1.1 Plaats en snelheid

1 a Het symbool voor verplaatsing is Δx.

b Dit is een beweging waarvan de snelheid en de richting niet verandert.

c De trein verandert van richting.

2 a Die noem je een eenparige beweging.

b De grafiek van de voetganger begint bij x = 0 m terwijl de grafiek van de fietser bij x = 50 m begint.

c De fietser en de voetganger komen elkaar tegen op t = 12,1 ± 0,1 s.

d De fietser en de voetganger komen elkaar tegen op t = 12,1 s. De voetganger heeft dan 13 m afgelegd. De fietser is van zijn kant 50 – 13 = 37 m de brug op gefietst.

e Dat betekent dat de fietser van de brug af is en dat de brug 7 meter achter hem/haar ligt.

3 a Op t = 0,65 ± 0,05 s.

b Tussen t = 0,6 s en t = 1,0 s wordt de lijn steeds minder steil. Er wordt dus per tijdseenheid een steeds kleinere afstand afgelegd: de bal vertraagt.

c De hoogte van de tweede berg is 1,25 ± 0,05 m.

d De snelheid is 0 m s^{-1} telkens als de bal zich in een hoogste punt bevindt. Dit gebeurt op
t = 0 s
t = 1,15 ± 0,05 s
t = 2,05 ± 0,05 s
t = 2,80 ± 0,05 s

e De bal verliest energie door luchtwrijving en bij de botsing met de grond. Daardoor komt hij steeds minder hoog.

4 a Het teken van de snelheid geeft de richting aan waarin de bal beweegt. Aan het plaats-tijddiagram zie je dat de bal vanuit het hoogste punt wordt losgelaten. Dit komt overeen met een negatieve snelheid in het snelheidsdiagram. Als de bal omhoog beweegt, is de snelheid positief.

b De tweede keer dat de bal de grond raakt, is op t = 1,7 s. De snelheid is dan -5,0 ± 0,5 ms^{-1}.

c De eerste stuiter vindt plaats op t = 0,7 s. De snelheid neemt dan in heel korte tijd heel sterk toe. Naarmate de bal naar het hoogste punt gaat, neemt de snelheid af. Bij een snelheid van 0 m s^{-1} is het de bal in het hoogste punt. Dat is op t = 1,15 ± 0,05 s.

d Bij een eenparige beweging is de snelheid constant. De grafiek in een (v,t)-diagram is dan een horizontale lijn. Dat is hier niet het geval.

5 a De pols en de schouder hebben dezelfde positie op:
t = 4,19 ± 0,05 s
t = 4,69 ± 0,05 s
t = 5,63 ± 0,05 s
t = 5,99 ± 0,05 s

b Tussen t = 4,4 s en t = 4,6 s wordt de lijn steeds steiler. Dit is dus een versnelde beweging.

c Tussen t = 4,8 s en t =5,2 s wordt de lijn steeds minder steil. Dit is dus een vertraagde beweging.

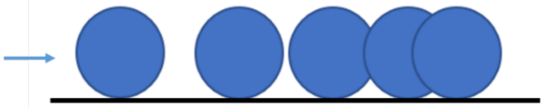
d De persoon loopt van het startpunt af. Tussen t = 4,0 s en t = 4,3 s daalt de grafiek. Dat betekent dat de pols richting het startpunt beweegt. Hij gaat daarmee tegen de looprichting in.

e Omdat tijdens het lopen je armen slingeren, gaan je polsen heen en weer. Je schouders bewegen in lijn met de rest van het lichaam. De grafiek van de schouders is nagenoeg een rechte lijn wat betekent dat de snelheid constant is.

6 a De beweging is rechtlijnig want de munt beweegt in dezelfde richting. Hij is ook eenparig want de munt legt tussen elke flits dezelfde afstand af en tussen de flitsen zit steeds evenveel tijd. De snelheid van de munt is dus constant.

b Om de snelheid te bepalen, heb je de afstand tussen de munten nodig (de schaal van de foto) en de tijd die tussen de flitsen zit.

c



d De snelheid van de bal is het grootst als de afstand tussen de momentopnames het grootst is. De bal legt dan tussen twee flitsen de grootste afstand af. Dit gebeurt als de bal stuitert.

7 a Dit kun je zien doordat de afstand in mm wordt gemeten en de tijd in dagen. Aflezen geeft dat de kies 5 mm verplaatst is in 120 dagen. Deze snelheid is zeer klein vergeleken met een fiets.

b Het duur ongeveer 48 dagen voordat de tand 1 mm is verplaatst.

c Na 40 dagen heeft de tand een bijna constante snelheid bereikt. Je kunt dit zien doordat de grafiek een bijna rechte lijn wordt.

d Alle drie de tijdsintervallen zijn 20 dagen. In het tijdsinterval A is de verplaatsing het kleinst en de gemiddelde snelheid dus ook.

Examentraining

8 a De snelheid van de auto is constant als de grafiek een rechte lijn is. Vóór de botsing is dit tussen t = 0 s en t = 0,02 s.

b Zodra de snelheid van de auto begint af te nemen, is de botsing begonnen. Dit gebeurt op t = 0,02 s.

c Tussen t = 0,02 s en t = 0,10 s wordt de lijn minder steil en is er dus spraken van een vertraging (negatieve versnelling). Tussen t = 0,10 s en t = 0,11 s wordt de lijn weer steiler in negatieve richting. Dan is er sprake van een versnelling.

d De auto beweegt dan achteruit omdat de verplaatsing negatief is.

e Zodra de auto in aanraking komt met de muur neemt de snelheid af. Dit gebeurt in punt B.
De auto vertraagt maximaal wanneer de lijn het steilst is. Dat is in punt C.
Het indeuken stopt zodra de auto achteruit beweegt. Dit gebeurt in punt D.

1.2 Rekenen aan snelheid

9 a 36 km h^{-1}

b 60 m min^{-1}

c 6,9 · 10^{-3} km s^{-1}

d 1,8 · 10^{3} s

10 Gegeven: $v_{\text{gem}} = 98 \text{ km h}^{-1}$
$\Delta t = 2 \text{ h } 40 \text{ min} = 2{,}67 \text{ h}$

Gevraagd: Δx in km

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v_{\text{gem}} \Delta t = 98 \times 2{,}67 = 262 \text{ km}$

Antwoord: De afstand is $2{,}6 \cdot 10^{2}$ km.

11 Gegeven: $\Delta x = 6{,}0 \text{ km} = 6{,}0 \cdot 10^{3} \text{ m}$
$v_{\text{gem}} = 8{,}0 \text{ m s}^{-1}$

Gevraagd: Δt in min

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_{\text{gem}}} = \frac{6{,}0 \cdot 10^{3}}{8{,}0} = 750 \text{ s}$

Antwoord: Het duurt $7{,}5 \cdot 10^{2}$ s (ongeveer 12 minuten).

12 a $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

b $\Delta t = 28 \text{ s}$

c $\Delta x = 14{,}4 \text{ m } \times 5 \text{ knopen} = 72 \text{ m}$

d $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{72}{28} = 2{,}57 \text{ m s}^{-1} = 2{,}6 \text{ m s}^{-1}$

e 5 knopen komt overeen met 2,57 m s^{-1}.
De omrekenfactor van m s^{-1} naar knopen is dus: $\frac{5}{2{,}57} = 1{,}946 = 1{,}9$.

13 a De kabelbaan is 28 ± 1 m lang.

b Op t = 8,5 ± 0,5 s

c Gegeven: $t_{\text{b}} = 8{,}5 \text{ s}$; $t_{\text{e}} = 13{,}0 \text{ s}$
$x_{\text{b}} = 28 \text{ m}$; $x_{\text{e}} = 24 \text{ m}$

Gevraagd: v_{gem} in m s^{-1}

Berekening: $\Delta x = x_e - x_b = 24 - 28 = -4{,}0 \text{ m}$
$\Delta t = t_e - t_b = 13{,}0 - 8{,}5 = 4{,}5 \text{ s}$
$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-4{,}0}{4{,}5} = -0{,}889 \text{ m s}^{-1}$

Antwoord: De snelheid is $-0{,}89 \text{ m s}^{-1}$.

d Gegeven: $t_b = 0$ s; $t_e = 13{,}0$ s
$x_b = 0$ m; $x_e = 24$ m

Gevraagd: v_{gem} in m s^{-1}

Berekening: $\Delta x = x_e - x_b = 24 - 0 = 24$ m
$\Delta t = t_e - t_b = 13{,}0 - 0 = 13{,}0$ s
$$v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{24}{13{,}0} = 1{,}846 \text{ m s}^{-1}$$

Antwoord: De snelheid is $1{,}8$ m s^{-1}.

14 a Gegeven: $t_b = 0$ s; $t_e = 0{,}040$ ms $= 4{,}0 \cdot 10^{-5}$ s
$x_b = 0$ m; $x_e = 0{,}012$ m

Gevraagd: v_{gem} in m s^{-1}

Berekening: $\Delta x = x_e - x_b = 0{,}012 - 0 = 0{,}012$ m
$\Delta t = t_e - t_b = 4{,}0 \cdot 10^{-5} - 0 = 4{,}0 \cdot 10^{-5}$ s
$$v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}012}{4{,}0 \cdot 10^{-5}} = 300 \text{ m s}^{-1}$$

Antwoord: De snelheid is $3{,}0 \cdot 10^2$ m s^{-1}.

b $\Delta x = x_e - x_b = 0{,}083 - 0{,}012 = 0{,}071$ m
De dikte van de muur is dus 0,071 m.

c Gegeven: $t_b = 0{,}040$ ms $= 4{,}0 \cdot 10^{-5}$ s; $t_e = 0{,}060$ ms $= 6{,}0 \cdot 10^{-5}$ s
$x_b = 0{,}012$ m; $x_e = 0{,}083$ m

Gevraagd: v_{gem} in m s^{-1}

Berekening: $\Delta x = x_e - x_b = 0{,}083 - 0{,}012 = 0{,}071$ m
$\Delta t = t_e - t_b = 6{,}0 \cdot 10^{-5} - 4{,}0 \cdot 10^{-5} = 2{,}0 \cdot 10^{-5}$ s
$$v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}071}{2{,}0 \cdot 10^{-5}} = 3550 \text{ m s}^{-1}$$

Antwoord: De snelheid is $3{,}6 \cdot 10^3$ m s^{-1}.

d De helling van de lijn tussen t = 0,06 s en t = 0,12 s is even groot als de helling van de lijn tussen t = 0 s en t = 0,04 s. De snelheid van het geluid op t = 0,1 s is dus even groot als de snelheid van het geluid voordat het de muur raakt (vraag a): $3 \cdot 10^2$ m s^{-1}.

