

Experiment (Demonstration):

Beschreibt den Bewegungsablauf des Spielzeug-Autos.



Material:
Rückzugs-Auto
auf einer geraden
Ebene

Erste Forscherfragen:

- Wie wird das Auto schneller?

- Wie wird das Auto wieder langsamer?

- Beschleunigt die Feder das Auto gleichmäßig?

- In welcher Einheit wird „Beschleunigung“ gemessen?

- Welche Strecke legt das Auto bei einer Beschleunigung zurück?

- Was hindert die Beschleunigung?

H1

So könnte der Anfang des Messstreifens aussehen:



H2

Die Übertragung der Messwerte in eine Excel-Tabelle kann wie in der Abbildung aussehen.

H3

Von der allgemeinen Beschleunigung kennt man die Formel: $v = at$, also $a = \frac{v}{t}$. Berechnet a aus den letzten beiden Spalten mehrfach.

	A	B	C	D
1	freier Fall		Intervallmitte	Intervall
2	Zeit [s]	Weg [m]	Zeit [s]	v [m/s]
3	0	0,000	0,01	0,098
4	0,02	0,002	0,03	0,294
5	0,04	0,008	0,05	0,49
6	0,06	0,018	0,07	0,686
7	0,08	0,031	0,09	0,882
8	0,1	0,049	0,11	1,078
9	0,12	0,071	0,13	1,274
10	0,14	0,096	0,15	1,47

H4

Setzt in der Beschleunigungsformel $s = 0,5gt^2$ die Werte für g und t ein und berechnet s .

H5

Die Zeit setzt sich aus zwei Teilen zusammen: der Fallzeit des Steins und der Zeit, die der Schall wieder zurück braucht (Schallgeschwindigkeit: $340 \frac{m}{s}$, bei $+15^\circ C$).

H6

Das senkrechte nach-oben-Werfen kannst du dir als gefilmten freien Fall denken, bei dem man den Film rückwärts abspielt. Aus welcher Höhe müsste man den Stein fallen lassen, damit er mit $23 \frac{m}{s}$ aufkommen würde? Wie lange würde das dauern? (Steigzeit und Fallzeit sind gleich.)

H7

Bereits am Start legt der Stein die Strecke von $s = 10 \frac{m}{s} \cdot t$ zurück. Hinzu kommen $s = 0,5gt^2$. Beides zusammen soll $66 m$ ergeben. Stellt die geeignete quadratische Gleichung auf und löst sie nach t auf.

H8

Verwandte Phänomene:

Yellowstone: Die Umkehrung des Freien Falls ist der senkrechte Wurf nach oben. Mit welcher Geschwindigkeit wird das Wasser ausgestoßen, wenn es $15 m$ hoch steigt?



Zu 1) Die Fallbeschleunigung g hat einen Wert von ca. $9,81 \frac{m}{s^2}$. Die Gewichtskraft, die das Fallen verursacht, hat somit die Größe von $G = 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot m$. Da die Erdanziehungskraft entsprechend der Entfernung vom Erdmittelpunkt variiert, wird dieser Wert auch kleiner, je weiter man sich vom Erdmittelpunkt entfernt. Auf dem Mond ist die Fallbeschleunigung nur ca. $\frac{1}{6}$ von g , also $1,635 \frac{m}{s^2}$.

$$\text{Zu 2) } s = 0,5gt^2 = 4,905 \frac{m}{s^2} \cdot (2,3 s)^2 = 25,95 m$$

$$\text{Zu 3) } t_1 = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{96 m}{9,81 \frac{m}{s^2}}}; \quad t_2 = \frac{48 m}{340 \frac{m}{s}} = 0,141 s \rightarrow \text{ Gesamtzeit: } 3,269 s$$

$$\text{Zu 4) } t = \frac{v}{g} = \frac{23 \frac{m}{s}}{9,81 \frac{m}{s^2}} = 2,345 s; \quad \text{Gesamtbewegungszeit: } 4,69 s \rightarrow s = \frac{1}{2}gt^2 = 4,905 \frac{m}{s^2} \cdot (2,345 s)^2 = 26,96 m$$

$$\text{Zu 5) } s = vt + \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow \frac{1}{2}gt^2 + vt - s = 0 \Leftrightarrow t^2 + \frac{2v}{g}t - \frac{2s}{g} = 0 \rightarrow t = \frac{v}{g} \pm \sqrt{\frac{v^2}{g^2} + \frac{2s}{g}}$$

Einsetzen der entsprechenden Werte ergibt: $t_1 = 3,806 s$. (t_2 ist negativ und somit nicht relevant.)

