

Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit SMARTsense (Artikelnr.: P1003969)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Sehr schwer

Vorbereitungszeit



20 Minuten

Durchführungszeit



20 Minuten

empfohlene Gruppengröße



2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

- Tablet

Versuchsvarianten:

- Schülerversuch klassisch: Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung (P1003900)
- Schülerversuch klassisch: Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit dem Timer 2-1 (P1003905)

Schlagwörter:

Beschleunigung, Weg-Zeit-Diagramm, Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm, schiefe Ebene, Momentangeschwindigkeit, Lichtschranke

Lehrerinformationen

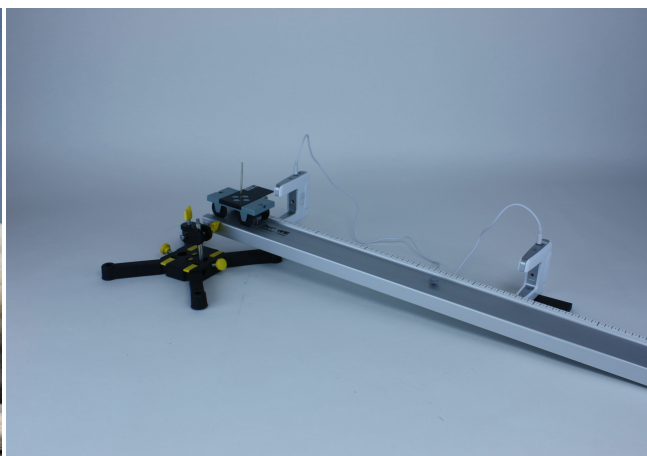
Einführung

Anwendung

Die beschleunigte Bewegung begegnet uns überall dort im Alltag, wo sich Geschwindigkeiten ändern. Ein Beispiel sind Fahrzeuge im Verkehr, die z. B. vor einer Ampel bremsen und bei Grün wieder Gas geben – also beschleunigen. Wer schon mal mit einem Flugzeug geflogen ist, wird das Gefühl einer kräftigen Beschleunigung beim Starten kennen. Eine noch viel stärkere Beschleunigung erfahren Astronauten beim Start ihrer Rakete.



Große Beschleunigung bei einem Raketenstart



Versuchsaufbau

Lernziel

In diesem Versuch sollen die Schüler die Beschleunigung am Beispiel einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung untersuchen und die Bewegungsgesetze in Form von Diagrammen erfassen.

Aufgaben

1. Im ersten Versuchsteil lassen die Schüler den Experimentierwagen eine schiefe Ebene hinabrollen und messen jeweils die

- Fahrzeiten, die der Wagen für verschiedene Wegstrecken braucht, wobei eine Lichtschranke unverändert am Startpunkt des Wagens positioniert bleibt.
2. Im zweiten Versuchsteil messen die Schüler die Abschattzeiten der hinteren Lichtschranke für die verschiedenen Streckenendpunkte. Hieraus werden die Momentangeschwindigkeiten berechnet.
 3. Im Protokoll werten die Schüler die Messdaten aus.

Vorwissen

Die Schüler sollten wissen, wie man Geschwindigkeiten berechnet und wie man Weg-Zeit- und Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme liest und erstellt.

Prinzip

Der Messwagen erfährt auf der schiefen Ebene eine aus dem Schwerfeld der Erde resultierende konstante Hangabtriebskraft, die den Wagen gleichmäßig beschleunigt.

Hinweis

Um die von PHYWE gemessenen Zeiten reproduzieren zu können, ist es wichtig, auf die richtige Steigung der Fahrbahn zu achten.

Außerdem muss überprüft werden, ob die Messwagen alle reibungsarm über die Fahrbahn rollen.

Sicherheitshinweise

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

Versuch: Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit SMARTsense (Artikelnr.: P1003969)

Einführung

Anwendung und Aufgabe

Welchen Gesetzen gehorcht eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung?

Einführung

Du weist schon, wie man Geschwindigkeiten messen und berechnen kann, und Du kennst den Begriff "Beschleunigung" zumindest aus der Alltagssprache.

Das Gefühl einer starken Beschleunigung kennst Du bestimmt aus einem Besuch im Freizeitpark oder vom Start eines Passagierflugzeuges.

Aber auch das Abbremsen stellt eine Beschleunigung dar!

In diesem Versuch lernst Du nun an der schiefen Ebene, wie man die Beschleunigung eines Fahrzeuges einfach messen kann.

