

## Physik \* Jahrgangsstufe 9 \* Bewegungsaufgaben

1. Auf dem Mars gehört zu einem Stein der Masse  $1,0\text{kg}$  die Gewichtskraft  $3,7\text{ N}$ .
  - a) Wie groß ist der Ortsfaktor auf der Marsoberfläche?  
Welche Fallbeschleunigung herrscht auf dem Mars?
  - b) Ein Stein fällt auf dem Mars in eine  $40\text{m}$  tiefe Schlucht.  
Wie lange dauert es bis der Stein am Boden aufschlägt?  
Vergleiche mit der Fallzeit für den entsprechenden Vorgang auf der Erde!
2. Peter wirft einen Ball mit der Anfangsgeschwindigkeit  $20\text{ m/s}$  nach oben.
  - a) Welche maximale Höhe erreicht der Ball?  
Berechne mit Hilfe der Bewegungsgleichung und auch mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes. Welche Berechnungsmethode ist einfacher?
  - b) Nach welcher Zeit kann Peter den Ball wieder auffangen?  
Welche Geschwindigkeit hat der Ball dabei?
3. Hans wirft vom Balkon aus einer Höhe von  $12\text{m}$  einen Ball mit einer Anfangsgeschwindigkeit von  $10\text{ m/s}$  senkrecht nach unten.
  - a) Um wie viele Millisekunden kommt der Ball früher als beim freien Fall am Boden an?
  - b) Mit welcher Geschwindigkeit trifft der Ball am Boden auf?
4. Überholvorgang  
Ein PKW (Länge  $4,0\text{m}$ ) fährt im Abstand von  $20\text{m}$  hinter einem Laster (Länge  $12\text{m}$ ) mit der konstanten Geschwindigkeit von  $72\text{ km/h}$  her. Bei passender Gelegenheit setzt der PKW zum Überholen an; er beschleunigt mit konstanten  $2,0\text{ m/s}^2$  und schert im Abstand von  $8,0\text{m}$  vor dem Laster wieder ein.
  - a) Fertige eine Skizze an und trage die gegebenen Längen ein.  
Die Aufgabe lässt sich einfacher lösen, wenn man sich mit dem Laster mitbewegt.
  - b) Wie lange dauert der Überholvorgang und welche Endgeschwindigkeit erreicht der PKW dabei?
  - c) Welche Wegstrecke hat der PKW während des gesamten Überholvorgangs zurückgelegt?



### 5. Nur für Experten

(Aufgaben zum so genannten *horizontalen Wurf* werden ausführlich in Klasse 10 besprochen.)

Anna wirft vom Balkon aus einer Höhe von  $12\text{m}$  einen Ball mit einer Anfangsgeschwindigkeit von  $15\text{ m/s}$  waagrecht weg. (Verwende hier  $g = 10\text{ m/s}^2$ )  
Wie kann man herausfinden, in welchem (waagrecht) Abstand vom Haus der Ball am Boden auftrifft? Welche Annahme liegt Deiner Berechnung zu Grunde?  
Kannst Du zeigen, dass sich der Ball auf einer Parabel-Bahn bewegt?



1. a) Ortsfaktor = Fallbeschleunigung:  $g_{\text{Mars}} = \frac{F_g}{m} = \frac{3,7 \text{ N}}{1,0 \text{ kg}} = 3,7 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 3,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = g_{\text{Fallbeschl. Mars}}$

b)  $x = \frac{1}{2} \cdot g_{\text{Mars}} \cdot t^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2x}{g_{\text{Mars}}} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2x}{g_{\text{Mars}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \text{ m}}{3,7 \text{ m/s}^2}} = 4,6 \text{ s}$

auf der Erde:  $t = \sqrt{\frac{2x}{g_{\text{Erde}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 2,9 \text{ s}$

2. a) Bewegungsgleichungen:  $h(t) = v_o \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$  und  $v(t) = v_o - g \cdot t$

an der höchsten Stelle gilt:  $v(t_{\text{oben}}) = 0$  d.h.

$0 = v_o - g \cdot t_{\text{oben}} \Rightarrow t_{\text{oben}} = \frac{v_o}{g} = \frac{20 \text{ m/s}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 2,04 \text{ s}$  ;  $t_{\text{oben}} = 2,04 \text{ s}$  in  $h(t)$  eingesetzt:

$h_{\text{maximal}} = h(t_{\text{oben}}) = v_o \cdot t_{\text{oben}} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_o^2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,04 \text{ s} - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2,04 \text{ s})^2 = 20 \text{ m}$

Berechnung mit dem Energieerhaltungssatz (geht schneller):

$E_{\text{kin, unten}} = E_{\text{pot, oben}}$  d.h.  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_o^2 = m \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{v_o^2}{2g} = \frac{(20 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 20 \text{ m}$

b) Nach dem Energieerhaltungssatz hat der Ball in jeder Höhe beim Rauf- bzw. Runterfliegen die gleiche Geschwindigkeit. Das Runterfallen entspricht also exakt dem Rauffliegen, nur in umgekehrter Zeitabfolge.

Der Ball kommt daher  $2 \cdot 2,04 \text{ s} = 4,08 \text{ s}$  nach dem Abwurf wieder am Boden mit der Geschwindigkeit  $v = 20 \text{ m/s}$  an.