15 a Gegeven: $\Delta t = 6$ min $= 0{,}1$ h
$\Delta x = 8{,}0$ km

Gevraagd: v_{gem} in km h^{-1}

Berekening: $v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8{,}0}{0{,}1} = 80 \text{ km h}^{-1}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $8 \cdot 10^1$ km h^{-1}.

b Gegeven: $v_{gem} = 50\ \mathrm{km\ h^{-1}}$
$\Delta x = 3{,}0\ \mathrm{km}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{km\ h^{-1}}$ in het tweede deel van het traject

Berekening: Bereken de tijd die de trein over de eerste 3,0 km heeft gedaan:
$v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_{gem}} = \frac{3{,}0}{50} = 0{,}060\ \mathrm{h} = 3{,}6\ \mathrm{min}$
De trein heeft nog 6,0 - 3,6 = 2,4 min (= 0,040 h) voor 5,0 km.
Bereken de gemiddelde snelheid:
$$v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5{,}0}{0{,}040} = 125\ \mathrm{km\ h^{-1}}$$

Antwoord: De gemiddelde snelheid moet dus $1{,}3 \cdot 10^2$ km h^{-1} zijn.

c Gegeven: $\Delta t = 6 - 1 = 5\ \mathrm{min} = 0{,}083\ \mathrm{h}$
$\Delta x = 8{,}0\ \mathrm{km}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{km\ h^{-1}}$

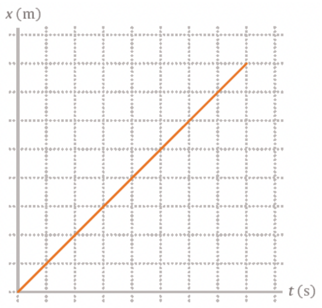
Berekening: $v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8{,}0}{0{,}083} = 96\ \mathrm{km\ h^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid moet dus 96 km h^{-1} zijn.

d Met een maximale snelheid van 80 kmh^{-1} is het niet mogelijk om een gemiddelde snelheid van 80 kmh^{-1} te rijden. De gemiddelde snelheid is altijd lager dan de maximale snelheid op een traject, vanwege het wegrijden en afremmen bij een station. Het is dus niet mogelijk om binnen 6 minuten naar station Sloterdijk te rijden.

16 a De afstand tussen de pijlen is hetzelfde.

b



c $v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_{gem}} = \frac{0{,}50}{4{,}0} = 0{,}125\ \mathrm{s}$
Dus de tijd tussen de foto's is $\frac{0{,}13}{3} = 0{,}0416 = 0{,}042\ \mathrm{s}$

17 Schat met behulp van een atlas of elektronische kaart de afstand dat het lage drukgebied heeft afgelegd in 6,0 uur: 300 km. De gemiddelde snelheid is dan 300 / 6,0 = 50 km h^{-1}.

18 a Gegeven: $\Delta t = 5{,}0\ \text{s}$
$\Delta x = 50\ \text{m}$

Gevraagd: v_{begin}

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{50}{5{,}0} = 10\ \text{m s}^{-1}$
$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow 10 = \frac{v_{\text{begin}} + 0}{2} \rightarrow v_{\text{begin}} = 20\ \text{m s}^{-1}$

Antwoord: De beginsnelheid van de auto is $20\ \text{m s}^{-1}$.

b Gegeven: $\Delta t = 2 \times 5{,}0 = 10\ \text{s}$
$v_{\text{begin}} = 2 \times 20 = 40\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: s_{rem}

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{40 + 0}{2} = 20\ \text{m s}^{-1}$
$s_{\text{rem}} = v_{\text{gem}} \Delta t = 20 \times 10 = 200\ \text{m}$

Antwoord: De remweg is $2{,}0 \cdot 10^2\ \text{m}$

19 a De zwemmers hebben dezelfde snelheid en hebben even veel profijt en last van de stroming. Ze doen er even lang over.

b Zwemmer B is als eerste terug bij het beginpunt. Zwemmer A heeft namelijk een kleinere gemiddelde snelheid dan zwemmer B over de hele beweging. Dit kun je als volgt inzien: als A de stroom mee heeft, is zijn gemiddelde snelheid weliswaar groter dan die van B op dat stuk, maar op de terugweg, waar hij stroom tegen heeft, is zijn gemiddelde snelheid kleiner. Omdat de terugreis van A langer duurt dan de heenreis, houdt A dus die kleinere gemiddelde snelheid veel langer aan.
Je kunt het ook zo zien:
De gemiddelde snelheid van A en B zouden hetzelfde zijn als A op de terugweg even lang zwom als op de heenweg. Dat zou alleen kunnen als hij op de terugweg een kortere afstand mocht afleggen, wat niet zo is.

c Tijd die de zwemster nodig heeft om de overkant te bereiken:
$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow 0{,}694 = \frac{50}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{50}{0{,}694} = 72{,}0\ \text{s}$
In deze tijd wordt ze door de stroom afwaarts meegevoerd:
$v_{\text{stroom}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow 0{,}40 = \frac{\Delta x}{72{,}0} \rightarrow \Delta x = 72{,}0 \times 0{,}40 = 28{,}8\ \text{m}$
Ze bereikt de andere oever 29 m stroomafwaarts.

20 a Gegeven: $\Delta x = 10\ \text{km}$
$v_{\text{gem}} = 80\ \text{km h}^{-1}$

Gevraagd: Δt in h

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_{\text{gem}}} = \frac{10}{80} = 0{,}125\ \text{h} = 7{,}5\ \text{min}$

Antwoord: De minimale tijd is 7,5 min.

b De automobilist kan over de resterende 4,0 km nog 7,5 – 3,0 = 4,5 min = 0,075 h doen.
De gemiddelde snelheid moet mag dan maximaal zijn: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4{,}0}{0{,}075} = 53\ \text{km h}^{-1}$.

Examentraining

21 a Wüst:

Gegeven: $\Delta t = 10{,}87\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 100\ \mathrm{m}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{10{,}87} = 9{,}200\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid van Wüst is $9{,}20\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

Schippers:

Gegeven: $\Delta t = 10{,}81\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 100\ \mathrm{m}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{10{,}81} = 9{,}251\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid van Schippers is $9{,}25\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

b Op t = 6 s geldt B: Schippers ligt voor. De snelheid van Schippers neemt sneller toe en ze houdt in de eerste 6 seconden ook langer een hogere snelheid aan dan Wüst. Daarmee legt ze dus een grotere afstand af.

c Bij een eenparige versnelling verwacht je een rechte lijn. De grafieken in het (v,t)-diagram zijn geen rechte lijnen.

d Uit het diagram lees je af dat Wüst de hoogste topsnelheid bereikt.

e Gegeven: $\Delta t = 113\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 1500\ \mathrm{m}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1500}{113} = 13{,}27\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid van Wüst is $13{,}3\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

f Gegeven: $\Delta t = 25\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 300\ \mathrm{m}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{300}{25} = 12\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $12\ \mathrm{m\ s^{-1}}$ in de eerste 300 m.

Gegeven: $\Delta t = 113 - 82 = 31\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 400\ \mathrm{m}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{400}{31} = 12{,}9\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $13\ \mathrm{m\ s^{-1}}$ in de laatste 400 m.

g Haar rondetijd in de tweede ronde is 53 - 25 = 28 s. In de derde ronde is het 82 – 53 = 29 s en in de vierde ronde is het 113 – 82 = 31 s. In de tweede ronde is de gemiddelde snelheid dus het grootst en loopt de grafiek in een (x,t)-diagram daar het steilst.

1.3 Plaats-tijddiagram

22 a Gegeven: $\Delta t = 150\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 50\ \mathrm{m}$

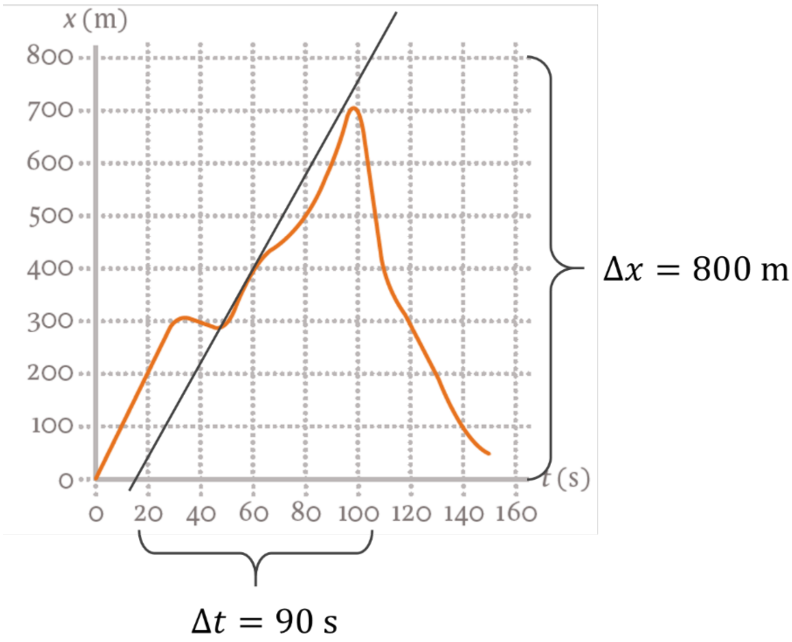
Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{50}{150} = 0{,}333\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $0{,}33\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

b Hiervoor teken je de raaklijn op een tijdstip en bepaalt daarvan de helling.

c Teken de raaklijn op *t* = 60 s:



Gegeven: $\Delta t = 100\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 800\ \mathrm{m}$

Gevraagd: v op $t = 60\ \mathrm{s}$ in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{800}{90} = 8{,}89\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De snelheid op $t = 60\ \mathrm{s}$ is $8{,}9\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