Anwendung

Die Beschleunigung begegnet uns überall dort, wo sich die Geschwindigkeit eines Körpers ändert.

Ein klassisches Beispiel ist das Abbremsen und Anfahren mit dem Auto.

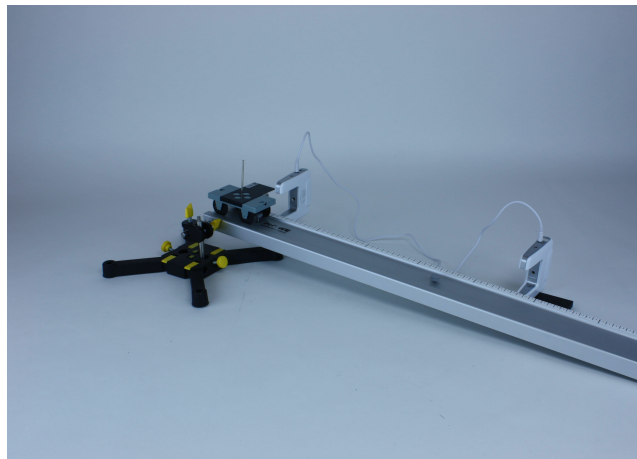
Bei einem Raketenflug wirken auf die Astronauten große Kräfte, da die Beschleunigungen ziemlich groß sind.



Große Beschleunigung beim Start einer Rakete

Aufgaben

1. Lasse den Experimentierwagen die schiefe Ebene hinabrollen und miss vom Startpunkt aus seine Fahrzeiten für verschiedene Fahrstrecken!
2. Miss nun die Abschattzeiten der Lichtschranke an den Streckenendpunkten und berechne daraus mit der Breite der Abschattblende die Momentangeschwindigkeiten des Wagens!



Versuchsaufbau

Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
2	Fahrbahn, l = 900 mm	11606-00	1
3	Maßstab, l = 500 mm, selbstklebend	03005-00	2
4	Mess- und Experimentierwagen	11060-00	1
5	Abschattblende für Messwagen	11060-10	1
6	Haltebolzen	03949-00	1
7	Schlitzgewicht, schwarzlackiert, 50 g	02206-01	1
8	Cobra SMARTsense - Photogate, 0 ... ∞ s	12909-00	2
9	Adapterplatte für Gabellichtschranke compact	11207-22	2
10	Stativstange Edelstahl mit Bohrung, l = 100 mm	02036-01	1
11	Stativstange Edelstahl 18/8, l = 250 mm, d = 10 mm	02031-00	1
12	Doppelmuffe	02043-00	1
13	Stativfuß, variabel	02001-00	1

Aufbau und Durchführung

Aufbau

Nimm den Experimentierwagen, befestige daran den Haltebolzen und lege darauf die Abschattblende und das 50-g-Schlitzgewicht (Abb. 1).

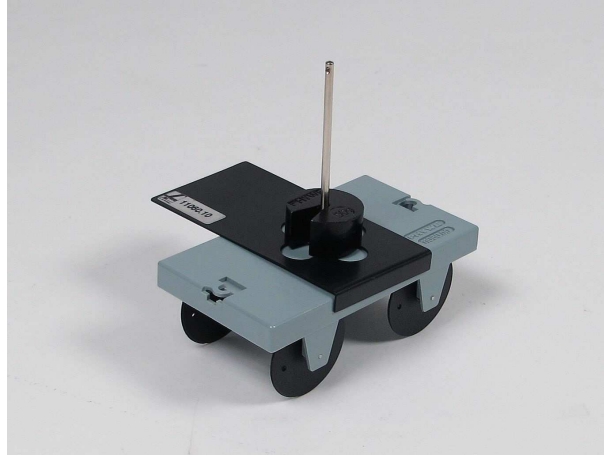


Abb. 1

Befestige am Stativfuß die kürzere Edelstahlstange, daran die Doppelmuffe und an dieser, senkrecht zur kürzeren Stange, die längere Edelstahlstange und lege das passende Ende der Fahrbahn darauf (Abb. 2).



Abb. 2

Befestige die beiden Gabellichtschranken mit je zwei Distanzbolzen so an den Adapterplatten, dass sich die Lichtschranken gut im oberen Bereich der Fahrbahn an dieser aufstellen lassen (Abb. 3).

