

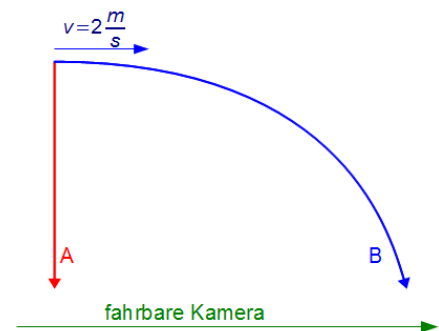
Lösung

- 1 Das Herunterfallen zweier Kugeln A und B wird durch eine fahrbare Kamera aufgezeichnet.

Kugel A fällt senkrecht, Kugel B bewegt sich beim Herunterfallen ständig zusätzlich mit der Geschwindigkeit

$$v = 2 \frac{m}{s} \text{ nach rechts (siehe Skizze).}$$

- a) Gib an, wie schnell sich die Kamera bewegen muss, damit beim Betrachten des Films die Kugel B senkrecht herunterfällt.

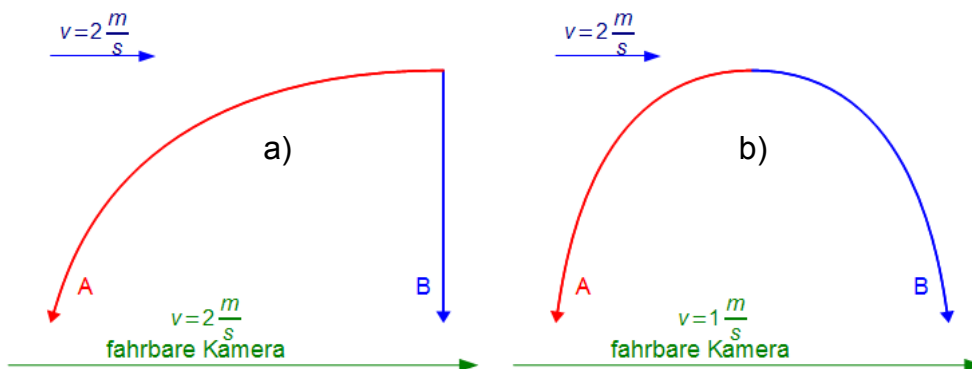


Die Kamera muss sich so schnell wie die Kugel B nach rechts bewegen, also mit 2m/s.

- b) Gib an, wie schnell sich die Kamera bewegen muss, damit die Bahnen der beiden Kugeln auf dem Film achsensymmetrisch zu sehen sind.

Die Kamera muss sich halb so schnell wie die Kugel B nach rechts bewegen, also mit 1m/s.

Auf dem Film würden die Bahnen dann etwa so aussehen:



- 2 Ein Holz-Schrank der Masse $m = 40 \text{ kg}$ soll auf einem Holzfußboden verschoben werden.

- a) Begründe, warum es bei der Berechnung der zum Schieben benötigten Kraft nicht darauf ankommt, wie groß die Auflagefläche der Schrankfüße ist.

Bei einer großen Auflagefläche ist der Druck geringer und die sich reibenden Flächen verhaken sich nicht so stark, bei einer kleinen Auflagefläche ist der Druck größer und die sich reibenden Flächen verhaken sich stärker. Da Auflagefläche A und Druck p antiproportional sind, bleibt die wirkende Kraft F konstant. Formel dazu: $p = \frac{F}{A}$ bzw. $F = A \cdot p$.

- b) Jemand hat so viel Kraft, dass er gerade eben noch eine volle Wasserkiste der Masse 15 kg hoch heben kann. Berechne, ob man mit dieser Kraft den Schrank in Bewegung setzen kann.

Nach der angegebenen Formel $F_{\text{haft}} = \mu_{\text{haft}} \cdot F_G$ gilt mit $\mu_{\text{haft}} = 0,5$ (Holz auf Holz) und

$$F_G = m \cdot g = 40 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 400 \text{ N} \text{ für die Haftreibungskraft } F_{\text{haft}} = \mu_{\text{haft}} \cdot F_G = 0,5 \cdot 400 \text{ N} = 200 \text{ N} .$$

Die Masse 15 kg entspricht einer Gewichtskraft von $F_G = m \cdot g = 15 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 150 \text{ N}$.

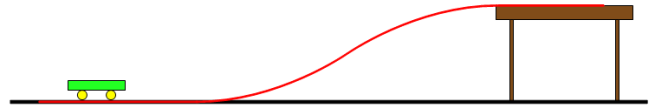
Der Schrank kann also nicht in Bewegung versetzt werden.

