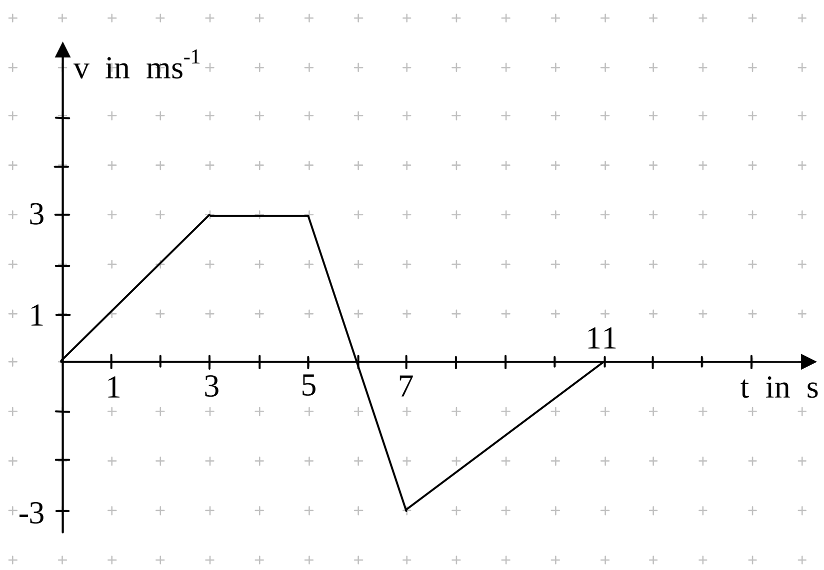
Physik * Jahrgangsstufe 11 * Bewegung mit konstanter Beschleunigung

1. Eine Kugel rollt auf einer schiefen Ebene mit der konstanten Beschleunigung von $1{,}2\,ms^{-2}$ herab. Es gelte $x(0) = 0$ und $v(0) = 0$.
   a) Wie lange braucht die Kugel für den ersten bzw. den zweiten zurückgelegten Meter?
   b) Wie groß ist die Geschwindigkeit der Kugel nach 0,50m, 1,0m bzw. 2,0m?

2. Ein PKW bremst in 4,0s von der Geschwindigkeit $72\,kmh^{-1}$ auf $0\,kmh^{-1}$ mit konstanter (negativer) Beschleunigung ab.
   a) Wie groß ist die Beschleunigung, wie lange der Bremsweg.
   b) Welchen Weg legt das Auto in der letzten Sekunde des Bremsvorgangs zurück?

3. Ein Radfahrer fährt an einem stehenden Auto mit der konstanten Geschwindigkeit $8{,}0\,ms^{-1}$ vorbei. Das Auto startet 2,0s später mit der konstanten Beschleunigung von $2{,}0\,ms^{-2}$. Wann, wo und mit welcher Relativgeschwindigkeit überholt das Auto den Radfahrer? Stellen Sie den Vorgang auch in einem t-x-Diagramm dar.

4. Das t-v-Diagramm zeigt die Bewegung eines Spielzeugautos. Zum Zeitpunkt $t_o = 0$ befinde sich das Auto an der Stelle $x(t_o) = 0$.



   a) Bestimmen Sie aus dem Diagramm x(3,0s), x(5,0s), x(7,0s) und x(11s).
   b) Skizzieren Sie das zugehörige t-x-Diagramm.
      Begründen Sie, dass die Kurve im t-x-Diagramm keinen „Knick“ haben darf.

5. Ein PKW fährt mit der Geschwindigkeit von $54\,kmh^{-1}$. Für einen Überholvorgang beschleunigt der PKW mit der konstanten Beschleunigung von $2{,}0\,ms^{-2}$.
   a) Welche Geschwindigkeit hat der PKW nach 100m Beschleunigungsweg?
   b) Wie lange braucht der PKW für diese 100m?