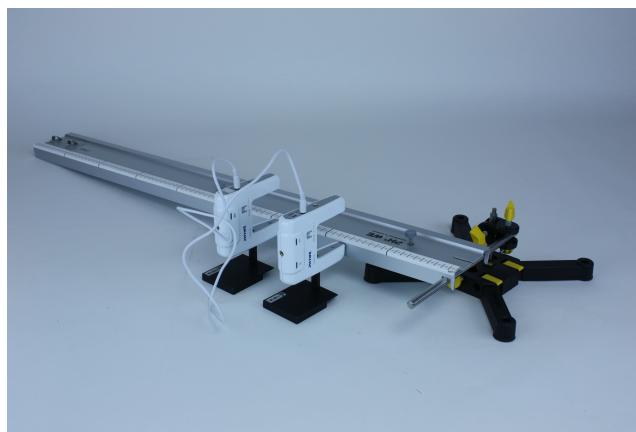


Abb. 3.

Stelle eine der Lichtschranken etwa auf die 8,2-cm-Marke des Maßbandes an der Fahrbahn (orientiere Dich dabei an der

Mittelnahrt der Lichtschranke). Wenn sich nun der Messwagen am oberen Ende der Fahrbahn befindet, sollte die Lichtschranke gerade noch nicht unterbrochen sein.

Korrigiere nun die Steigung der Fahrbahn an der Doppelmuffe so, dass die Blende des Experimentierwagens gerade noch ohne anzustoßen unter der oberen Kante der Lichtschranke hindurch fahren kann (Abb. 4).

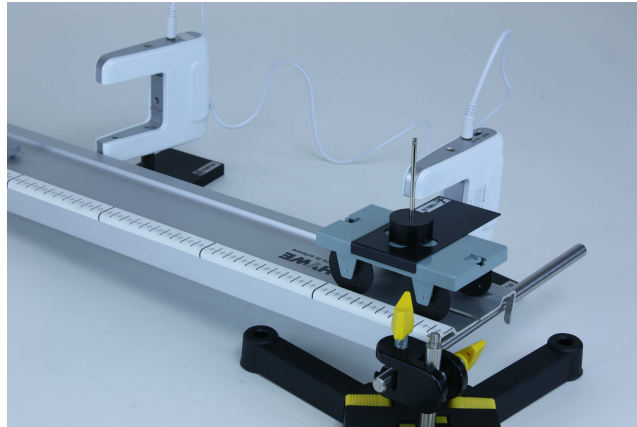


Abb. 4.

Achte darauf, dass die mit "B" bezeichnete Lichtschranke die hintere ist. Dann verbinde beide Lichtschranken mit dem Klinkenkabel und schalte sie ein. Wähle die Lichtschranken in measureAPP unter "Sensor" aus und wähle in dem dann erscheinenden Menü "Run times" (Abb. 5)

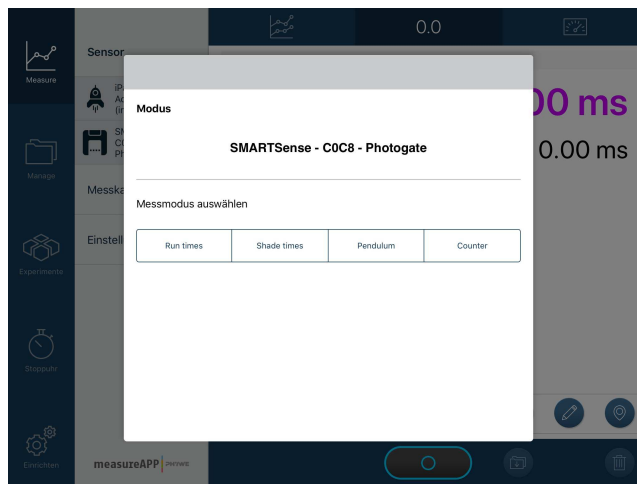


Abb. 5

Positioniere nun die Start-Lichtschranke bei der 8,2-cm-Marke und die Stopp-Lichtschranke 10 cm weiter abwärts (Abb. 6). Der Messwagen muss ohne anzustoßen hinabrollen können.