Der Stein wird also nach ca. 4 Sekunden auftreten.

H1

Die Gleichung $mg = \frac{1}{2} A c_w \rho_{\text{Luft}} v^2$ wird nach v^2 aufgelöst. In $\frac{2mg}{A c_w \rho} = v^2$ sind die entsprechenden Werte einzusetzen, anschließend ist noch die Wurzel zu berechnen.

H2

Das eine Ende des Drahtes wurde über die Oberseite der Platte gespannt, das andere über die Unterseite. Fällt ein Salzwassertropfen hindurch, entsteht kurzfristig ein elektrischer Kontakt, der die Stoppuhr steuert.

Hilfe zum Aufbau: Damit der Wassertropfen auch etwa mittig durch das Drahtgitter fällt, verwendet ein Lot mit einer langen Schnur. Damit der Tropfen nicht abgelenkt wird, sollte es möglichst wenig Luftbewegung geben.

H3

Ohne Reibung erhält man eine Parabel: $h = 0,5 g t^2$. Tragt die Messwerte mit einer anderen Farbe in das vorherige Koordinatensystem ein.

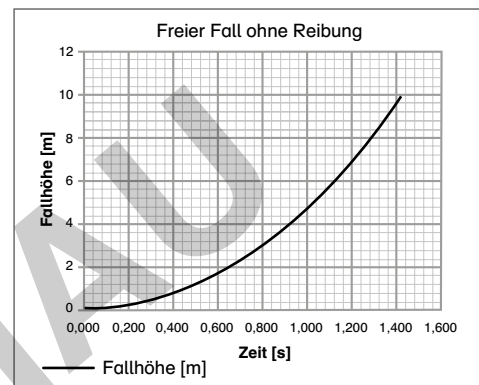
H4

Angenommen, der Wassertropfen hat 4 mm Durchmesser (Radius von 2 mm).

Damit ist $A = r^2 \pi = (0,002 \text{ m})^2 \cdot 3,1415$.

Die Masse m entspricht also:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \rho_{\text{Wasser}} = \frac{4}{3} \cdot 3,1415 \cdot 0,2^3 \cdot 1,05 \text{ g.}$$



Zu 1) Schnell durchs Wasser zu gehen, kostet sehr viel Kraft. Bei doppelter Geschwindigkeit wird die Kraft viermal so groß. Beim Seitwärts-Gehen durchs Wasser ist die Querschnittsfläche geringer. Halbe Fläche erfordert auch nur die halbe Kraft.

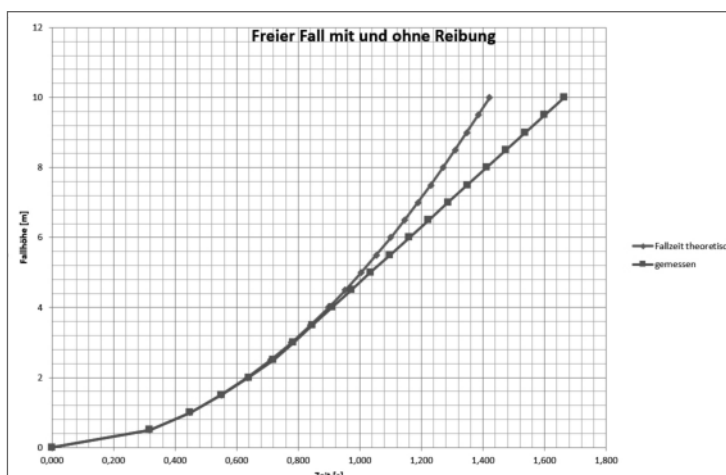
$$\text{Zu 2) } \frac{2mg}{A c_w \rho} = v^2 \rightarrow v = 60,23 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 217 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Zu 4) Angenommen, der Wassertropfen hat 4 mm Durchmesser (Radius von 2 mm).

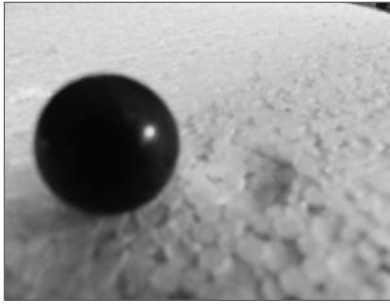
Damit ist $A = r^2 \pi = (0,002 \text{ m})^2 \cdot 3,1415 = 0,000012566 \text{ m}^2$.