3. a) Freier Fall:  $x = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2x}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 1,56 \text{ s}$

mit Anfangsgeschwindigkeit:

$x = v_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow g \cdot t^2 + 2 \cdot v_o \cdot t - 2 \cdot x = 0 \Rightarrow 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - 24 \text{ m} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 9,8 \cdot t^2 + 20 \text{ s} \cdot t - 24 \text{ s}^2 = 0 \Rightarrow t_{1/(2)} = \frac{1}{2 \cdot 9,8} \cdot \left( -20 \text{ s} \pm \sqrt{400 \text{ s}^2 - 4 \cdot 9,8 \cdot (-24 \text{ s}^2)} \right) =$

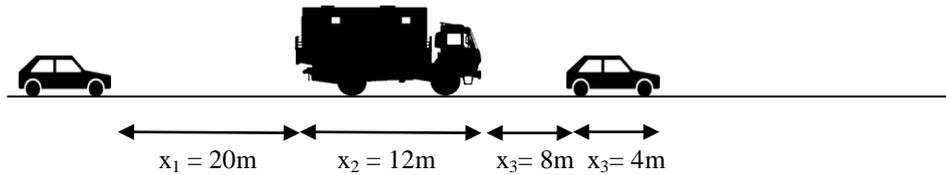
$= \frac{1}{2 \cdot 9,8} \cdot \left( -20 \text{ s} + \sqrt{400 \text{ s}^2 + 4 \cdot 9,8 \cdot 24 \text{ s}^2} \right) = 0,848 \text{ s}$

$\Delta t = 1,56 \text{ s} - 0,848 \text{ s} = 0,71 \text{ s}$

b) Auftreffgeschwindigkeit  $v_{\text{unten}}$  am Boden:

$v_{\text{unten}} = v_o + g \cdot t_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,848 \text{ s} = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

4. a)



Der PKW muss während des Überholens insgesamt  $x_{\text{ges}} = 20\text{m} + 12\text{m} + 8\text{m} + 4\text{m} = 44\text{m}$  mehr zurücklegen als der LKW.

Bewegt man sich für die Beschreibung des Vorgangs in Gedanken mit dem LKW mit, dann steht der LKW still und der PKW beschleunigt aus der Ruhe heraus mit  $a = 2,0 \text{ m/s}^2$ .

b) Im Bezugssystem, das sich mit dem LKW mitbewegt gilt:

$$x_{\text{ges}} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_{\text{ges}}^2 \Rightarrow t_{\text{ges}} = \sqrt{\frac{2 \cdot x_{\text{ges}}}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 44\text{m}}{2,0\text{m/s}^2}} = 6,6\text{s}$$

Der Überholvorgang dauert damit 6,6 s.

Für die Endgeschwindigkeit des PKW gilt damit:

$$v_{\text{Ende,PKW}} = v_0 + a \cdot t_{\text{ges}} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} + 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6,6\text{s} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 13,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

c) Der LKW legt in der Zeit  $t_{\text{ges}}$  den Weg  $x_{\text{LKW}} = v_{\text{LKW}} \cdot t_{\text{ges}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 6,6\text{s} = 132\text{m}$  zurück.

Der PKW legt um 44m mehr an Weg zurück, d.h.  $x_{\text{PKW}} = 132\text{m} + 44\text{m} = 176\text{m}$ .

5. Expertenaufgabe

Annahme (die man im Experiment bestätigt):

Die Bewegung in x-Richtung mit konstanter Geschwindigkeit und der freie Fall nach unten in y-Richtung überlagern sich ohne jegliche wechselseitige Störung.

D.h. die Fallzeit  $t_{\text{Fall}}$  für den freien Fall aus 12m entspricht genau der Dauer des gesamten Vorgangs; in dieser Zeit  $t_{\text{Fall}}$  bewegt sich der Ball in x-Richtung, also

$$x_{\text{Flug}} = v_0 \cdot t_{\text{Fall}} \quad \text{und} \quad h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{\text{Fall}}^2$$

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{\text{Fall}}^2 \Rightarrow t_{\text{Fall}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \sqrt{\frac{24\text{m}}{9,8\text{m/s}^2}} = 1,56\text{s} \quad \text{in } x_{\text{Flug}} \text{ eingesetzt:}$$

$$x_{\text{Flug}} = v_0 \cdot t_{\text{Fall}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,56\text{s} = 23\text{m}$$

Beschreibung des Vorgangs im x-y-Koordinatensystem:

$$x(t) = v_0 \cdot t \quad \text{und} \quad y(t) = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{gilt für } t \text{ im Bereich } 0\text{s} \leq t \leq t_{\text{Fall}}$$

Löse in  $x(t) = v_0 \cdot t$  nach t auf und setze dieses t dann in y(t) ein:

$$x(t) = v_0 \cdot t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0} \quad \text{eingesetzt in } y(t) \Rightarrow$$

$$y = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left( \frac{x}{v_0} \right)^2 = h - \frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x^2$$

Dies ist die Gleichung einer nach unten geöffneten Parabel mit dem Scheitel bei (0/h).