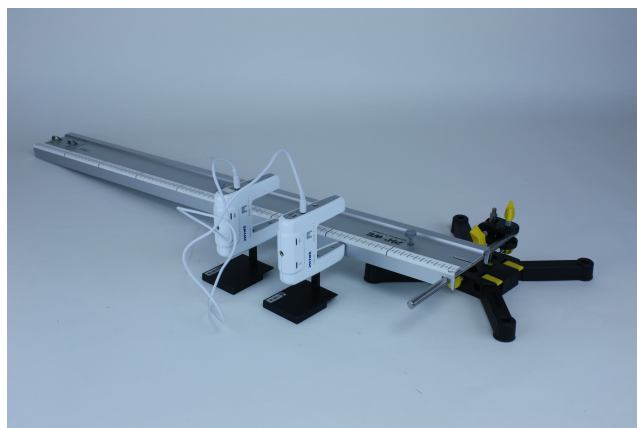


Abb. 6.

Durchführung

1. Versuchsteil: Messung der Fahrzeiten

Schiebe den Messwagen an das obere Ende der Fahrbahn. Der Wagen soll mit dem Fahrbahnde von oben gesehen abschließen (Abb. 7).

Achte darauf, dass die Lichtschranke noch nicht unterbrochen ist!

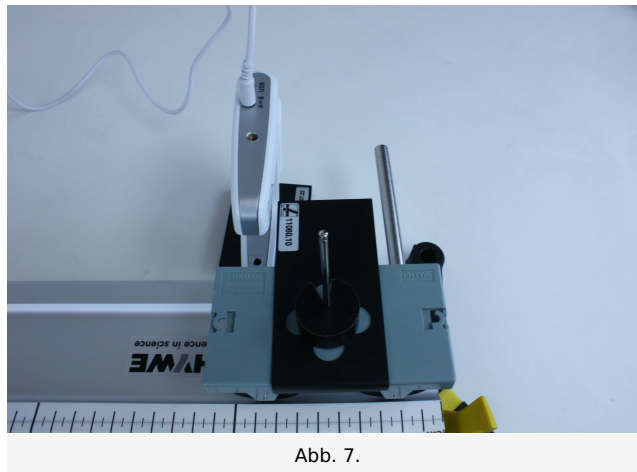




Abb. 7.

Wähle in der measureAPP die Anzeigevariante "0.0" (Abb.8). Dann starte die Messung durch Drücken auf .

Starte nun den Wagen mit dem Fahrtrichtungsschalter in die gewünschte Richtung (Abb. 6).

Die Zeiten, zu denen der Wagen die Lichtschranken nach Start der Messung passiert hat wird als Messwert ausgegeben. Beende die Messung dann mit .

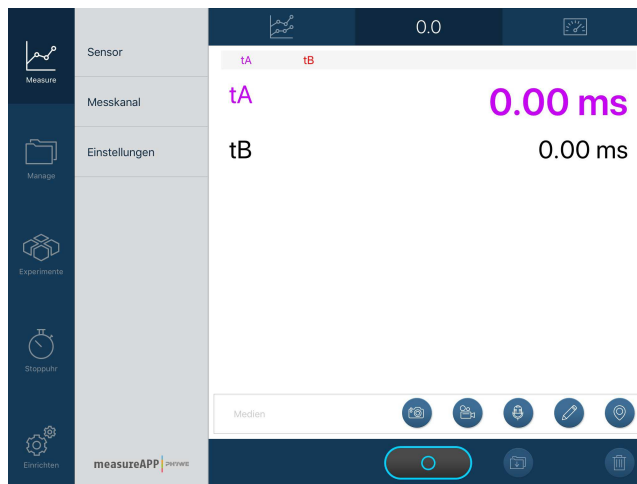


Abb. 8.

Bilde die Differenz der beiden Messwerte, um die Laufzeit des Wagens zwischen den Lichtschranken zu erhalten und rechne das Ergebnis in Sekunden um. Runde auf Hundertstel Sekunden auf und notiere den Wert im Protokoll in Tabelle 1! (Du musst also zwei Stellen hinter dem Komma haben).

Wiederhole die Messung für Abstände der Stopp-Lichtschranke zu der Start-Lichtschranke von 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm und 70 cm. Dabei bleibt die absolute Position der Start-Lichtschranke immer unverändert bei 8,2 cm.

Prüfe vor jedem Start, ob die Blende ohne anzustoßen durch die Stopp-Lichtschranke hindurchfahren kann und entferne gegebenenfalls einen Distanzbolzen.

Achte vor jedem Wagenstart darauf, dass die Start-Lichtschranke erst nach Loslassen des Messwagens unterbrochen werden darf!

