

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



Physik

Mechanik

Energieerhaltung & Impuls



Schwierigkeitsgrad

schwer



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

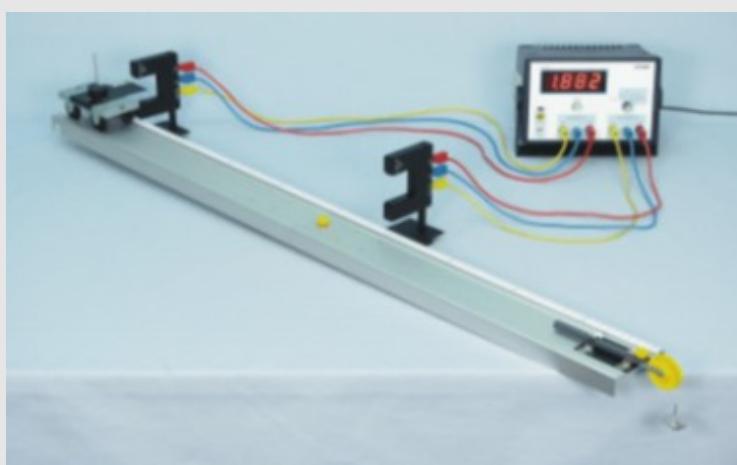
This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f200881a680cb0003fd1dbe>



Lehrerinformationen

Anwendung



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 veränderlicher Masse m auf einer Fahrbahn mit Hilfe einer angehängten konstanten Zugmasse m_z und messen die Fahrzeit t , die der Wagen für eine Strecke s von 50 cm benötigt. Dazu erhöhen die Schüler die gesamte beschleunigte Masse (Wagenmasse + Zugmasse) schrittweise von 65 g bis auf 185 g.
2. Anschließend werten sie die Messdaten aus und erhalten einen linearen Zusammenhang zwischen Beschleunigung und beschleunigter Masse, aus dem sie die Steigung und deren Dimension bestimmen.

Sicherheitshinweise



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, Abschattzeiten der beiden Lichtschranken messen. Beide Messwerte (Abschattzeiten) vergleichen und bei Bedarf die Bahnneigung anpassen.

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 bei konstanter Zugkraft aber mit variierender Gesamtmasse über die Fahrbahn beschleunigen und miss die Zeiten t , die der Wagen für die vorgegebene Fahrstrecke s benötigt.
2. Werte die Messdaten mit Hilfe eines Diagramms aus, in dem die Beschleunigung a des Wagens in Abhängigkeit vom Kehrwert der beschleunigten Masse $1/m$ aufgetragen ist und bestimme die Steigung k der resultierenden Kurve und deren Dimension.

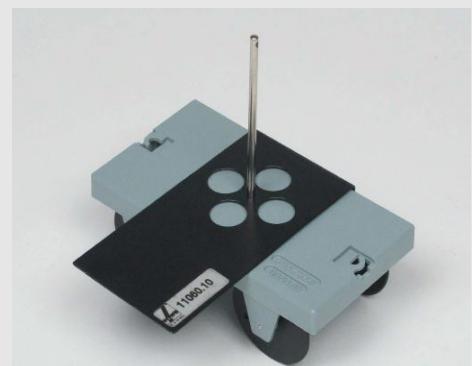
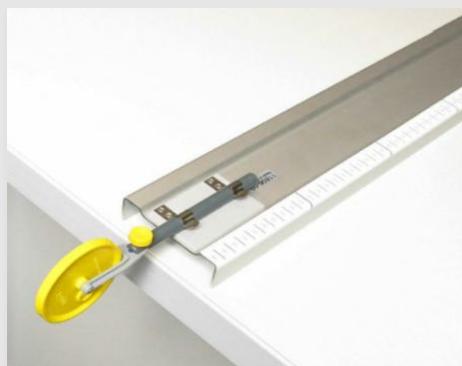
Material

