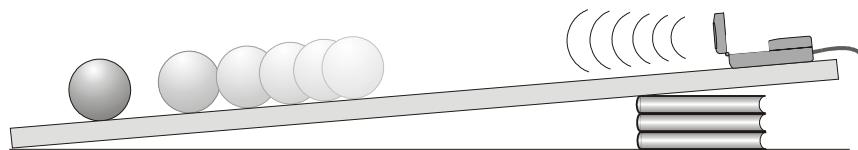


Die moderne Version von Galilei's Experiment

Als Galileo Galilei das Konzept der gleichmässigen Beschleunigung einführte, definierte er sie als gleich grosse Geschwindigkeits-Zunahmen in gleichgrossen Zeitintervallen. Dieses Experiment entspricht dem Experiment von Galilei das er in seinem Buch "Dialog betreffend zwei neuen Wissenschaften" beschreibt. Dort vermutet er, dass ein Ball der eine schiefe Ebene hinunter rollt gleichmässig beschleunigt wird. Anstelle der Wasser-Uhr mit der Galilei die Zeit messen musste werden Sie einen Bewegungs-Messer verwenden. Damit können Sie in kurzer Zeit eine recht präzise Messung der Bewegung eines Balles, der eine schiefe Ebene hinunter rollt machen. Mit dieser Messung können Sie für sich entscheiden, ob Galilei Galileis Vermutung gültig ist oder nicht.



Galileo Galilei vermutet in seinem Buch weiter, dass Bälle verschiedener Größen und verschiedener Gewichte bei einer bestimmten Neigung der Ebene oder im freien Fall alle gleich rasch beschleunigen. Dies war im Widerspruch zum damals allgemein verbreiteten Glauben, dass schwere Objekte schneller fallen als leichte Objekte.

Weil es für Galilei schwierig war, die Geschwindigkeit zu messen verwendete er zwei einfacher zu messende Größen: Die total zurückgelegte Strecke und die verstrichene Zeit. Mit dem Bewegungs-Messer können sie die Distanz zu viel mehr Zeiten messen (z. B. 30 Messungen pro Sekunde) Daraus lässt sich die Geschwindigkeit an vielen Stellen der schiefen Ebene berechnen. Sie können mit einer Messung mehr Messwerte aufzeichnen als Galilei in vielen Versuchen geschafft hat.

ZIELE

- Verwendung des Bewegungs-Messers um die Geschwindigkeit eines Balls auf einer schiefen Ebene zu messen.
- Entscheiden ob Galileis Vermutung zutrifft.
- Untersuchung der Bewegungs-Graphen eines Balls auf einer schiefen Ebene
- Ein mathematisches Modell für die gleichmässig beschleunigte Bewegung mit einer algebraischen Gleichung aufstellen.

MATERIAL

Computer
Vernier computer interface
Logger Pro

Vernier Bewegungs-Messer
Schiefe Ebene (1 – 3 m lang)
Bälle (5 – 10 cm Durchsesser)

EINFÜHRENDE FRAGEN

1. Nennen Sie einige Beobachtungen die Zeitgenossen von Galilei glauben machten, dass schwere Dinge schneller fallen als leichte.
2. Lassen Sie einen kleinen und einen grossen Ball zur gleichen Zeit aus gleicher Höhe fallen. Schlägt der grössere vorher, nachher oder gleichzeitig auf?
3. Was würde passieren wenn Sie wieder zwei Bälle gleichzeitig fallen lassen, aber diesmal den kleineren Ball 30 cm über dem grösseren loslassen. Würde der Abstand zwischen Ihnen zunehmen, abnehmen oder gleich bleiben? Weil die Fallzeit kurz ist, ist es schwer von Auge zu beobachten was geschieht. Sie werden sehen, weshalb Galilei und seine Zeitgenossen Mühe hatten diese Frage zu beantworten. Versuchen Sie die Frage zu beantworten, wenn Sie von Galilei's Vermutung der konstanten Beschleunigung ausgehen.