2. Versuchsteil: Messung der Abschaltzeiten

Schließe die Lichtschranke "B" von "A" ab und stelle sie zur Seite.

Drücke im Menü "Sensor" > "Einstellungen" auf "Modus" und wähle "Shade times" aus (siehe Abb. 9) und ändere die Betriebsart entsprechend ab, sodass die Lichtschranke nun die Abschaltzeit misst, aus der Du später die Momentangeschwindigkeit berechnen kannst.

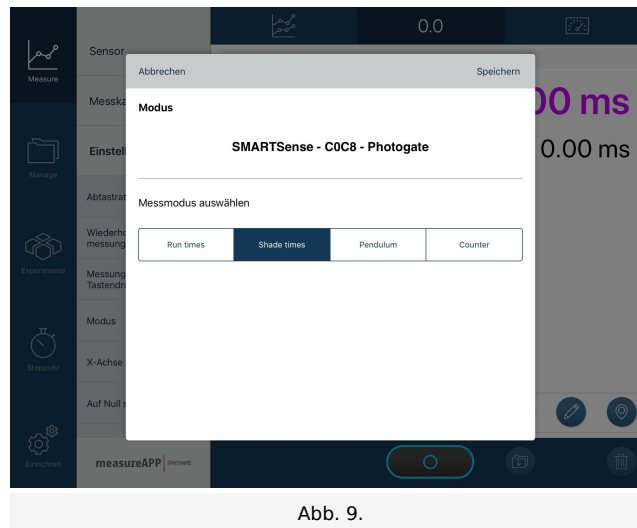


Abb. 9.

Stelle die Lichtschranke jeweils eine Blendenbreite (also 5 cm) vor jene Positionen, an denen vorher die Stopp-Lichtschranke gestanden hat.

Im ersten Versuchsteil wurde die Zeit gemessen, bis der vordere Teil der Blende die Lichtschranke unterbrochen hatte. Jetzt wird aber die Geschwindigkeit über die gesamte Blendenbreite gemittelt - also von der Unterbrechung am vorderen Teil der Blende bis zum hinteren Teil der Blende. Es ist also auch keine echte, sondern nur eine angenäherte Momentangeschwindigkeit.

Achte darauf, dass der Wagen immer bündig mit der Endkante der Bahn abschließt.

Aktiviere wie vor jedem Durchlauf am Mobile-Link die Messung durch Drücken der Bestätigungstaste und starte den Wagen, indem Du ihn loslässt ohne ihn anzustoßen.

Runde die Messzeit nun auf eine Millisekunde, rechne sie wieder in die Einheit Sekunde um, und trage den Messwert in Tabelle 1 ein.

Wiederhole den Versuch für die Positionen der Lichtschranke, die die Stopp-Lichtschranke im ersten Versuchsteil hatte, aber vergiss nicht, die Position jeweils um 5 cm an der Fahrbahn aufwärts zu korrigieren.

Protokoll: Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit SMARTsense

Ergebnis - Tabelle 1

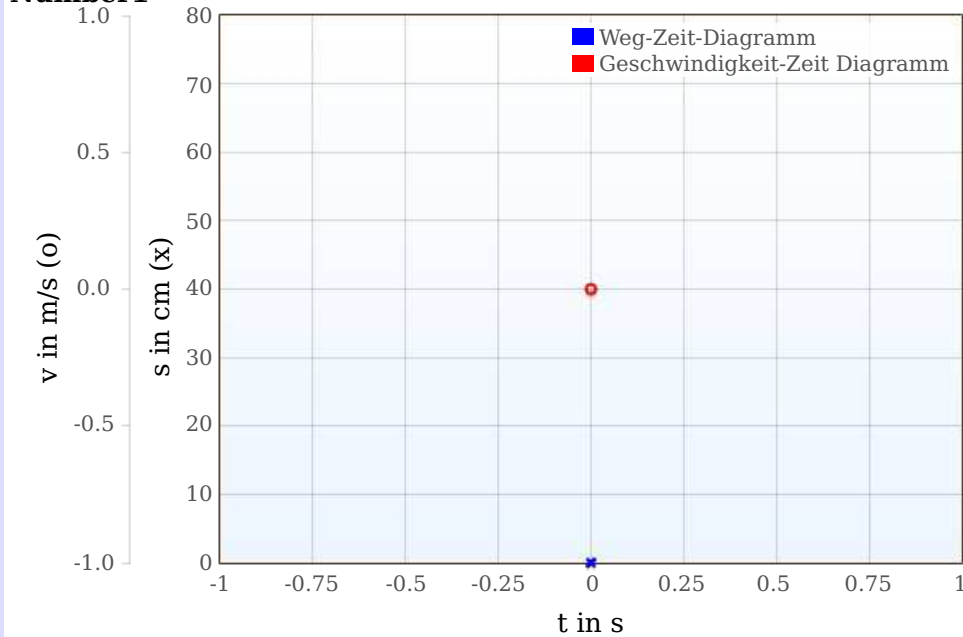
Trage in die zweite Spalte die Fahrzeiten t aus dem ersten Versuchsteil ein.