- c) Berechne, wieviel Kraft man benötigt, um den Schrank bei konstanter Geschwindigkeit weiter zu schieben.

Hier gilt der Gleitreibungskoeffizient $\mu_{\text{gleit}} = 0,3$. Es folgt $F_{\text{gleit}} = \mu_{\text{gleit}} \cdot F_G = 0,3 \cdot 400 \text{ N} = 120 \text{ N}$.

Da $120 \text{ N} < 150 \text{ N}$ kann der Schrank von der einzelnen Person weitergeschoben werden, wenn er erst einmal in Bewegung ist.

- 3 Berechne, welche Geschwindigkeit das Spielzeugauto der Masse $m = 60 \text{ g}$ besitzen muss, damit es von selbst bis auf den 80 cm hohen Tisch fahren kann.



Die Geschwindigkeit am Boden muss so groß sein, dass die kinetische Energie am Boden größer oder gleich der Lageenergie oben ist:

$$E_{\text{Kin, unten}} \geq E_{\text{Pot, oben}} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \geq m \cdot g \cdot h \rightarrow v^2 \geq 2 \cdot g \cdot h = 2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,8 \text{ m} = 16 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow v \geq 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Masse des Autos spielt keine Rolle, da m bei den Umformungen herausfällt.

Das Auto muss mindestens die Geschwindigkeit $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ besitzen.

- 4 Ein Sportler der Masse $m = 60 \text{ kg}$ rutscht von einem Kletterseil sehr schnell herab und bremst zum Schluss mit seinen bloßen Händen so ab, dass er mit der Geschwindigkeit $v = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ unten ankommt. Sein Schwerpunkt legt insgesamt einen Höhenunterschied von 5 m zurück.

- a) Berechne, um wieviel Grad ($^{\circ}\text{C}$) sich dabei die Haut seiner Hände erwärmt.
Annahmen: Die erwärmte Haut hat eine Masse von 50 g .

Die spezifische Wärmekapazität von menschlicher Haut beträgt $c = 3365 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$

Nach den Bedingungen der Aufgabe wird die potenzielle Energie des Sportlers restlos in innere Energie umgewandelt, wobei angenommen wird, dass sich nur die Haut erwärmt.

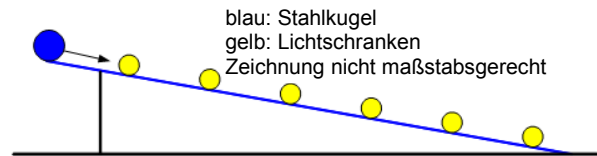
$$E_{\text{Pot}} = E_{\text{innere}} \rightarrow m_{\text{Sportler}} \cdot g \cdot h = c \cdot m_{\text{Haut}} \cdot \Delta \vartheta \rightarrow \Delta \vartheta = \frac{m_{\text{Sportler}} \cdot g \cdot h}{c \cdot m_{\text{Haut}}} = \frac{60 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 5 \text{ m}}{3365 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 0,05 \text{ kg}} = 17,8 ^{\circ}\text{C}$$

- b) Gib mit Begründung die Ursache für die Verletzungen (zerstörte Haut) beim Herabrutschen und Abbremsen an einem Kletterseil an.

Der unter a) berechnete Temperaturunterschied ist zu klein, als dass dadurch bleibende Schäden erzeugt würden.

Die Hautschäden haben ihre Ursache im Wesentlichen in der Unebenheit des Kletterseils, durch die die Haut aufgerissen werden kann.

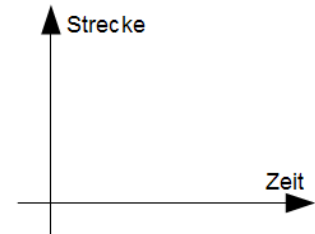
- 5 Eine Stahlkugel rollt eine schräge Stahlplatte (überall gleiche Steigung) herab. In Abständen von 1 m sind Lichtschranken angebracht, mit denen jeweils die aktuelle Zeit registriert wird, zu der die Kugel die Lichtschranke verdunkelt.



