [kg].$

☐ $1/k = [1/kg].$

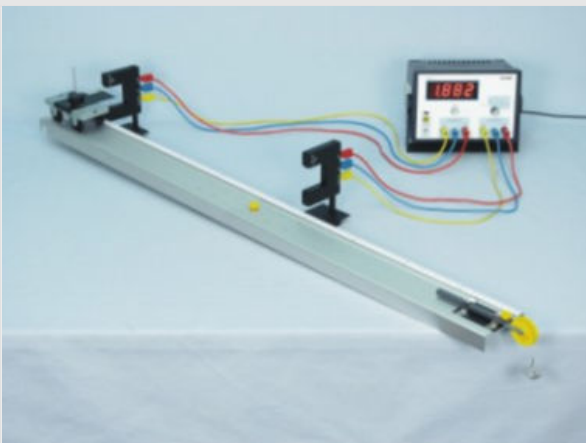
☐ $1/k = [m^2].$

☐ $1/k = [m/N].$

☒ Überprüfen

Aufgabe 6

PHYWE



Versuchsaufbau

Welche der folgenden Gleichungen ergibt sich aus dem Diagramm mit dem gefundenen Proportionalitätsfaktor k und der Erkenntnis aus der vorherigen Frage?

☐ $F = m/a$

☐ $F = m \cdot a$

☐ $F = m \cdot a^2$

☒ Überprüfen