Trage in die dritte Spalte die Abschattzeiten Δt aus dem zweiten Versuchsteil ein.

Berechne aus der Blendenbreite $\Delta s = 5 \text{ cm}$ und den Abschattzeiten Δt die Momentangeschwindigkeiten v_m und trage sie in die letzte Spalte ein.

s in cm	t in s	Δt in s	$v_m = \Delta s / \Delta t$ in cm/s
0	0	0	0
10	1 ± 0.12	1 ± 0.041	1 ± 7.7
20	1 ± 0.16	1 ± 0.026	1 ± 12.3
30	1 ± 0.21	1 ± 0.021	1 ± 15.1
40	1 ± 0.24	1 ± 0.018	1 ± 17.7
50	1 ± 0.24	1 ± 0.016	1 ± 19.9
60	1 ± 0.3	1 ± 0.015	1 ± 21.6
70	1 ± 0.33	1 ± 0.013	1 ± 23.6

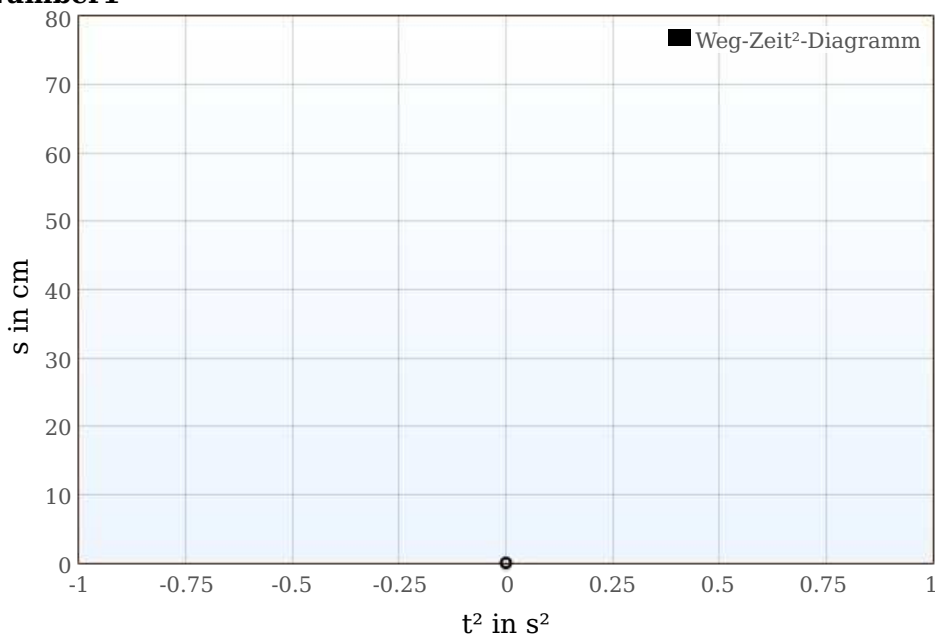
Number1



Ergebnis - Tabelle 2

Berechne das Quadrat t^2 der Fahrzeiten t aus Tabelle 1 und trage die Werte in die Tabelle ein.

s in cm	t^2 in s ²
0	0
10	1 ±0.12
20	1 ±0.21
30	1 ±0.36
40	1 ±0.46
50	1 ±0.59
60	1 ±0.72
70	1 ±0.86

Number1

Auswertung - Frage 1

Welche Kurvenform stellt der Graph im Weg-Zeit-Diagramm am ehesten dar?

- Der Verlauf ähnelt einer Parabel durch den Ursprung.
- Der Verlauf ist linear.
- Der Verlauf ist exponentiell.

Auswertung - Frage 2

Betrachte das Weg-(Zeit)²-Diagramm.

Welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus über den Verlauf des Weg-Zeit-Diagramms treffen?