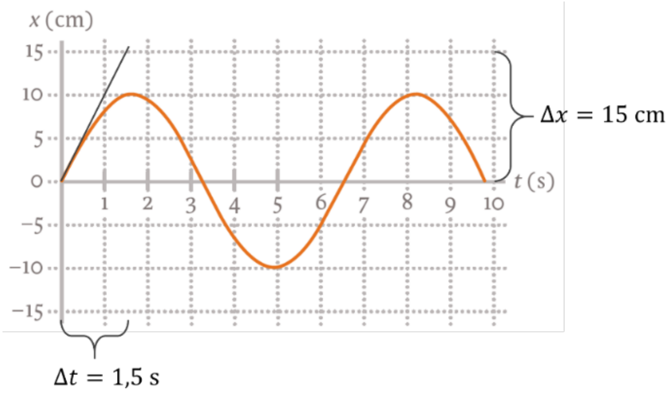
d Gegeven: $\Delta t = 150 - 100 = 50\ \mathrm{s}$
$\Delta x = 50 - 700 = -650\ \mathrm{m}$

Gevraagd: v_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-1}}$

Berekening: $v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-650}{50} = -13{,}0\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $-13\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

23 a Teken de raaklijn op t = 0 s:

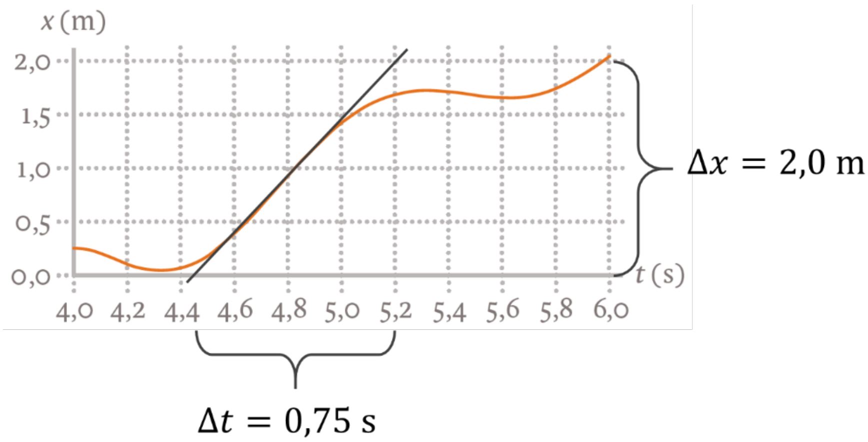


Gegeven:	$\Delta t = 1{,}5 \text{ s}$ $\Delta x = 15 \text{ cm} = 0{,}15 \text{ m}$
Gevraagd:	v op $t = 0$ s in m s^{-1}
Berekening:	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}15}{1{,}5} = 0{,}100 \text{ m s}^{-1}$
Antwoord:	De snelheid op $t = 0$ s is $0{,}10 \text{ m s}^{-1}$.

b Bij $x = +10$ cm loopt de raaklijn horizontaal. De helling is gelijk aan nul en de snelheid is dan 0 m s^{-1}. Dit gebeurt in de uiterste stand van de slinger.

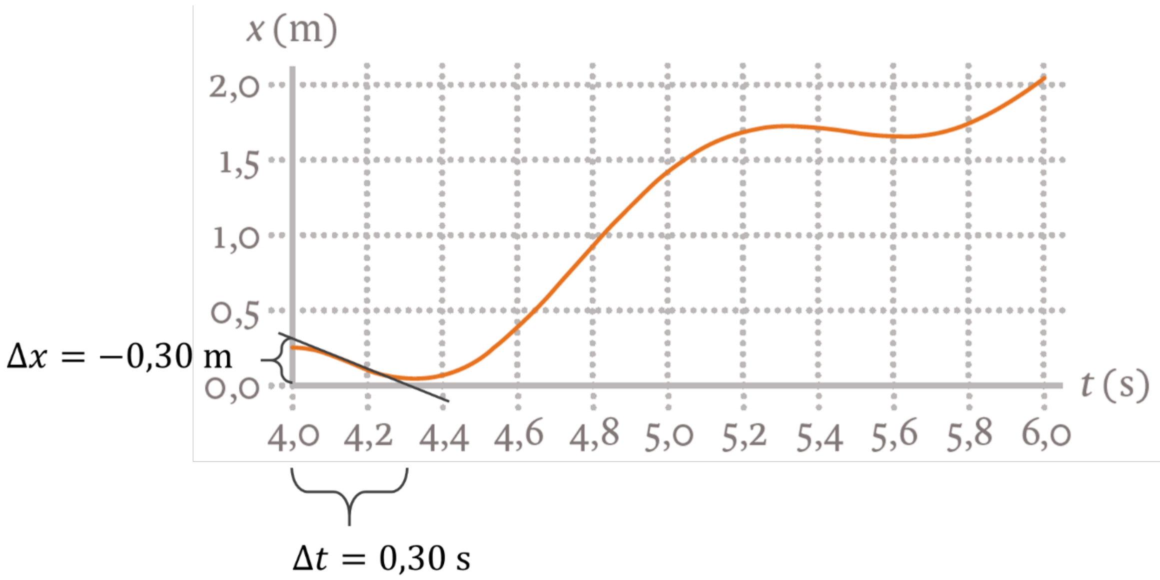
c De grootste snelheid heeft de slinger als deze door de evenwichtstand gaat ($x = 0$ m). De helling van de raaklijn is dan maximaal.

24 a De snelheid is maximaal en positief waar de raaklijn het steilst stijgt:



Gegeven:	$\Delta t = 0{,}75 \text{ s}$ $\Delta x = 2{,}0 \text{ m}$
Gevraagd:	grootste positieve snelheid
Berekening:	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2{,}0}{0{,}75} = 2{,}67 \text{ m s}^{-1}$
Antwoord:	De maximale positieve snelheid is $2{,}7 \text{ m s}^{-1}$.

De snelheid is maximaal en negatief waar de raaklijn het steilst daalt:



Gegeven: $\Delta t = 0{,}30$ s
$\Delta x = -0{,}30$ m

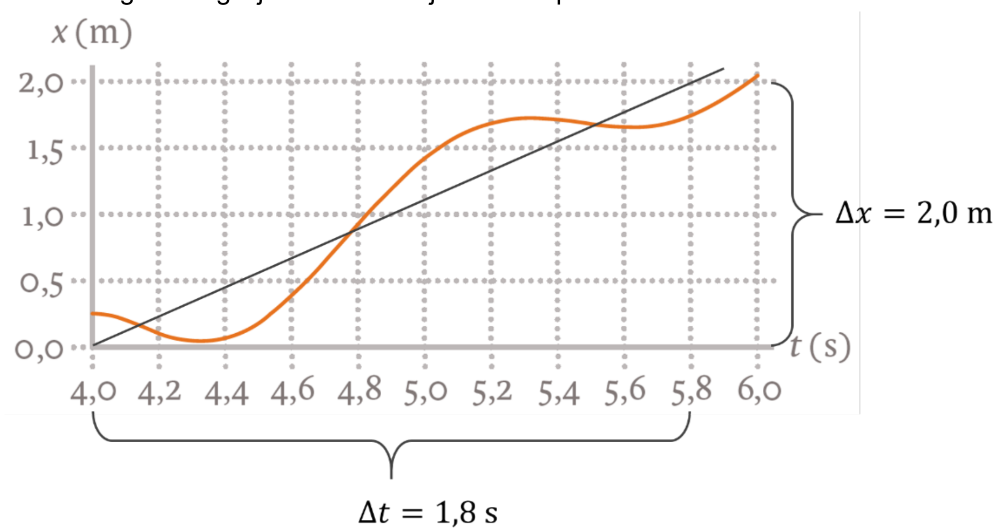
Gevraagd: grootste negatieve snelheid

Berekening: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}30}{-0{,}30} = -1{,}00 \text{ m s}^{-1}$

Antwoord: De maximale negatieve snelheid $-1{,}0 \text{ m s}^{-1}$.

b De raaklijn loopt dan horizontaal en dat is bij: *t* = 4,3 s, *t* = 5,3 s, *t* = 5,65 s.

c Teken zo goedmogelijk een rechte lijn door de punten.



Gegeven: $\Delta t = 1{,}8$ s
$\Delta x = 2{,}0$ m

Gevraagd: v_{gem}

Berekening: $v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2{,}0}{1{,}8} = 1{,}11 \text{ m s}^{-1}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $1{,}1 \text{ m s}^{-1}$.

25 a Gegeven: $\Delta t = 35 \text{ min} = 0{,}583 \text{ h}$
$\Delta x_{\text{max}} = 50 \text{ km}$
$\Delta x_{\text{min}} = 35 \text{ km}$

Gevraagd: v_{gem} maximaal en minimaal

Berekening: maximaal: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{50}{0{,}583} = 85{,}8 \text{ km h}^{-1}$
minimaal: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{35}{0{,}583} = 60{,}0 \text{ km h}^{-1}$

Antwoord: De grootste gemiddelde snelheid is 86 km h^{-1} en de kleinste gemiddelde snelheid is 60 km h^{-1}.

b Twee auto's hebben op dat moment een (bijna) even grote verplaatsing.

c Vanaf 15 km komen de meetpunten dichterbij elkaar. De auto's hebben tussen de 15 km en 25 km een bijna gelijke snelheid.