VORGEHEN

1. Verbinden Sie den Bewegungs-Messer mit dem DIG/SONIC 1 Kanal des Interface.
2. Stellen Sie den Bewegungs-Messer ans obere Ende der schiefen Ebene. Die Ebene sollte eine Neigung von $5^\circ - 10^\circ$ haben.
3. Öffnen Sie das File “03 Modern Galileo” aus dem *Physics with Computers* Ordner.
4. Legen Sie den Ball 0.4 m unter den Bewegungs-Messer auf die Ebene.
5. Klicken Sie  um die Messung zu starten. Lassen Sie den Ball los, wenn Sie den Bewegungsmesser klicken hören.
6. Drucken oder skizzieren Sie den Ort-Zeit- und den Geschwindigkeits-Zeit-Graphen.
7. Klicken Sie auf den Geschwindigkeits-Zeit-Graphen. Klicken Sie das Messwert-Werkzeug , in der Werkzeugeiste. Wählen Sie einen Punkt etwa einen viertel vom oberen Ende entfernt und notieren Sie den Wert für die Zeit und die Geschwindigkeit für diesen Punkt in der unten stehenden Tabelle. Notieren Sie weitere Werte im Abstand von 0.2 s bis Sie 10 Punkte haben oder bis das Ende der Ebene erreicht ist.
8. Folgt der Ort-Zeit-Graph einer einfachen algebraischen Kurve? Welcher Kurve oder Linie? Versuchen Sie verschiedene Funktionen an die Messwerte anzupassen. (Die Funktion an die Daten zu fitten.) Markieren Sie mit der Maus das Zeitintervall und klicken Sie auf den Kurven-fit-Knopf, . Wählen Sie die Funktion aus der Scroll-Liste und klicken Sie  um zu sehen wie gut der Fit zu den Messwerten passt. Wählen Sie die einfachste Funktion, die noch gut zu den Daten passt. Klicken sie  um den fit zu zeichnen und  um den Fit im Graphen einzulegen. Notieren Sie die Gleichung und die parameter der angepassten Gleichung. Drucken oder skizzieren Sie Ihren Graphen mit Parametern der Gleichung.
9. Auf die gleiche Weise: Folgt der Geschwindigkeits-Zeit-Graph einer einfachen algebraischen Kurve? Gehen Sie gleich vor wie im letzten Punkt. Wählen Sie die einfachste Funktion, die zu den Daten passt. Tragen Sie die Parameter ein. Drucken oder skizzieren Sie den Graphen.

MESSWERTE

Messwerte	Zeit (s)	Geschwindigkeit (m/s)	Änderung der Geschwindigkeit (m/s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Steigung v-t Graph			
Durchschnittliche Beschleunigung			

AUSWERTUNG

1. Berechnen Sie die Änderung der Geschwindigkeit zwischen den Messwerten in der oben stehenden Tabelle. Tragen Sie die Werte in der rechten Kolonne ein.
2. Wie früher erklärt, definierte Galilei eine gleichmässige Beschleunigung als *gleiche Zunahme der Geschwindigkeit in gleichen Zeitabschnitten*. Stützt Ihre Messung diese definition für die Bewegung auf der schießen Ebene? Erklären Sie.
3. War Galilei's Vermutung einer konstanten Beschleunigung für eine Bewegung auf einer schießen ebene korrekt? Wie unterstützt Ihre Messung Ihre Antwort?

Experiment 3

4. Berechnen Sie die durchschnittliche Beschleunigung des Balls zwischen dem ersten und dem letzten Messwert.
(t_1 und t_{last}) sind die erste und die letzte Zeit. Die durchschnittliche Beschleunigung ist definiert durch:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{last}} - v_1}{t_{\text{last}} - t_1}$$

5. Betrachten Sie die Gleichung der gefitteten Funktion für den Ort-Zeit-Graphen. Wie hängt die Konstante **a** (die hier nicht die Beschleunigung bedeutet) mit der Steigung des Geschwindigkeit-Zeit-Graphen zusammen?
6. Betrachten Sie die Kurve, die Sie an den Geschwindigkeits-Zeit-Graphen angepasst haben. Hat die angepasste Kurve eine konstante Steigung? Was bedeutet die Steigung? Welche Einheiten hat Sie? Tragen Sie die Steigung in der Tabelle ein.

ERWEITERUNGEN

1. Wiederholen Sie das Experiment mit einem anderen Ball oder mit einem Wagen. Gibt das ein anderes Resultat? Vergleichen Sie die Beschleunigung von Ball und Wagen.
2. Untersuchen Sie mit dem Bewegungs-Messer die Beschleunigung eines Gummiballs im freien Fall. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen von Galilei.
3. Rollen Sie den Ball die schiefe Ebene hinauf, so dass er langsamer wird und dann zurück rollt. Dabei sollte er nicht näher als 0.4 m zum Bewegungs-Messer kommen. Vergleichen Sie die aufwärts- und abwärts-Bewegung. Ist die Beschleunigung während der ganzen Bewegung gleich? Hat die Geschwindigkeit immer das gleiche Vorzeichen? Wie können Sie das Koordinatensystem ändern, so dass die Beschleunigung das Vorzeichen ändert?

Quelle: Vernier: Physics with Computers, Third Edition, ISBN 1-929075-29-4

Übersetzung: Wolfgang@Pfalzgraf.ch

Translated and posted with permission of Vernier Software & Technology, Beaverton, Oregon, USA, 1 January 2007.

Copyright © 2003 by Vernier Software & Technology. All rights reserved.