Markiere die zutreffenden Antworten.

- Ergibt sich bei der Auftragung s gegen t^2 eine Gerade durch den Ursprung, so muss es sich bei der Auftragung s gegen t (Weg-Zeit-Diagramm) um eine Parabel durch den Ursprung gehandelt haben.
- Der Verlauf des Weg-(Zeit)²-Diagramms folgt einer Ursprungsgerade.
- Der Verlauf des Weg-(Zeit)²-Diagramms ist nicht linear. Deshalb kann kein Schluss auf das Weg-Zeit-Diagramm gezogen werden.
- Die Nichtlinearität des Kurvenzuges bestätigt, dass es sich um einen exponentiellen Verlauf der Kurve im Weg-Zeit-Diagramm handelt.
- Das Weg-(Zeit)²-Diagramm lässt grundsätzlich keine Schlussfolgerungen auf den Verlauf der Kurve im Weg-Zeit-Diagramm zu.

Auswertung - Frage 3

Welche Aussage lässt sich aus der Linearität des Geschwindigkeits-Zeit-Diagramms schließen?

Markiere die richtige Antwort!

- Die Linearität lässt erkennen, dass es sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung handelt.
- Die Linearität lässt erkennen, dass es sich um eine geradlinige Bewegung handelt.

Auswertung - Frage 4

Berechne aus dem Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf die Steigung $a = \Delta v_m / \Delta t$. Diese gibt die Beschleunigung an, mit welcher der Wagen auf der Fahrbahn immer schneller wird.

Rechne die Beschleunigung in die Einheit m/s^2 um und gib den Zahlenwert in das Fenster ein!

Auswertung - Frage 5

Der Zahlenwert der Beschleunigung a ist deutlich geringer als die Erdbeschleunigung g mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Warum ist das so? Wodurch wird der Wagen überhaupt beschleunigt?

.....

.....

.....

.....

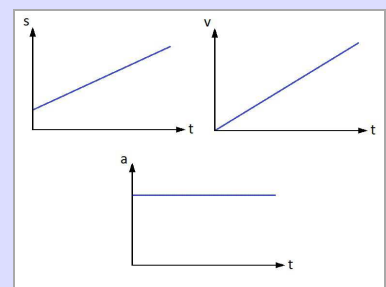
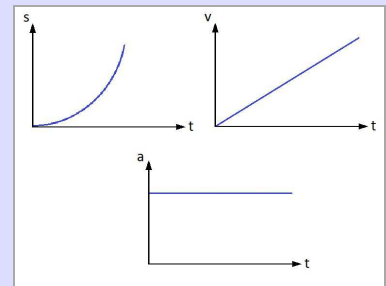
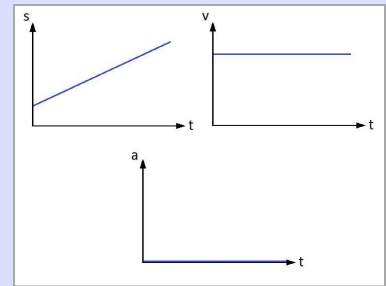
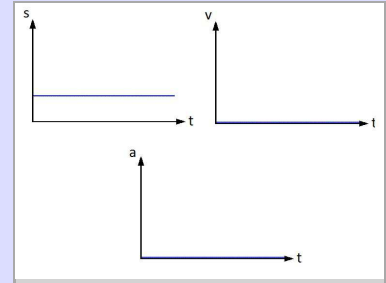
Auswertung - Frage 6

Ordne den Situationen die passenden Diagramme zu!

Ein Fahrzeug steht unbewegt an einer Stelle.

Ein Fahrzeug bewegt sich geradlinig und gleichförmig.

Ein Fahrzeug wird geradlinig gleichmäßig beschleunigt.



Auswertung - Frage 7

Ein Fahrzeug fährt mit konstanter Geschwindigkeit v . Zur Zeit t_1 wird die Bremse betätigt und das Fahrzeug bremst gleichmäßig ab, bis es zur Zeit t_2 zum Stehen kommt.

Skizziere das $s(t)$ -, das $v(t)$ - und das $a(t)$ -Diagramm.

Am besten beginnst Du mit dem Beschleunigungs-Zeit-Diagramm und machst dann das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm.

Beachte dabei, wodurch sich eine Bremsung von einer Beschleunigung im täglichen Sprachgebrauch unterscheidet.