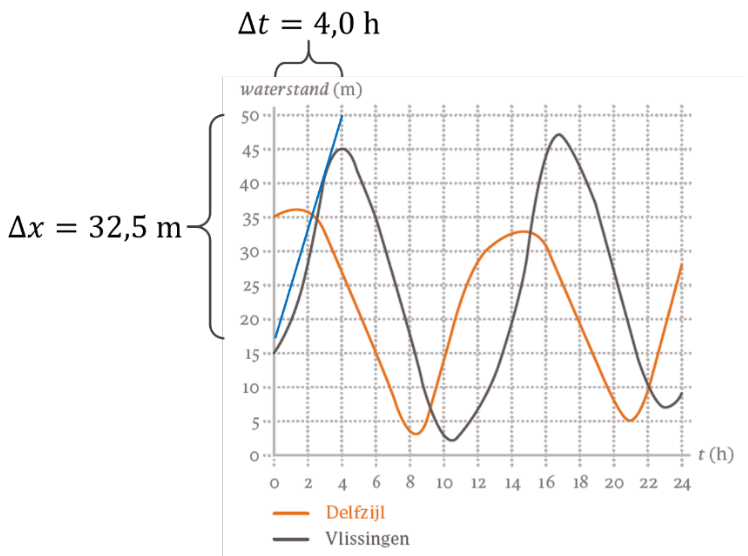
d Om de 5 minuten wordt bepaald op welke plaats de auto's zich bevinden. De grootste afstand die door een auto wordt afgelegd is tussen *t* = 25 min en *t* = 30 min. Daar is de verplaatsing van een auto (bovenste stipje) 41 – 24 = 17 km, De gemiddelde snelheid van die auto is dus:
$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{17}{5/60} = 204 \text{ km h}^{-1}$. Dit is wel te hard.

26 a Bij 25 m s^{-1} past een raaklijn waarbij de helling een verhouding heeft van 25:1. Je kan dit het beste vinden door je geodriehoek op het punt (0,0) en (4,100) te zetten. 100 / 4 is 25.
Je schuift de geodriehoek nu zonder de richting te wijzigen, zo dat je de raaklijn aan de lijn A hebt. Hier is de snelheid dus 25 m s^{-1} en dat is bij *t* = 4,3 s.

b Een vliegtuig stijgt op als het voldoende snelheid heeft ten opzichte van de lucht. Bij wind mee moet het vliegtuig dus een grotere snelheid hebben dan bij tegenwind.

c Het vliegtuig stijgt hier later op, dus heeft wind van achteren.

27 a Teken de raaklijn in *t* = 3,0 h:



$v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{32{,}5}{4{,}0} = 8{,}1 \text{ m h}^{-1}$

Het water stijgt met $8{,}1 \text{ m h}^{-1}$.

b In Vlissingen daalt het water het snelst omdat de (negatieve) helling daar groter is dan in Delfzijl.

28 a Het schip bevindt zich 20 km links van mij.

b Het schip komt 9 km dichterbij in 40 min (= 0,667 h). Dat is dus 9 / 0,667 = 13,5 km h^{-1} dichterbij.

c Het schip blijft precies naast mij en zal dus ook een snelheid moeten hebben in dezelfde richting als mijn snelheid. De totale snelheid van het schip zal dus groter zijn dan 13,5 km h^{-1}.

Examentraining

29 a Δx = 0,74 - 0,23 = 0,51 m.

b De verplaatsing wordt gemeten vanaf de achterkant van het apparaat. Een voorwaartse beweging is dus positief. Tijdens de achterwaartse roeibeweging is de lijn steiler en heeft de roeister dus een grotere snelheid.

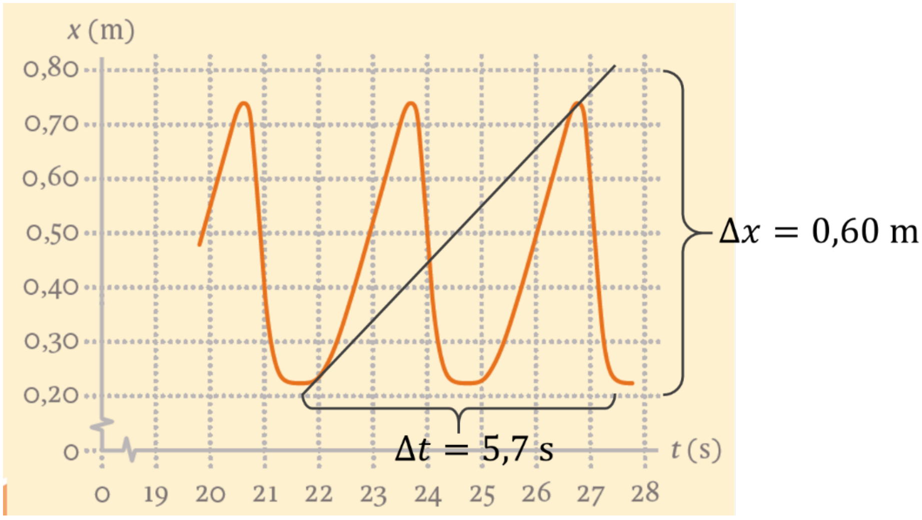
c Gegeven: $\Delta t = 1{,}7\text{ s}$
$\Delta x = 0{,}51\text{ m}$

Gevraagd: v_{gem} in m s^{-1} van de voorwaartse beweging.

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}51}{1{,}7} = 0{,}30\text{ m s}^{-1}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $0{,}30\text{ m s}^{-1}$.

d Teken de raaklijn in t = 22 s.



$v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{0{,}60}{5{,}7} = 0{,}105\text{ m s}^{-1}$

De snelheid op t = 22 s is $0{,}11\text{ m s}^{-1}$

e Je bepaalt op verschillende tijdstippen de snelheid op dat tijdstip m.b.v. de raaklijnmethode. Je zet deze snelheden uit tegen de tijd en tekent het (v,t)-diagram.

f Bij vraag b heb je uitgelegd dat de snelheid tijdens een achterwaartse beweging groter is. Een negatieve snelheid hoort dus bij een achterwaartse beweging.

1.4 Versnelling

30 $a_{gem} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

31 a Gegeven: $\Delta v = 5{,}0 \text{ m s}^{-1}$
$\Delta t = 4{,}0 \text{ s}$

Gevraagd: a_{gem} in m s^{-2}

Berekening: $a_{gem} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5{,}0}{4{,}0} = 1{,}25 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De gemiddelde versnelling is $1{,}3 \text{ m s}^{-2}$.

b Gegeven: $\Delta v = 3{,}0 \text{ m s}^{-1}$
$\Delta t = 2{,}0 \text{ s}$

Gevraagd: a_{gem} in m s^{-2}

Berekening: $a_{gem} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3{,}0}{2{,}0} = 1{,}5 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De gemiddelde versnelling is $1{,}5 \text{ m s}^{-2}$.

c Gegeven: $\Delta v = 85 - 60 = 25 \text{ km h}^{-1} = 6{,}94 \text{ m s}^{-1}$
$\Delta t = 9{,}0 \text{ s}$

Gevraagd: a_{gem} in m s^{-2}

Berekening: $a_{gem} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6{,}94}{9{,}0} = 0{,}771 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De gemiddelde versnelling is $0{,}77 \text{ m s}^{-2}$.

32 a Gegeven: $\Delta t = 0{,}45 \text{ s}$
$a = g = 9{,}81 \text{ m s}^{-2}$

Gevraagd: v in m s^{-1} op $t = 0{,}45 \text{ s}$

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta v = a\,\Delta t = 9{,}81 \times 0{,}45 = 4{,}415 \text{ m s}^{-1}$
$\Delta v = v_{eind} - v_{begin} \rightarrow v_{eind} = \Delta v + v_{begin} = 4{,}415 + 0 = 4{,}415 \text{ m s}^{-1}$

Antwoord: De eindsnelheid van de knikker is $4{,}4 \text{ m s}^{-1}$.

b Gegeven: $v_{begin} = 0 \text{ m s}^{-1}$
$v_{eind} = 4{,}42 \text{ m s}^{-1}$

Gevraagd: v_{gem} in m s^{-1}

Berekening: Voor een eenparig versnelde beweging geldt:
$$v_{gem} = \frac{v_{begin} + v_{eind}}{2} = \frac{0 + 4{,}42}{2} = 2{,}21 \text{ m s}^{-1}$$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is $2{,}2 \text{ m s}^{-1}$.

c Gegeven: $\Delta t = 0{,}45\ \text{s}$
$v_{\text{gem}} = 2{,}21\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: Δx in m

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v_{\text{gem}}\Delta t = 2{,}21 \cdot 0{,}45 = 0{,}9945\ \text{m}$

Antwoord: De knikker heeft een afstand van 0,99 m afgelegd en heeft de grond dus nog niet geraakt.

33 a De automobilist versnelt drie keer:
- eerst van 0 km h^{-1} naar 50 km h^{-1} in 5,0 s
- dan van 50 km h^{-1} naar 100 km h^{-1} in 10 s
- ten slotte van 100 km h^{-1} naar 0 km h^{-1} in 15 s.

De eerste versnelling is het grootst:

Gegeven: $\Delta t = 5{,}0\ \text{s}$
$\Delta v = 50 - 0 = 50\ \text{km h}^{-1} = 13{,}9\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13{,}9}{5{,}0} = 2{,}78\ \text{m s}^{-2}$

Antwoord: De grootste versnelling is $2{,}8\ \text{m s}^{-2}$.

b Gegeven: $\Delta t = 15\ \text{s}$
$\Delta v = 0 - 100 = -100\ \text{km h}^{-1} = -27{,}8\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-27{,}8}{15} = -1{,}85\ \text{m s}^{-2}$

Antwoord: De vertraging is $1{,}9\ \text{m s}^{-2}$.

c Bereken de afstand in elk deel van de rit:

Deel 1

Gegeven: $\Delta t = 5{,}0\ \text{s} = 0{,}00139\ \text{h}$
$\Delta v = 50\ \text{km h}^{-1}$

Gevraagd: s in km

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{0+50}{2} = 25\ \text{km h}^{-1}$
$s = v_{\text{gem}}\Delta t = 25 \times 0{,}00139 = 0{,}0348\ \text{km}$

Deel 2

Gegeven: $\Delta t = 10\ \text{min} = 0{,}167\ \text{h}$
$v_{\text{gem}} = 50\ \text{km h}^{-1}$

Gevraagd: s in km

Berekening: $s = v_{\text{gem}}\Delta t = 50 \times 0{,}167 = 8{,}35\ \text{km}$

Deel 3

Gegeven: $\Delta t = 10\ \text{s} = 0{,}00278\ \text{h}$
$\Delta v = 100 - 50 = 50\ \text{km h}^{-1}$

Gevraagd: s in km

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{50+100}{2} = 75\ \text{km h}^{-1}$
$s = v_{\text{gem}}\Delta t = 75 \times 0{,}00278 = 0{,}209\ \text{km}$

Deel 5

Gegeven: $\Delta t = 15\text{ s} = 0{,}00417\text{ h}$
$\Delta v = 0 - 100 = -100\text{ km h}^{-1}$

Gevraagd: s in km

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}}+v_{\text{eind}}}{2} = \frac{100+0}{2} = 50\text{ km h}^{-1}$
$s = v_{\text{gem}}\Delta t = 50 \times 0{,}00417 = 0{,}209\text{ km}$

In deel 4 legt de automobilist dus een afstand af:
$s = 25 - 0{,}0348 - 8{,}35 - 0{,}209 - 0{,}209 = 16{,}2\text{ km}$

Tijd die hij daar over doet:
$t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} = \frac{16{,}2}{100} = 0{,}162\text{ h}$

Totale tijdsduur van de rit:
$t = 0{,}00139 + 0{,}167 + 0{,}00278 + 0{,}162 + 0{,}00417 = 0{,}338\text{ h}$

Bereken de gemiddelde snelheid:
$v_{\text{gem}} = \frac{s}{t} = \frac{25}{0{,}338} = 74{,}0\text{ km h}^{-1}$

De gemiddelde snelheid over de hele rit is 74 km h^{-1}.