Lösungen zum Aufgabenblatt „*Bewegung mit konstanter Beschleunigung*"

1. a) $x(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot x}{a}} \quad d.h. \quad t_1 = t(1,0m) = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,0\,m}{1,2\frac{m}{s^2}}} = 1,3\,s$

$$t_1 = t(2,0m) = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,0\,m}{1,2\frac{m}{s^2}}} = 1,8\,s \quad ; \quad \Delta t = t_2 - t_1 = 1,8s - 1,3s = 0,5\,s$$

Die Kugel benötigt für den zweiten zurückgelegten Meter 0,5 Sekunden.

b) $v^2 = 2\,a\,x \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2\,a\,x} \quad d.h. \quad v_1 = v(0,50m) = \sqrt{2 \cdot 1,2\frac{m}{s^2} \cdot 0,50m} = 1,1\frac{m}{s}$

$$v_2 = v(1,0m) = \sqrt{2 \cdot 1,2\frac{m}{s^2} \cdot 1,0m} = 1,5\frac{m}{s} \quad und \quad v_3 = v(2,0m) = 2,2\frac{m}{s}$$

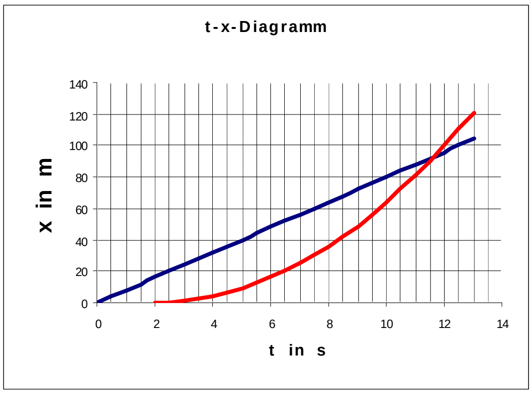
2. a) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0\frac{m}{s} - 20\frac{m}{s}}{4,0\,s} = -5,0\frac{m}{s^2}$

b) Lasse den Vorgang in Gedanken „zeitlich rückwärts" ablaufen. Die zugehörige Rechnung ist dann einfacher:

$x = \frac{1}{2} \cdot \left| -5,0\frac{m}{s^2} \right| \cdot (1,0s)^2 = 2,5\,m$ In der letzten Sekunde legt das Auto 2,5m zurück.

($x_{ges} = \frac{1}{2} \cdot \left| -5,0\frac{m}{s^2} \right| \cdot (4,0s)^2 = 40\,m$ Der gesamte Bremsweg beträgt 40m.)

3. Aus dem t-x-Diagramm erkennt man: Das Auto holt den Radfahrer nach ca. 12,7s ein.



Berechnung:

(1) Radfahrer: $x = 8,0\frac{m}{s} \cdot t$

(2) Auto: $x = \frac{1}{2} \cdot 2,0\frac{m}{s^2} \cdot (t - 2,0s)^2$ (nur für $t \geq 2,0s$)

Schnittpunkt der beiden Graphen liefert den Zeitpunkt des Überholens.

$$8,0\frac{m}{s} \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 2,0\frac{m}{s^2} \cdot (t - 2,0s)^2 \quad \Leftrightarrow \quad 8,0\,s \cdot t = (t - 2,0s)^2 \quad \Leftrightarrow \quad 8s \cdot t = t^2 - 4s \cdot t + 4s^2$$

$$t^2 - 12s \cdot t + 4s^2 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad t_{(1)/2} = \frac{1}{2} \cdot \left(12\,s \pm \sqrt{144s^2 - 16s^2} \right) \quad \Rightarrow \quad t_2 = 11,656...s \approx 12s$$

Das Auto überholt den Radfahrer circa 12s nach dessen Vorbeifahrt, etwa 93m vom Standort des Autos entfernt, denn $x_{Überholen} = 8,0\frac{m}{s} \cdot t_2 = 8,0\frac{m}{s} \cdot 11,656...s = 93\,m$.

$$v_{Auto}(t_2) = 2,0\frac{m}{s^2} \cdot 11,656...s = 23\frac{m}{s} \quad ; \quad v_{Radfahrer} = 8,0\frac{m}{s} \quad ; \quad \Delta v = (23-8)\frac{m}{s} = 15\frac{m}{s}$$

Das Auto überholt den Radfahrer mit einer Relativgeschwindigkeit von $15\frac{m}{s}$.