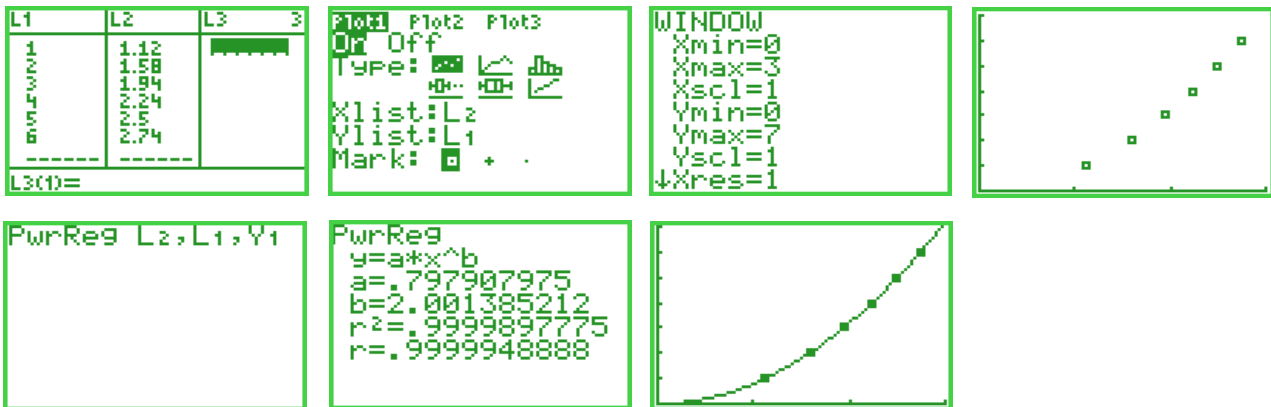
Messtabelle:

Strecke in m	1	2	3	4	5	6
Zeit in s	1,12	1,58	1,94	2,24	2,50	2,74

- a) Suche mit Hilfe des Taschenrechners (PwrReg) die Funktionsgleichung für den Zusammenhang zwischen der Zeit und der Strecke. Gib die gefundene Funktionsgleichung an (Strecke = ... Zeit ...) und skizziere (nicht maßstabsgerecht) den am Taschenrechner angezeigten Graphen im nebenstehendem Koordinatensystem.



Mit PwrReg werden Funktionsgleichungen der Art $y = A \cdot x^B$ gefunden. Taschenrechnerausgabe:



Es ergibt sich die Gleichung $Strecke = 0,8 \cdot Zeit^2$ oder $s = 0,8 \cdot t^2$ (beschleunigte Bewegung)

- b) Zeige durch Rechnung, dass nach einer Rollstrecke von 6 m die Geschwindigkeit $v = 4,38 \frac{m}{s}$ beträgt.

Wir haben im Unterricht herausgefunden, dass bei einer beschleunigten Bewegung mit konstanter Beschleunigung die Durchschnittsgeschwindigkeit halb so groß wie die Endgeschwindigkeit ist, wenn der beschleunigte Körper mit der Geschwindigkeit 0 m/s startet: $v_{Ende} = 2 \cdot \bar{v}$.

Aus der Messtabelle ergibt sich mit den Werten für 6m die Durchschnittsgeschwindigkeit:

$$\bar{v} = \frac{6 \text{ m}}{2,74 \text{ s}} \rightarrow v_{Ende} = 2 \cdot \bar{v} = 2 \cdot \frac{6}{2,74} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4,38 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ w.z.z.w.}$$

- c) Berechne den Höhenunterschied, den die Kugel vom Startort bis zum Ort bei 6 m Rollstrecke überwunden hat.

Die potenzielle Energie aus dem Höhenunterschied wird in Bewegungsenergie umgewandelt:

$$E_{Pot, \text{Anfang}} = E_{Kin, \text{Ende}} \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow h = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{4,38^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,959 \text{ m} = 95,9 \text{ cm}$$

Der Höhenunterschied beträgt etwa 96 cm.

Formelsammlung

Lageenergie: $E_{\text{Pot}} = m \cdot g \cdot h$

Bewegungsenergie: $E_{\text{Kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Innere Energie: $E_{\text{innere}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$

Gewichtskraft: $F_G = m \cdot g$

Ortsfaktor: $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

Haftreibung: $F_{\text{haft}} = \mu_{\text{haft}} \cdot F_G$

Gleitreibung: $F_{\text{gleit}} = \mu_{\text{gleit}} \cdot F_G$

Tabelle für Haftreibungs- und Gleitreibungskoeffizienten:

	μ_{haft}	μ_{gleit}
Holz auf Stein	0,70	0,30
Holz auf Holz	0,50	0,30
Stahl auf Stahl	0,15	0,12

Viel Erfolg bei der Bearbeitung der Aufgaben!