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 Lsthaken	03970-00	1
10	Stiel für Rolle	02263-00	1
11	PHYWE Timer 2-1	13607-99	1
12	Gabellichtschanke compact	11207-20	2
13	Adapterplatte für Gabellichtschanke 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

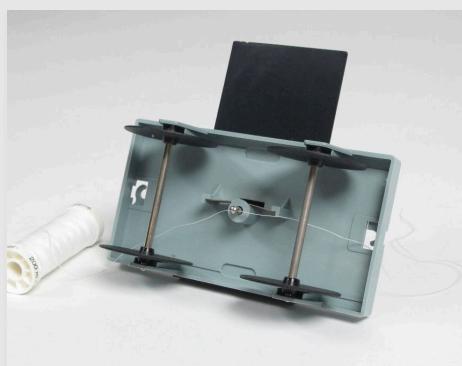
Verbinde die Umlenkrolle mit dem Haltestiel und schiebe den Stiel dann vorsichtig unter die Halteklemmen am Ende der Fahrbahn. Hebe dazu die Halteklemmen leicht mit den Fingern an. Positioniere die Fahrbahn am Ende vom Tisch, so dass die Rolle frei drehen kann. Nimm den Messwagen und befestige daran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



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

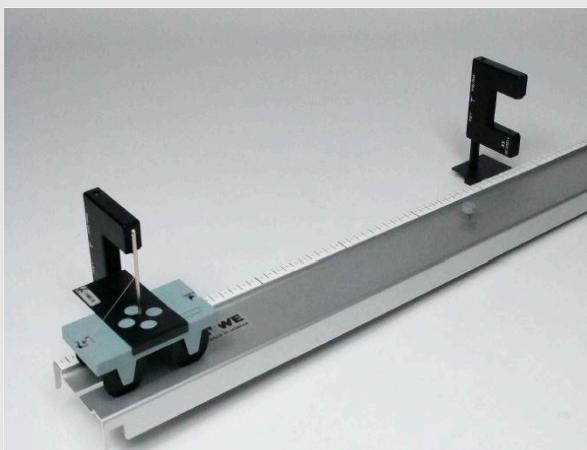
Knote das andere Ende an den 1-g-Gewichtsteller und wähle dabei die Fadenlänge so, dass der Gewichtsteller erst auf dem Fußboden aufkommt, nachdem der Wagen die weiter unten aufgestellte Lichtschanke passiert hat.

Beschwere den Gewichtsteller mit insgesamt vier 1-g-Schlitzgewichten, so dass die Gesamtzugmasse 5 g beträgt.

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 Lichtschanken verbinden

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

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

Aufbau (5/5)

PHYWE



Lichtschranken mit dem Zeitmessgerät verbinden

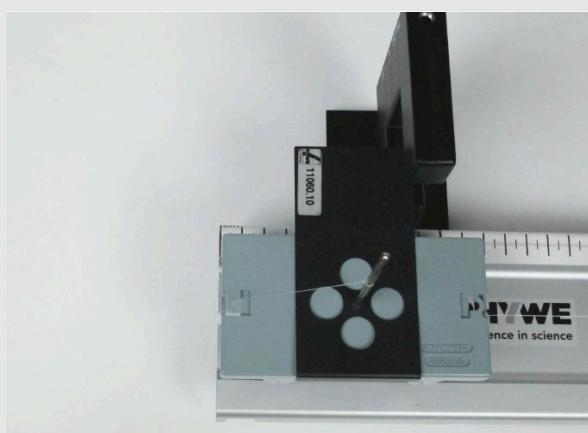
Verbinde beide Lichtschranken mit dem Zeitmessgerät.