34 a Tussen t = 0 s en t = 6 s is de grafiek een rechte stijgende lijn. De snelheid neemt eenparig toe. De versnelling is dus positief en constant.

b Tussen t = 10 s en t = 16 s is de grafiek een rechte dalende lijn. De snelheid neemt eenparig af. De versnelling is dus negatief en constant.

c Gegeven: $\Delta t = 16 - 10 = 6\text{ s}$
$\Delta v = 0 - 5 = -5\text{ m s}^{-1}$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-5}{6} = 0{,}83\text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling is $-0{,}8\text{ m s}^{-2}$.

d Voor de verplaatsing geldt: $s = v_{\text{gem}}\Delta t$
Omdat de beweging eenparig versneld is, geldt er: $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}$
Voor de verplaatsing kun je dus schrijven: $s = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}\Delta t$ (1)

De formule voor de versnelling is: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
Hieruit volgt: $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_{\text{eind}}-v_{\text{begin}}}{a} = \frac{v_{\text{eind}}}{a}$
Schrijf deze uitdrukking om: $v_{\text{eind}} = a\Delta t$ (2)
Substitueer (2) in (1):
$s = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}\Delta t = \frac{1}{2}(a\Delta t)\Delta t = \frac{1}{2}at^2$

e Gegeven: $\Delta t = 6\ \mathrm{s}$
$a = 0{,}83\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

Gevraagd: s in m

Berekening: $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}83 \cdot 6^2 = 14{,}9\ \mathrm{m}$

Antwoord: De verplaatsing is 15 m.

35 a Gegeven: $\Delta x = 1{,}5\ \mathrm{m}$
$\Delta t = 0{,}90\ \mathrm{s}$
$v_{\mathrm{begin}} = 0\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Gevraagd: a in $\mathrm{m\ s^{-2}}$

Berekening: Bereken v_{gem}

$v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1{,}5}{0{,}9} = 1{,}67\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Bereken v_{eind}

$v_{\mathrm{gem}} = \frac{v_{\mathrm{begin}}+v_{\mathrm{eind}}}{2} \rightarrow v_{\mathrm{eind}} = 2v_{\mathrm{gem}} - v_{\mathrm{begin}} = 2 \cdot 1{,}67 + 0 = 3{,}34\ \ \mathrm{m\ s^{-1}}$

Bereken a_{gem}

$a_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3{,}34 - 0}{0{,}90} = 3{,}71\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

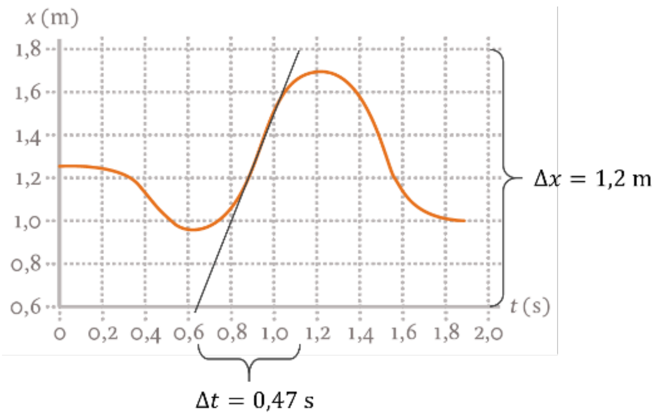
Antwoord: De valversnelling op Mars is $3{,}7\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

b Mars heeft een dunne atmosfeer en er is dus luchtwrijving. Het is geen vrije val.

c De valversnelling op aarde is veel groter dan op Mars. De valtijd zal daarom korter zijn.

36 a Je klasgenoot buigt eerst door zijn knieën om te kunnen afzetten voor de sprong.

b Op t = 1,22 s wordt het hoogste punt bereikt.



c Teken de raaklijn in t = 0,9 s.

$v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\mathrm{raaklijn}} = \frac{1{,}2}{0{,}47} = 2{,}55\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

De snelheid van de klasgenoot is $2{,}6\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

d Gegeven: $\Delta v = 0 - 2{,}55 = -2{,}55\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$\Delta t = 1{,}22 - 0{,}9 = 0{,}32\ \mathrm{s}$

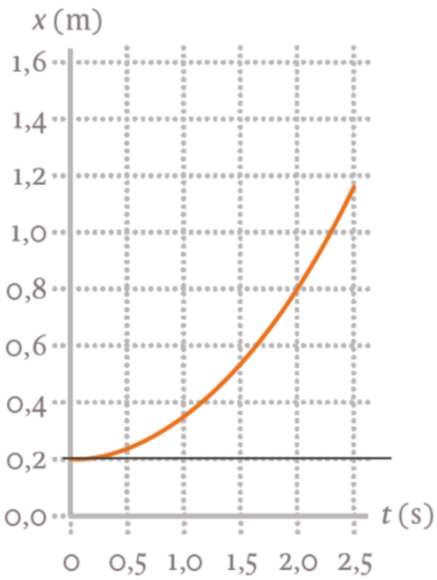
Gevraagd: a_{gem} in $\mathrm{m\ s^{-2}}$

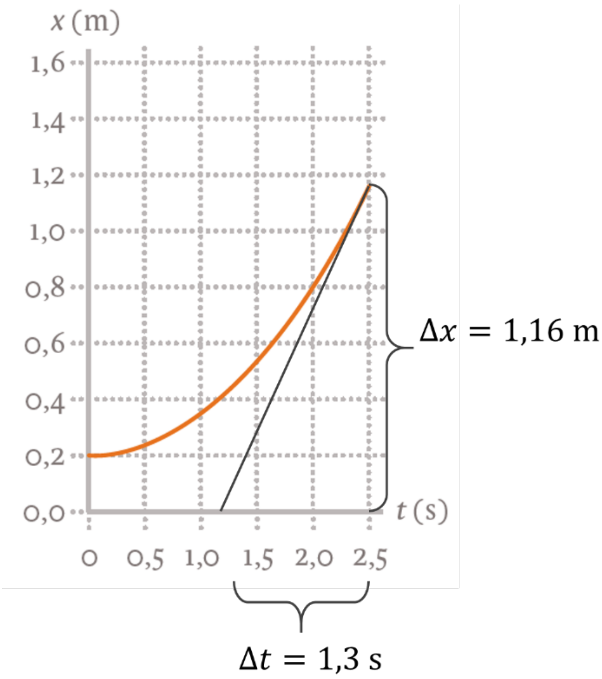
Berekening: $a_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-2{,}55}{0{,}32} = -7{,}97\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

Antwoord: De gemiddelde versnelling is $-8{,}0\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

37 a De grafiek in het (x,t)-diagram is een lijn die steeds steiler wordt. De afstand die het karretje aflegt wordt per seconde (tijdseenheid) groter. Het is dus een versnelde beweging.

b Op t = 0 s is de raaklijn horizontaal. De snelheid is dus 0 m s^{-1}.
Op t = 2,5 s: $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{1{,}16}{1{,}3} = 0{,}892 = 0{,}89\ \text{m s}^{-1}$.





c Gegeven: $\Delta t = 2{,}5\ \text{s}$
$\Delta v = 0{,}892\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: a_{gem} in m s^{-2}

Berekening: $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0{,}892}{2{,}5} = 0{,}357\ \text{m s}^{-2}$

Antwoord: De gemiddelde versnelling is $0{,}36\ \text{m s}^{-2}$.

38 Gegeven: $s = 84\ \text{cm} = 0{,}84\ \text{m}$
$\Delta v = 520\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: Bereken de gemiddelde snelheid:
$v_{\text{gem}} = \frac{0+520}{2} = 260\ \text{m s}^{-1}$

Bereken hoe lang de kogel door de loop beweegt:
$s = v_{\text{gem}} t \rightarrow t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} = \frac{0{,}84}{260} = 3{,}23 \cdot 10^{-3}\ \text{s}$

Bereken de versnelling:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{520}{3{,}23 \cdot 10^{-3}} = 1{,}61 \cdot 10^{5}\ \text{m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling van de kogel is $1{,}6 \cdot 10^{5}\ \text{m s}^{-2}$.

39 a Gegeven: $\Delta t = 26 - 0 = 26 \text{ s}$
$\Delta v = 70 - 0 = 70 \text{ km h}^{-1} = 19{,}4 \text{ m s}^{-1}$

Gevraagd: a_{gem} in m s^{-2}

Berekening: $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{19{,}4}{26} = 0{,}746 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De gemiddelde versnelling is $0{,}75 \text{ m s}^{-2}$.

b De vertraging is groter omdat de tijd waarover het gemiddelde wordt berekend korter is en het snelheidsverschil ongeveer hetzelfde is.

c De gemiddelde versnelling is $\frac{0{,}75}{9{,}81} = 0{,}076\ g$.

d De eerste 20 s beweegt het wagentje niet of met een lage snelheid. Dit heeft veel invloed op de gemiddelde versnelling. De maximale versnelling ligt tussen de *t* = 20 s en *t* = 25 s en is vele malen groter.

e Gegeven: $\Delta t = 3{,}5 \text{ s}$
$\Delta v = 205 - 0 = 205 \text{ km h}^{-1} = 56{,}94 \text{ m s}^{-1}$

Gevraagd: a_{gem} in g

Berekening: $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{56{,}94}{3{,}5} = 16{,}27 \text{ m s}^{-2} = \frac{16{,}27}{9{,}81} = 1{,}66\ g$

Antwoord: De gemiddelde versnelling is $1{,}7\ g$.

