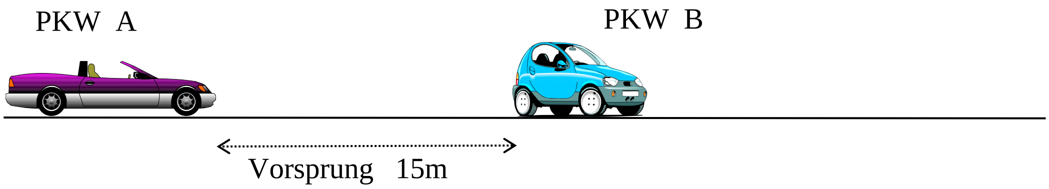
Physik * Jahrgangsstufe 9 * Aufgaben zu den Bewegungsfunktionen

1. Ein Auto beschleunigt aus dem Stand mit 2,5 m/s^2.

   a) Nach welcher Wegstrecke hat das Auto 90 km/h erreicht?
   b) Welche Geschwindigkeit hat das Auto 50m vom Startpunkt entfernt?
   c) Wie lange braucht das Auto für die ersten 100 Meter?

2. PKW A und PKW B starten gleichzeitig, wobei B einen Vorsprung von 15m hat.
   PKW A beschleunigt mit 3,0 m/s^2, PKW B nur mit 2,0 m/s^2.



   a) Nach welcher Zeit hat PKW A den Vorsprung aufgeholt? (Ergebnis: 5,5s)
   b) Welchen Weg hat **PKW B** bis zum Zeitpunkt des Einholens zurückgelegt?
   c) Welche Kraft muss der Motor des **PKW A** (Masse 1,1 Tonnen) mindestens aufbringen?

3. Ein Auto fährt mit 72 km/h auf gerader Strecke. Plötzlich taucht in 45m Entfernung ein Hindernis auf. Nach einer „Schrecksekunde" von 0,50s beginnt der Fahrer zu bremsen.
   a) Die Bremsbeschleunigung beträgt – 5,0 m/s^2.
      Zeige, dass der verbleibende Bremsweg nicht reicht.
      Mit welcher Geschwindigkeit trifft das Auto auf das Hindernis auf?
   b) Wie groß müsste die Bremsbeschleunigung sein, damit das Auto genau vor dem Hindernis zum Stehen kommt?
   c) Zeige, dass der verbleibende Bremsweg bei einer Bremsbeschleunigung von – 8,0 m/s^2 reicht. In welcher Entfernung vor dem Hindernis kommt das Auto zum Stehen?

4. Überholvorgang
   Ein PKW (Länge 4,0m) fährt im Abstand von 20m hinter einem Laster (Länge 12m) mit der konstanten Geschwindigkeit von 72 km/h her. Bei passender Gelegenheit setzt der PKW zum Überholen an. Er beschleunigt mit konstanten 2,0 m/s^2 und schert im Abstand von 8,0m 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. Hans lässt in einen tiefen Brunnen einen Stein fallen. Nach exakt 2,68 Sekunden hört er den Aufprall des Steins auf der Wasseroberfläche.

   a) In welcher Tiefe befindet sich diese Wasseroberfläche, wenn Hans unberücksichtigt lässt, dass sich der Schall nicht unendlich schnell ausbreitet.
   b) Welche geringere Tiefe ergibt sich für die Wasseroberfläche, wenn man berücksichtigt, dass sich Schall mit einer Geschwindigkeit von ca. 340 m/s ausbreitet.

Physik-Übung * Jahrgangsstufe 9 * Aufgaben zu den Bewegungsfunktionen * Lösungen

1. a) $v^2 = 2\cdot a\cdot x \;\Rightarrow\; x = \dfrac{v^2}{2\cdot a} = \dfrac{\left(\dfrac{90}{3{,}6}\dfrac{m}{s}\right)^2}{2\cdot 2{,}5\dfrac{m}{s^2}} = 125\,m \approx 0{,}13\,km$

b) $v^2 = 2\cdot a\cdot x \;\Rightarrow\; v = \sqrt{2\cdot a\cdot x} = \sqrt{2\cdot 2{,}5\dfrac{m}{s^2}\cdot 50\,m} = 15{,}81...\dfrac{m}{s} \approx 16\dfrac{m}{s}\quad (\approx 57\dfrac{km}{h})$

c) $x = \dfrac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 \;\Rightarrow\; t = \sqrt{\dfrac{2\cdot x}{a}} = \sqrt{\dfrac{2\cdot 100\,m}{2{,}5\dfrac{m}{s^2}}} = 8{,}94...\,s \approx 8{,}9\,s$