Die Masse m entspricht also $m = \frac{3}{4} \pi r^3 \cdot \rho_{\text{Wasser}} = \frac{3}{4} \cdot 3,1415 \cdot 0,2^3 \text{ cm}^3 \cdot 1,05 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,004398 \text{ kg}$

$$\frac{2mg}{A c_w \rho} = v^2 \rightarrow v = 68,58 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 247 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$



H1



Delle in Styropor



in Hartschaumplatte



in Sperrholz

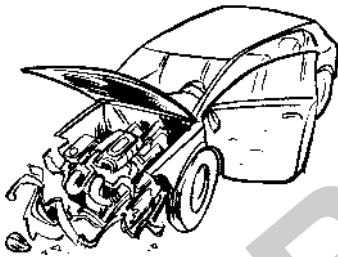
Die Geschwindigkeit v und der Bremsweg s sind bekannt, gesucht ist: $F = ma$.

Setzt man $t = \frac{v}{a}$ in die Gleichung $s = \frac{1}{2} at^2$ ein, erhält man eine Gleichung, in der nur noch a unbekannt ist.

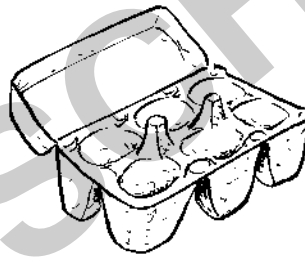
H2

Wenn man 2,5 m über die letzte Sicherung hinausgeklettert ist, fällt man 2,5 m unter die Sicherung (also 5 m), bis man vom Seil aufgefangen wird. Der Bremsweg setzt sich aus 10 % Seillänge zzgl. der dynamischen Sicherung zusammen.

Verwandte Phänomene:



Knautschzone beim Auto



Verpackung von zerbrechlichen Gütern



Schutanzug eines Eishockey-Torwarts



Zu 1) Aus 50 cm Höhe hat ein Körper eine Auftreffgeschwindigkeit von $3,132 \frac{m}{s}$.

Je kürzer der Bremsweg, desto stärker sind die Kräfte, die beim Aufprall auftreten.

Zu 2) Der Kletterer fällt 5 m frei, bevor ihn das Seil auffängt. Er hat dann eine Geschwindigkeit von $9,9 \frac{m}{s}$. Als Bremsweg stehen 10 % Seildehnung ($\rightarrow 1,8$ m) plus 0,5 m (dynamisches Sichern $\rightarrow 2,3$ m) zur Verfügung. Mit $t = \frac{v}{a}$, eingesetzt in $s = \frac{1}{2} at^2$, ergibt sich $s = \frac{1}{2} a \frac{v^2}{a^2}$ bzw. $a = \frac{v^2}{2s} = 21,3 \frac{m}{s^2}$, also etwa doppelt so groß wie die Fallbeschleunigung.

Beim Sturz wirkt also eine Kraft von etwa dem doppelten Körpergewicht. (Anmerkung: Der Mensch kann kurzfristig bis zum Neunfachen der Erdbeschleunigung aushalten.)

Zu 3) Klettersteigset mit Bandfalldämpfer: In einem Klettersteig sind in senkrechten Passagen die Fixpunkte selten mehr als 2 m auseinander. Damit kann man auch nur max. 2 m fallen, mit einer Fallgeschwindigkeit von max. $6,26 \frac{m}{s}$. Wenn der Bandfalldämpfer aufreißt, verlängert sich der Bremsweg auf bis zu 1,50 m.

Versuchsprotokoll B (qualitative Versuche)

Titel des Versuches:

Auftrag: (Kurzbeschreibung des Versuchsauftrags)																	
Material / Aufbau und Versuchsskizze:	(Text, evtl. Bild)																
Durchführung:	(Tätigkeiten notieren)																
Beobachtung:	(Beobachtung notieren. evtl. Skizze dazu zeichnen)																
Messwerte:	<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>																
Auswertung, Erklärung:	(Darstellung der Messwerte im Diagramm (extra Blatt)) (Auswertung des Diagramms mit Angabe des funktionalen Zusammenhangs der Messgrößen)																
Zusammenfassung:	(Mit Rückbezug auf die Aufgabenstellung eine Antwort aufgrund des Versuches formulieren)																

etrich Hinkeldey: 30 außergewöhnliche Schülerexperimente zur Dynamik
 Auer Verlag