40 Gegeven: $\Delta t = 0{,}34 \text{ ms} = 0{,}34 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
$\Delta x = 0{,}0621 \text{ m}$

Gevraagd: a_{gem} in m s^{-2}

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}0621}{0{,}34 \cdot 10^{-3}} = 182{,}6 \text{ m s}^{-1}$

$v_{\text{gem}} = \left(\frac{v_{\text{b}} + v_{\text{e}}}{2}\right) = \left(\frac{v_{\text{b}} + 0}{2}\right) \rightarrow v_{\text{b}} = 2v_{\text{gem}} = 365 \text{ m s}^{-1}$

$a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 365}{0{,}34 \cdot 10^{-3}} = -1{,}07 \cdot 10^{6} \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De gemiddelde vertraging van de kogel is $1{,}1 \cdot 10^{6} \text{ m s}^{-2}$.

41 Deel de val van een hoogte 2*h* op in twee gelijke stukken. Je begint dan aan de tweede helft met de eindsnelheid die je hebt bij een val van hoogte *h*. De valtijd in de tweede helft is dus korter dan in de eerste helft, en daarmee is de snelheidstoename ook kleiner. De eindsnelheid verdubbelt dus niet bij een twee keer zo lange val.

Formeler: voor een vrije val zonder beginsnelheid geldt: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2}$
Hieruit volgt:
(1) $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}}}{2}$

Voor de versnelling van de hamer geldt: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
Hieruit volgt:

(2) $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{a} = \frac{v_{\text{eind}}}{a}$

Voor de afstand waarover de hamer valt geldt: $s = v_{\text{gem}} \Delta t$

Substitueer nu v_{gem} voor uitdrukking (1) en Δt voor uitdrukking (2):

$s = \frac{v_{\text{eind}}}{2} \cdot \frac{v_{\text{eind}}}{a} = \frac{{v_{\text{eind}}}^2}{2a}$

Schrijf de uitdrukking om met v_{eind} vooraan:

$v_{\text{eind}} = \sqrt{2as}$

Hier zie je hoe de eindsnelheid van de hamer afhangt van de hoogte waarvan hij wordt losgelaten.

Laat je nu de hamer van een hoogte 2s vallen, dan is de eindsnelheid:

$v_{\text{eind}} = \sqrt{2a(2s)} = \sqrt{4as}$

De verhouding van deze twee eindsnelheden is:

$\frac{\sqrt{4as}}{\sqrt{2as}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$

Hiermee heb je bewezen dat als de hamer van twee keer zo hoog valt, de eindsnelheid $\sqrt{2}$ keer groter is, dus minder dan twee keer groter.

Examentraining

42 a Gegeven: $\Delta t = 51\ \text{s}$

$v = 5{,}0\ \text{km h}^{-1} = 1{,}39\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: s in m

Berekening: $s = v\Delta t = 1{,}39 \cdot 51 = 70{,}9\ \text{m}$

Antwoord: De helling is 71 m lang.

b De helling mag worden beschouwd als ‘recht naar beneden’, dus de versnelling van de trein is de valversnelling *g*. De versnelling is dan precies 1 *g*.

c Gegeven: $v_{\text{eind}} = 106\ \text{km h}^{-1} = 29{,}4\ \text{m s}^{-1}$

$a = g = 9{,}81\ \text{m s}^{-2}$

Gevraagd: t in s

Berekening: $g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{eind}}}{t} \to t = \frac{v_{\text{eind}}}{g} = \frac{29{,}4}{9{,}81} = 3{,}0\ \text{s}$

Antwoord: De afdaling duurt 3,0 s.

d Gegeven: $a = -5{,}0\ \text{m s}^{-2}$

$\Delta v = 0{,}3 - 15{,}2 = -14{,}9\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: Δt in s

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \to\ \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{-14{,}9}{-5{,}0} = 2{,}98\ \text{s}$

Antwoord: Het remmen mag maximaal 3,0 s duren.

e Gegeven: $\Delta t = 2{,}98\ \text{s}$

$v = 5{,}0\ \text{km h}^{-1} = 1{,}39\ \text{m s}^{-1}$

Gevraagd: s in m

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{15{,}2+0{,}3}{2} = 7{,}75\ \text{m s}^{-1}$

$s = v_{\text{gem}} t = 7{,}75\ \cdot 2{,}98 = 23{,}1\ \text{m}$

Antwoord: De remweg is minimaal 23 m ($2 \cdot 10^1$ m).

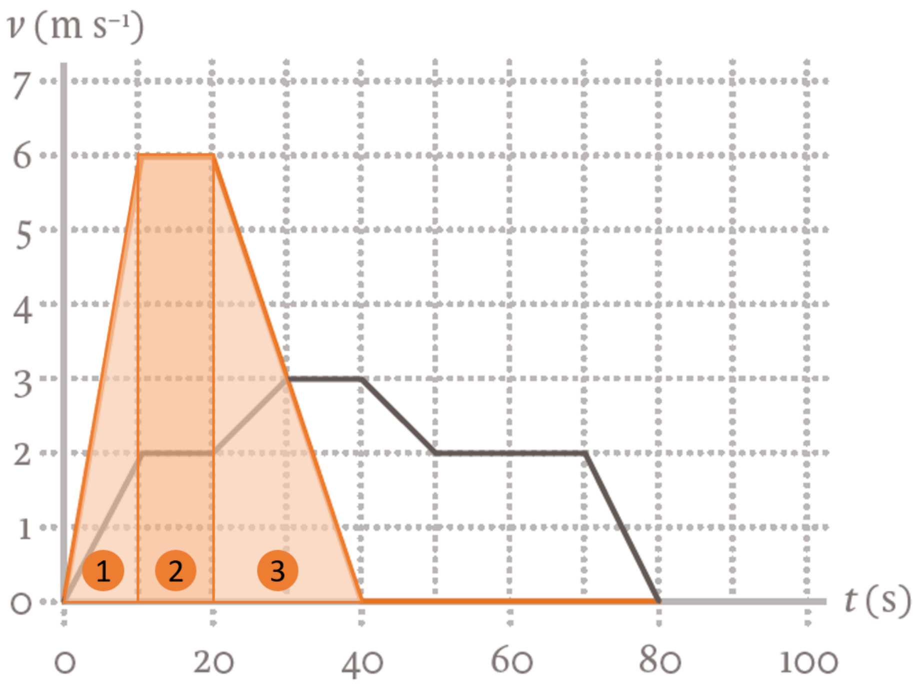
1.5 Snelheid-tijddiagram

43 a Door het snelheidsverschil tussen *t* = 0 s en *t* = 10 s te delen door 10 s.

b De versnelling in de eerste 10 s is eenparig en gelijk aan $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2{,}0}{10} = 0{,}20 \text{ m s}^{-2}$.
Omdat de versnelling eenparig is, is dit dus ook de versnelling op *t* = 5 s.

c Op *t* = 30 s hebben zij dezelfde snelheid.

d Bepaal de oppervlakte onder de grafiek tussen *t* = 0 s en *t* = 40 s:



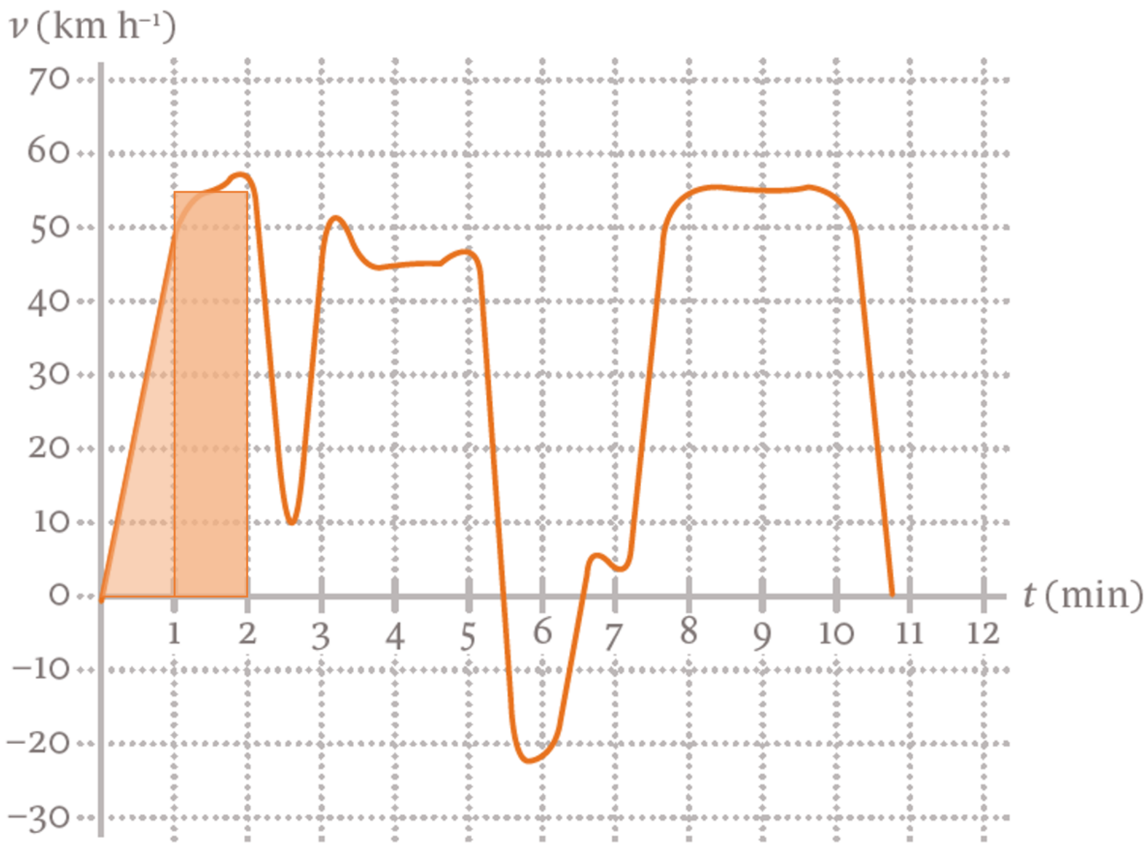
Oppervlakte driehoek 1: $\frac{1}{2} \times 10 \times 6{,}0 = 30 \text{ m}$
Oppervlakte rechthoek 2: $10 \times 6{,}0 = 60$
Oppervlakte driehoek 3: $\frac{1}{2} \times 20 \times 6{,}0 = 60 \text{ m}$
Totale verplaatsing: $30 + 60 + 60 = 150 \text{ m}$
De fietser heeft $1{,}5 \cdot 10^2 \text{ m}$ afgelegd.

e De oppervlakte onder de grafiek van fietser B is in de eerste 40 s kleiner dan de oppervlakte onder de grafiek van fietser A.

f Elk hokje komt overeen met een afstand van $10 \times 1{,}0 = 10 \text{ m}$. Fietser A legt een afstand af van 150 m. Dat komt overeen met 15 hokjes. Het tijdstip waarop de oppervlakte onder de grafiek van fietser B gelijk is aan 15 hokjes is *t* = 70 s. Fietser B haalt fietser A op dat moment in.