2. a) $\dfrac{1}{2}\cdot a_A\cdot t^2 = 15m + \dfrac{1}{2}\cdot a_B\cdot t^2 \;\Rightarrow\; \dfrac{1}{2}\cdot a_A\cdot t^2 - \dfrac{1}{2}\cdot a_B\cdot t^2 = 15m \;\Rightarrow$

$(\dfrac{1}{2}\cdot a_A - \dfrac{1}{2}\cdot a_B)\cdot t^2 = 15m \;\Rightarrow (\dfrac{1}{2}\cdot 3{,}0\dfrac{m}{s^2} - \dfrac{1}{2}\cdot 2{,}0\dfrac{m}{s^2})\cdot t^2 = 15m \;\Rightarrow\; 0{,}50\dfrac{m}{s^2}\cdot t^2 = 15m$

$\Rightarrow\quad t^2 = \dfrac{15m}{0{,}50\dfrac{m}{s^2}} \quad\Rightarrow\quad t = \sqrt{30s^2} = 5{,}5s$

b) $x_B = \dfrac{1}{2}\cdot a_B\cdot (5{,}5s)^2 = \dfrac{1}{2}\cdot 2{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot (5{,}5s)^2 = 30{,}25\,m \approx 30m$

c) $F_A = m_A\cdot a_A = 1{,}1\,t\cdot 3{,}0\dfrac{m}{s^2} = 1100\,kg\cdot 3{,}0\dfrac{m}{s^2} = 3300\,N = 3{,}3\,kN$

3. a) Nach der Schrecksekunde von 0,50s hat das Auto eine Strecke von 10m zurückgelegt.
Das Hindernis ist also zu Beginn des Bremsens noch 35m entfernt.

$v(t) = 20\dfrac{m}{s} - 5{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot t \quad$ d.h. $\; v(t_1) = 0 \;\Leftrightarrow\; t_1 = 4{,}0s\;$ und

$x(t) = 20\dfrac{m}{s}\cdot t - \dfrac{1}{2}\cdot 5{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot t^2 \;\Rightarrow\; x(t_1) = 20\dfrac{m}{s}\cdot 4s - \dfrac{1}{2}\cdot 5{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot 16s^2 = 40m > 35m$

$x(t) = 35m \;\Leftrightarrow\; 35m = 20\dfrac{m}{s}\cdot t - \dfrac{1}{2}\cdot 5{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot t^2 \;\Leftrightarrow\; t^2 - 8s\cdot t + 14s^2 = 0 \;\Leftrightarrow$

$t_{2/3} = \dfrac{1}{2}\cdot (8s \pm \sqrt{64s^2 - 56s^2}\,) \quad$ d.h. $\; t_{Aufprall} = t_3 = (4 - \sqrt{2}\,)s \approx 2{,}59s$

Auftreffgeschwindigkeit $\quad v_{Auftreff} = v(2{,}59s) = 20\dfrac{m}{s} - 5{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot 2{,}59s \approx 7{,}1\dfrac{m}{s}$

b) $v(t) = 20\dfrac{m}{s} - a\cdot t\;$ und $\; v(t_1) = 0 \;\Rightarrow\; t_1 = \dfrac{20m}{a\cdot 1s}\;$ und $\; x(t_1) = 20\dfrac{m}{s}\cdot t_1 - \dfrac{1}{2}\cdot a\cdot t_1^{\,2} = 35m \;\Rightarrow$

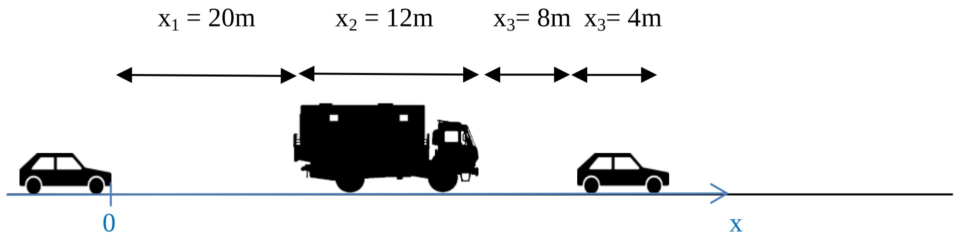
$20\dfrac{m}{s}\cdot 20\dfrac{m}{s\cdot a} - \dfrac{1}{2}\cdot a\cdot \dfrac{400m^2}{s^2\cdot a^2} = 35m \;\Rightarrow\; 200\dfrac{m^2}{s^2\cdot a} = 35m \;\Rightarrow\; a = \dfrac{200}{35}\dfrac{m}{s^2} \approx 5{,}7\dfrac{m}{s^2}$

c) $v(t) = 20\dfrac{m}{s} - 8{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot t \quad$ d.h. $\; v(t_1) = 0 \;\Leftrightarrow\; t_1 = 2{,}5s\;$ und $\; x(t) = 20\dfrac{m}{s}\cdot t - \dfrac{1}{2}\cdot 8{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot t^2 \;\Rightarrow$