4. a) Im t-v-Diagramm entspricht die Fläche unter dem Graphen dem zurückgelegten Weg.

$$x(0s) = 0m \quad ; \quad x(3,0s) = x(0s) + \frac{1}{2}\cdot 3\frac{m}{s}\cdot 3s = 4,5m \quad ;$$

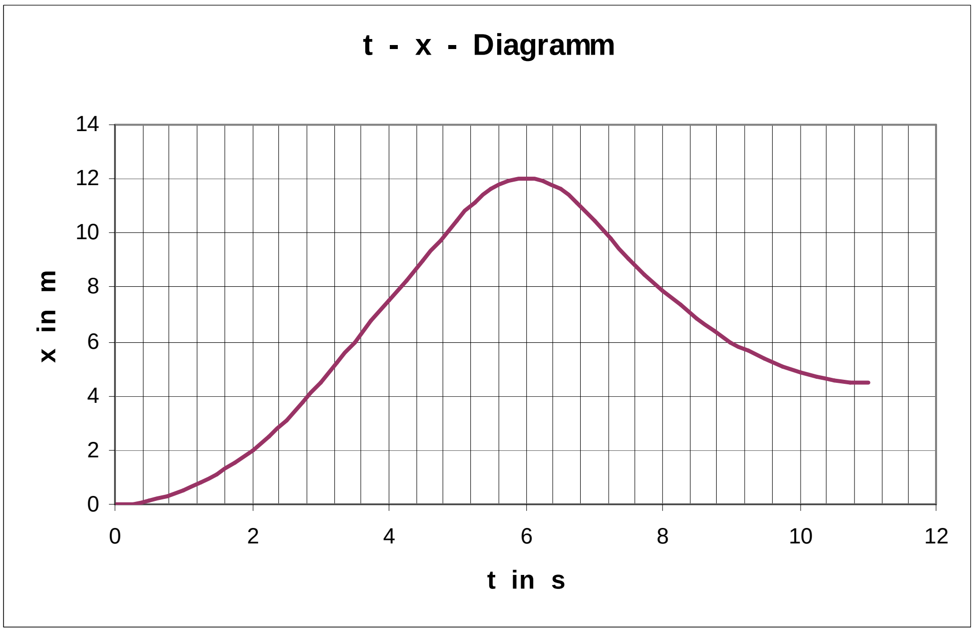
$$x(5,0s) = x(3,0s) + 3\frac{m}{s}\cdot(5s-3s) = 4,5m + 6,0m = 10,5m$$

$$x(6,0s) = x(5,0s) + \frac{1}{2}\cdot 3\frac{m}{s}\cdot(6s-5s) = 10,5m + 1,5m = 12,0m$$

$$x(7,0s) = x(6,0s) + \frac{1}{2}\cdot(-3\frac{m}{s})\cdot(7s-6s) = 12,0m - 1,5m = 10,5m = x(5,0s)$$

$$x(11,0s) = x(7,0s) + \frac{1}{2}\cdot(-3\frac{m}{s})\cdot(11s-7s) = 10,5m - 6,0m = 4,5m$$

b) Das zugehörige t-x-Diagramm setzt sich aus Parabelstücken (für a = konstant) und aus Geradenstücken (v = konstant, für 3,0s $\leq$ t $\leq$ 5,0s) zusammen.
Ein „Knick" im t-x-Diagramm würde die sprunghafte Änderung der Momentangeschwindigkeit bedeuten.
Nach dem t-v-Diagramm ändert sich aber v nie sprunghaft.



5. $$v_o = 54\frac{km}{h} = 15\frac{m}{s} \quad ; \quad a = 2,0\frac{m}{s^2}$$

a) $$v^2 = 2ax + v_o^2 \quad \Rightarrow \quad v(100m) = \sqrt{2\cdot 2,0\frac{m}{s^2}\cdot 100m + (15\frac{m}{s})^2} = 25\frac{m}{s} = 90\frac{km}{h}$$

b) $$v = a\cdot t + v_o \quad \Rightarrow \quad t = \frac{v - v_o}{a} = \frac{25\frac{m}{s} - 15\frac{m}{s}}{2,0\frac{m}{s^2}} = 5,0s$$

Für 100m Beschleunigungsweg benötigt das Auto 5,0 Sekunden. Die Geschwindigkeit des Autos hat nach diesen 100m den Wert 90 kmh^{-1}.