44 a Dit bepaal je door de oppervlakte onder de grafiek te bepalen.

b Bepaal de oppervlakte onder de grafiek in de eerste 2 min met geschikte figuren:



Oppervlakte driehoek: $\frac{1}{2} \times \frac{1{,}0}{60} \times 50 = 0{,}417 \text{ km}$

Oppervlakte rechthoek: $\frac{1{,}0}{60} \times 55 = 0{,}917 \text{ km}$

Totale verplaatsing in de eerste 2 min: $0{,}417 + 0{,}917 = 1{,}33 \text{ km}$

De verplaatsing van de auto in de eerste twee minuten is $1{,}3 \text{ km}$.

c Het hoogste punt in de grafiek komt overeen met een snelheid van 56 km h^{-1} = 16 m s^{-1}.

d Gegeven: $\Delta t = 2{,}0 \text{ min} = 0{,}0333 \text{ h}$
$\Delta x = 1{,}3 \text{ km (vraag b)}$

Gevraagd: v_{gem} in km h^{-1}

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1{,}3}{0{,}0333} = 39{,}0 \text{ km h}^{-1}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid is 39 km h^{-1}.

e Op t = 0 min is de grafiek een rechte stijgende lijn:

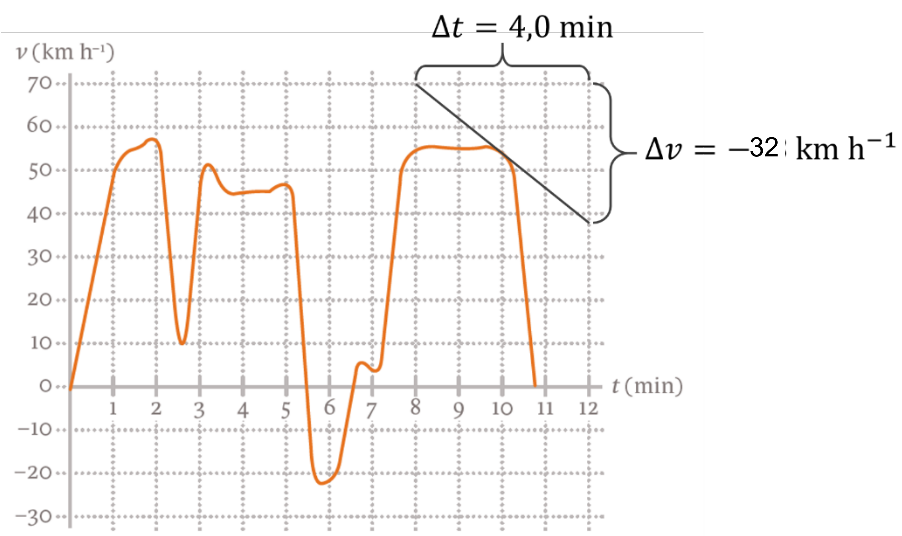
Gegeven: $\Delta v = 50 - 0 = 50 \text{ km h}^{-1} = 13{,}9 \text{ m s}^{-1}$
$\Delta t = 1{,}0 \text{ min} = 60 \text{ s}$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13{,}9}{60} = 0{,}232 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling is $0{,}23 \text{ m s}^{-2}$.

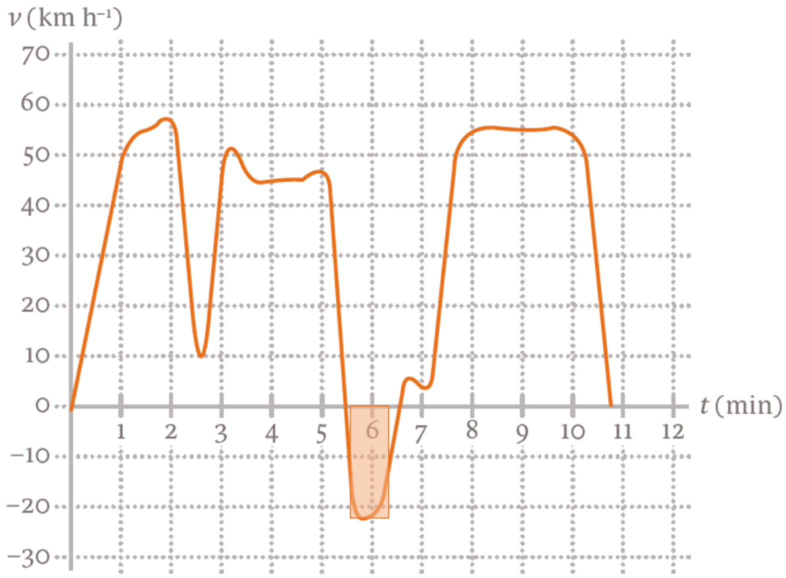
f Teken de raaklijn op t = 10 min:



$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{-32/3{,}6}{4{,}0 \cdot 60} = -0{,}037 \text{ m s}^{-2}$

De versnelling op t = 10 min is $= -0{,}037 \text{ m s}^{-2}$.

g Terugrijden wordt in het diagram aangegeven door een negatieve snelheid.
Bepaal de oppervlakte tussen de grafiek en de tijdas met een geschikte figuur:

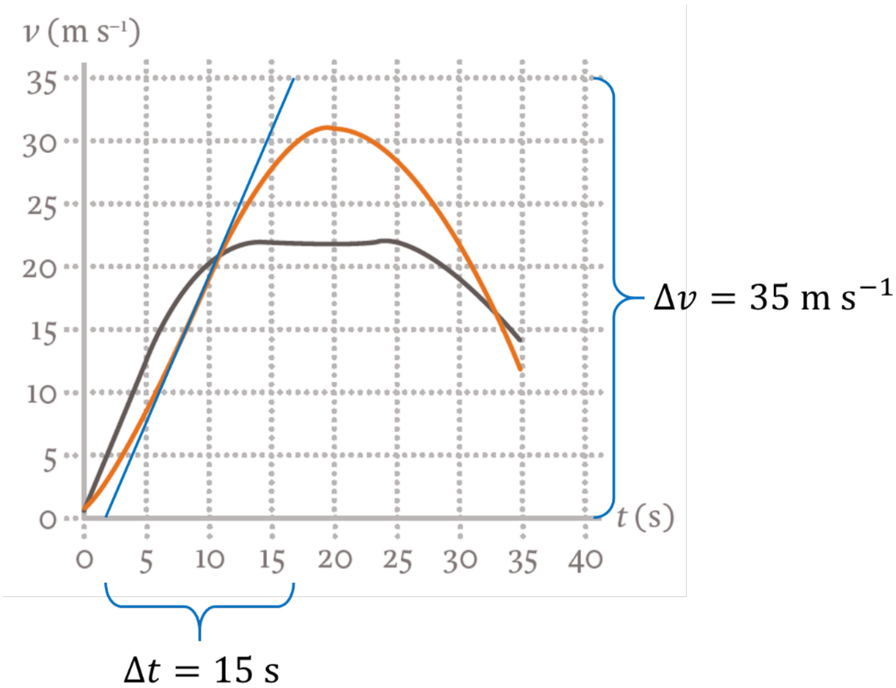


$\Delta t = 6{,}3 - 5{,}6 = 0{,}7 \text{ min} = 42 \text{ s}$
$\Delta v = 22 - 0 = 22 \text{ km h}^{-1} = 6{,}11 \text{ m s}^{-1}$
Oppervlakte rechthoek: $6{,}11 \times 42 = 257 \text{ m}$

De auto rijdt $2{,}6 \cdot 10^2$ m terug.

45 a De maximale snelheid is 31 m s^{-1}. Dat is gelijk aan $31 \times 3{,}6 = 111{,}6 = 1{,}1 \cdot 10^2$ km h^{-1}.