$x(t_1) = 20\dfrac{m}{s}\cdot 2{,}5s - \dfrac{1}{2}\cdot 8{,}0\dfrac{m}{s^2}\cdot (2{,}5s)^2 = 25m$

Das Autos kommt damit 10m vor dem Hindernis zum Stehen.

4. a)



Der PKW muss während des Überholens insgesamt $x_{ges} = 20m + 12m + 8m + 4m = 44m$ 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 $a = 2{,}0\ m/s^2$.

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

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

Der Überholvorgang dauert damit 6,6 s.
Für die Endgeschwindigkeit des PKW gilt damit:

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

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

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

b) Man kann natürlich auch das Koordinatensystem wie oben dargestellt verwenden und den Zeitpunkt $t = 0$ mit dem Beginn der Beschleunigung des PKW gleichsetzen.

Dann gilt $x_{PKW}(t) = 72\frac{km}{h}\cdot t + \frac{1}{2}\cdot 2{,}0\frac{m}{s^2}\cdot t^2$ und $x_{LKW}(t) = (20m+12m) + 72\frac{km}{h}\cdot t$

und der Überholvorgang ist abgeschlossen, wenn gilt $x_{PKW}(t) = x_{LKW}(t) + (8m+4m)$, d.h.

$$x_{PKW}(t) = x_{LKW}(t) + 12m \Rightarrow 72\frac{km}{h}\cdot t + 1{,}0\frac{m}{s^2}\cdot t^2 = (20m+12m) + 72\frac{km}{h}\cdot t + 12m \Rightarrow$$

$$72\frac{km}{h}\cdot t + 1{,}0\frac{m}{s^2}\cdot t^2 = 44m + 72\frac{km}{h}\cdot t \Rightarrow 1{,}0\frac{m}{s^2}\cdot t^2 = 44m \Rightarrow t = \sqrt{44s^2} = 6{,}6s.$$

Der PKW befindet sich nach dem Überholvorgang an der Stelle

$$x_{PKW}(6{,}6s) = 72\frac{km}{h}\cdot t + \frac{1}{2}\cdot 2{,}0\frac{m}{s^2}\cdot t^2 = 20\frac{m}{s}\cdot 6{,}6s + 1{,}0\frac{m}{s^2}\cdot(6{,}6s)^2 = 175{,}56m \approx 176m,$$

hat also eine Wegstrecke von 176 m zurückgelegt!

5. a) $x = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 = \frac{1}{2}\cdot 9{,}81\frac{m}{s^2}\cdot(2{,}68s)^2 = 35{,}229...m \approx 35{,}2m$

b) $2{,}68s = t_{Fall} + t_{Schall}$ mit $x = \frac{1}{2}\cdot g\cdot(t_{Fall})^2$ und $x = v_{Schall}\cdot t_{Schall} \Rightarrow$

$2{,}68s = t_{Fall} + t_{Schall} = \sqrt{\frac{2\cdot x}{g}} + \frac{x}{v_{Schall}} = \sqrt{\frac{2}{g}}\cdot\sqrt{x} + \frac{1}{v_{Schall}}\cdot x$ mit $\sqrt{x} = u$ liefert das eine quadratische Gleichung in der Unbekannten u:

$$2{,}68s = \sqrt{\frac{2}{g}}\cdot u + \frac{1}{v_{Schall}}\cdot u^2 \Leftrightarrow u^2 + v_{Schall}\cdot\sqrt{\frac{2}{g}}\cdot u - 2{,}68s\cdot v_{Schall} = 0 \Leftrightarrow$$

$$u = \frac{1}{2}\cdot(-340\frac{m}{s}\cdot\sqrt{\frac{2}{g}} + \sqrt{v_{Schall}{}^2\cdot\frac{2}{g} + 4\cdot 2{,}68s\cdot 340\frac{m}{s}}) = 5{,}722...\sqrt{m} \Rightarrow x = u^2 = 32{,}7m$$