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

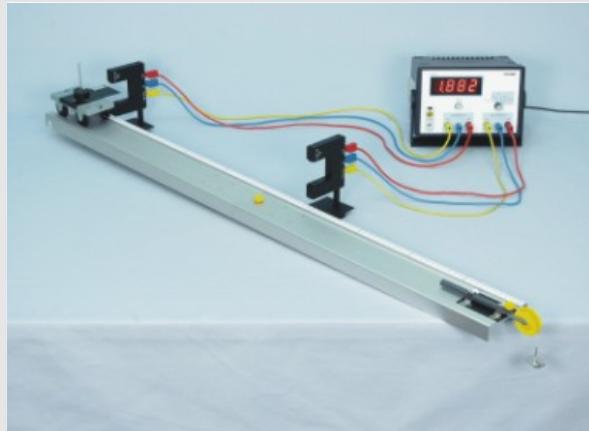


Wagen am oberen Ende der Fahrbahn

- Schiebe den Messwagen an das obere Ende der Fahrbahn. Der Wagen soll mit dem Fahrbahnende 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 die Masse m (Wagenmasse + Zugmasse), die beschleunigt wird, von 65 g (Wagen ohne Gewichte + Zugmasse) nacheinander auf 85 g, 115 g, 135 g, 165 g, 185 g mit Hilfe der 10-g- und 50-g-Schlitzgewichten.
- Prüfe vor jedem Start, ob der Faden über die Rolle läuft und achte darauf, dass die Start-Lichtschranke 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 den Kehrwert der Masse $1/m$ als auch die Beschleunigung a des Wagens. Verwende für letztere die Formel der gleichmäßigen Beschleunigung $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$:

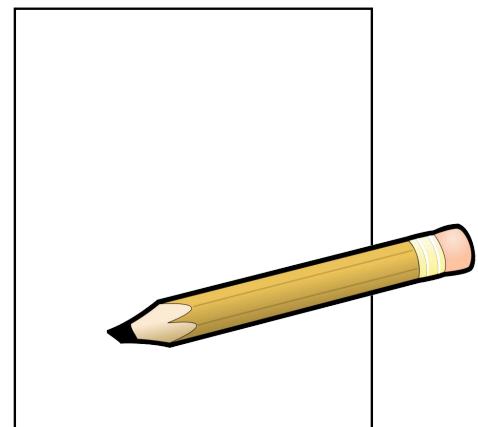
$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

m [g]	t [s]	t^2 [s^2]	$1/m$ [1/kg]	a [m/s^2]
65				
85				
115				
135				
165				
185				

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 des Kehrwertes der Masse $1/m$ (x -Achse) dar.



Aufgabe 2

PHYWE

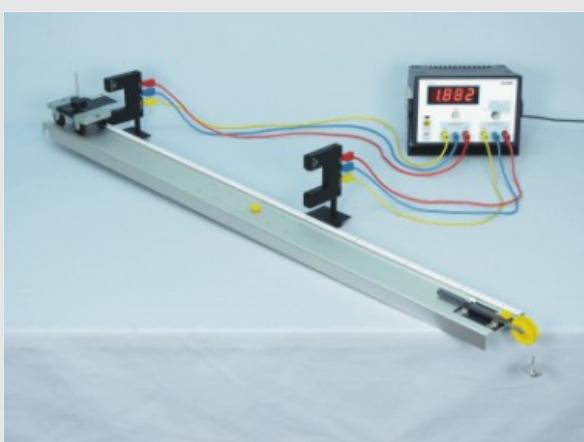
Im Diagramm wurde die Beschleunigung a gegen den Kehrwert der beschleunigten Masse $1/m$ aufgetragen. Welche Aussagen lassen sich aus dem Diagramm entnehmen?

- Je größer die beschleunigte Masse, desto stärker die Beschleunigung.
- Die Beschleunigung ist zu der beschleunigten Masse proportional.
- Bei einer (theoretisch) unendlich großen Masse wäre die Beschleunigung Null.
- Je kleiner die beschleunigte Masse, desto größer die Beschleunigung.
- Beschleunigung und Kehrwert der Masse sind zueinander proportional.

Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE



Versuchsaufbau

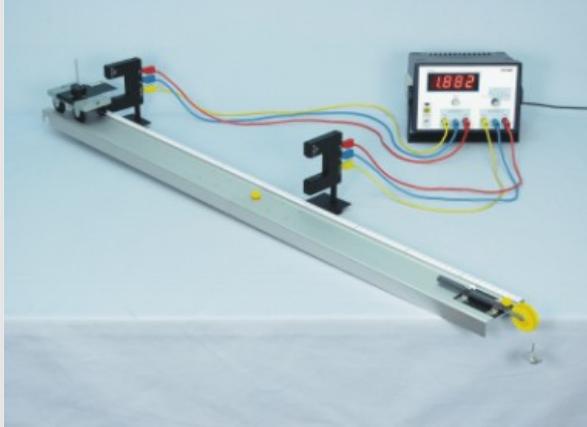
Bestimme die Steigung k der Geraden aus dem Diagramm und ermittel ihre Dimension.

$$k =$$

--	--

Aufgabe 4

PHYWE



Versuchsaufbau

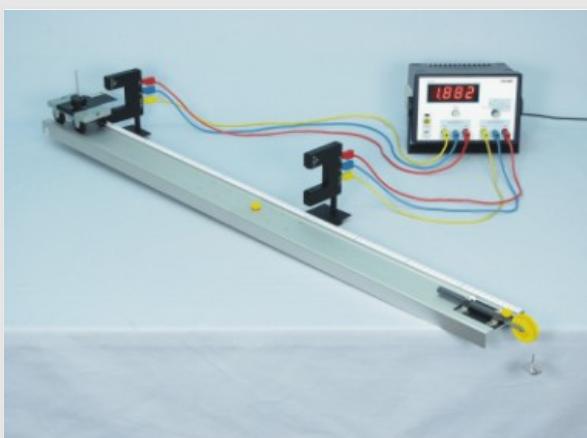
Ermittle die Dimension der Steigung k des linearen Verlaufs aus dem Diagramm und wähle die richtige Einheit aus!

- $[k] = kg$
- $[k] = kg \cdot m/s^2 = N$
- $[k] = kg \cdot m^2/s^2 = Nm$
- $[k] = N/m^2 = Pa$

Überprüfen

Aufgabe 5

PHYWE



Versuchsaufbau

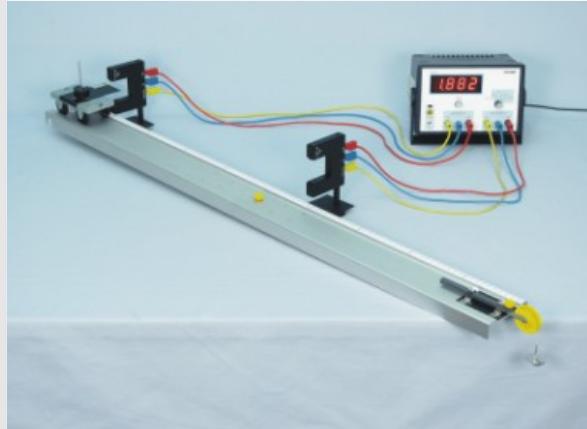
Vergleiche die gefundene Steigung k mit der Zugkraft $F = 5g \cdot 9,81 m/s^2 = 0,049 N$. Was kannst Du feststellen?

- $k = F$
- $k \gg F$
- $k = 2 \cdot F$
- $k \ll F$

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?

$F = m \cdot a$

$F = m \cdot a^2$

$F = m/a$

✓ Überprüfen

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 20: Beziehung zwischen a und $1/m$

0/3

Folie 22: Einheit von k

0/1

Folie 23: Vergleich von k und F

0/1

Folie 24: Gleichung

0/1

Gesamtsumme

0/6

Lösungen

Wiederholen

Text exportieren