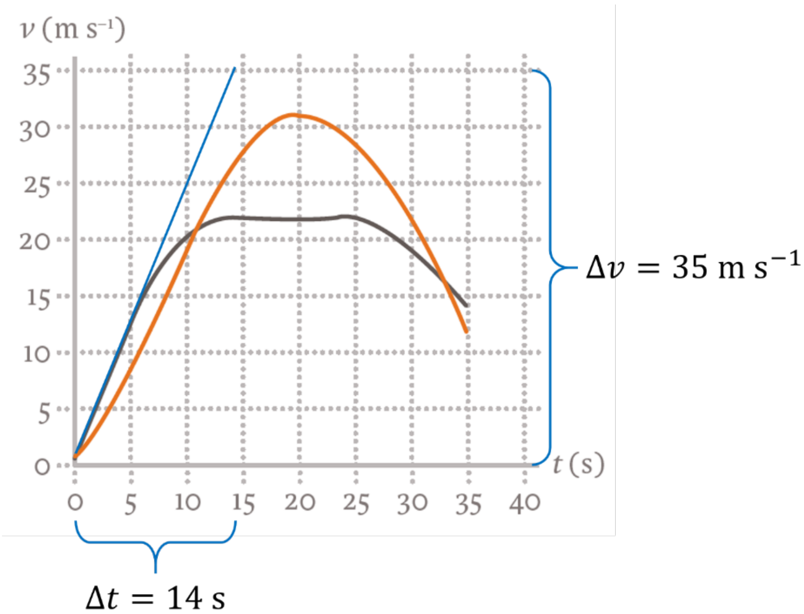
b De versnelling is maximaal waar de raaklijn het steilst is:



$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{35}{15} = 2{,}33 \text{ m s}^{-2}$

De grootste versnelling van het luipaard is $2{,}3 \text{ m s}^{-2}$.

c De versnelling is maximaal waar de raaklijn het steilst is:



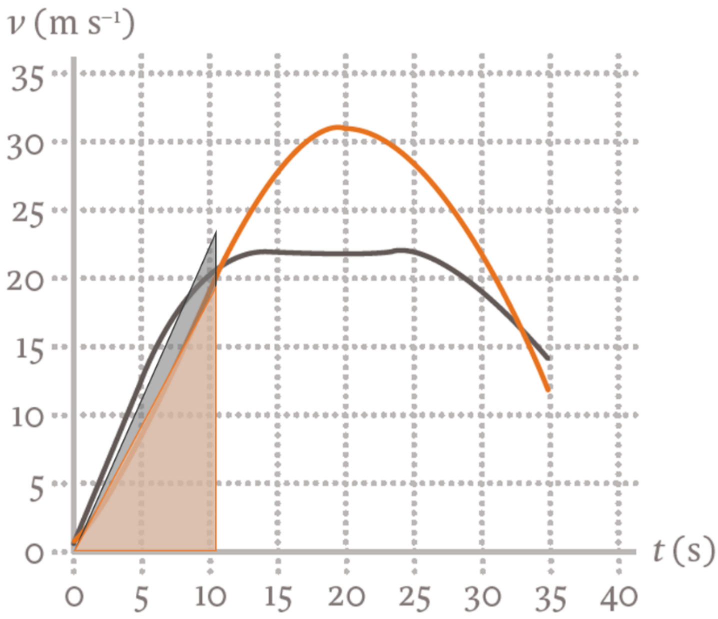
$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{35}{14} = 2{,}5 \text{ m s}^{-2}$

De maximale versnelling van de antilope is $2{,}5 \text{ m s}^{-2}$.

d Het luipaard heeft de grootste afstand afgelegd omdat de oppervlakte onder de grafiek het grootst is.

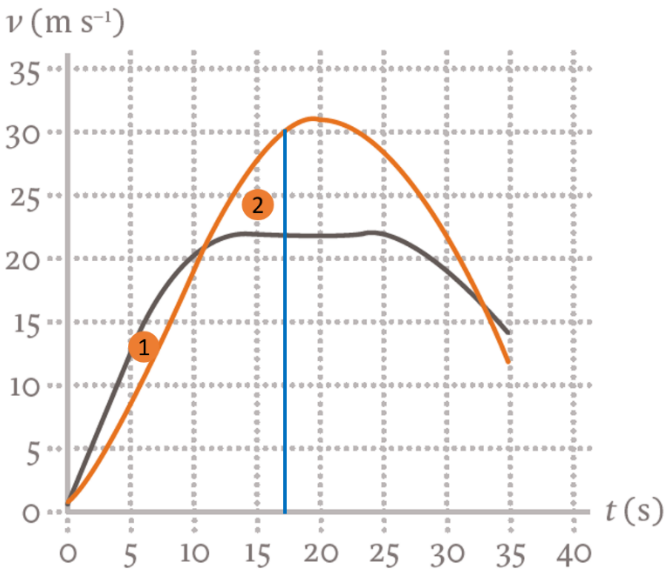
e Het luipaard kan in een korte tijd versnellen naar een hoge topsnelheid. Na het bereiken van de topsnelheid neemt de snelheid van het jachtluipaard meteen weer af.

f Bepaal eerst de voorsprong van de antilope in de eerste 11s. Bepaal hiervoor het verschil in verplaatsing tussen de twee dieren in de eerste 11s door gebruik te maken van twee driehoeken:



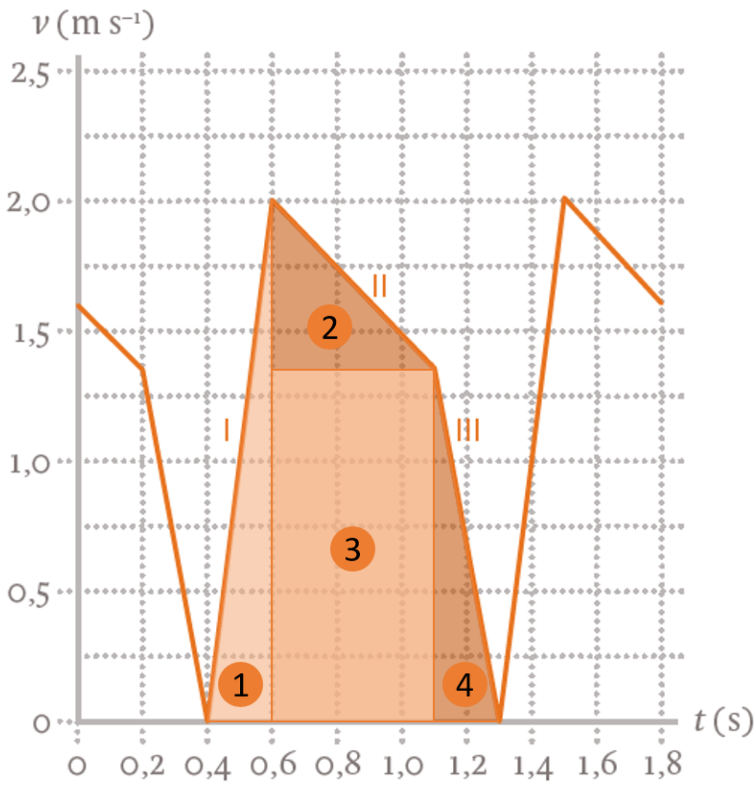
Oppervlakte grijze driehoek: $0{,}5 \times 28 \times 11 = 154$ m
Oppervlakte oranje driehoek: $0{,}5 \times 19 \times 11 = 105$ m
De antilope heeft dus een voorsprong van $154 - 105 = 49$ m.
1 hokje komt overeen met $5{,}0 \times 5{,}0 = 25$ m, dus de voorsprong is ongeveer 2 hokjes.

Het luipaard haalt de antilope in als de oppervlakte tussen de twee grafieken gelijk is aan 2 hokjes:



Dit is ongeveer op t = 17 s.

46 a Bepaal de oppervlakte onder de grafiek van één hele zwembeweging:



Oppervlakte driehoek 1: $0{,}5 \times (2{,}0 - 0) \times (0{,}60 - 0{,}40) = 0{,}20\ \mathrm{m}$
Oppervlakte driehoek 2: $0{,}5 \times (2{,}0 - 1{,}35) \times (1{,}1 - 0{,}60) = 0{,}163\ \mathrm{m}$
Oppervlakte rechthoek 3: $(1{,}35 - 0) \times (1{,}1 - 0{,}60) = 0{,}675\ \mathrm{m}$
Oppervlakte driehoek 4: $0{,}5 \times (1{,}35 - 0) \times (1{,}3 - 1{,}1) = 0{,}135\ \mathrm{m}$

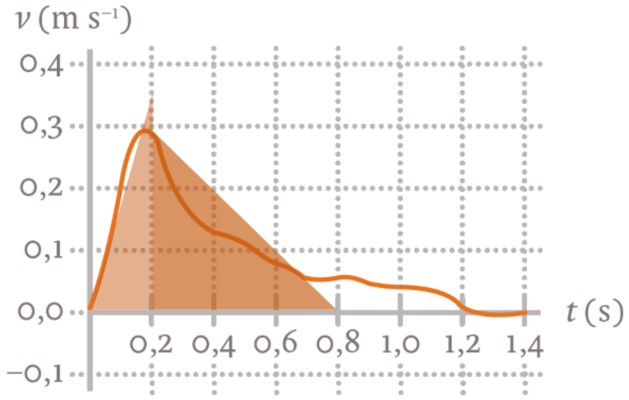
Totale verplaatsing: $0{,}20 + 0{,}163 + 0{,}675 + 0{,}135 = 1{,}17\ \mathrm{m}$
De totale verplaatsing is 1,2 m.

b De zwemmer doet 1,3 – 0,4 = 0,90 s over 1 slag.
In 1 min zijn dat $\frac{60}{0{,}90} = 66{,}7 = 67$ slagen.

c De zwemmer legt 1,2 m af in 0,90 s.
Over 100 m doet de zwemmer dus $\frac{100 \times 0{,}90}{1{,}2} = 75\ \mathrm{s}$

d De versnelling is het grootst daar waar de helling van de lijn het grootst is. Dat is bij zwembeweging 1.

47 a Schat de oppervlakte onder de grafiek:

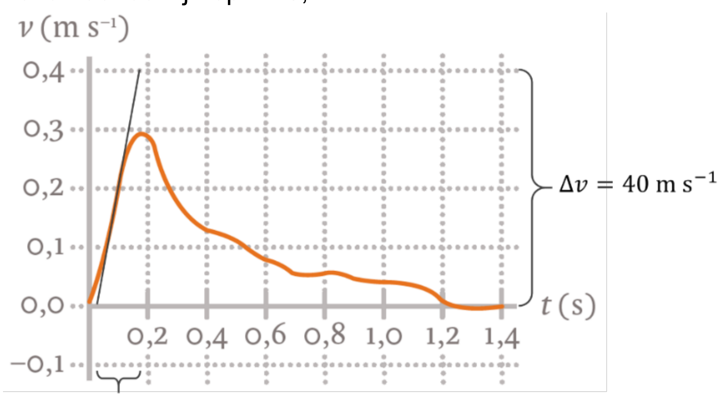


Oppervlakte driehoek 1: $0{,}5 \times 0{,}20 \times 0{,}34 = 0{,}034\ \mathrm{m}$
Oppervlakte driehoek 2: $0{,}5 \times 0{,}60 \times 0{,}28 = 0{,}084\ \mathrm{m}$

Totale oppervlakte: $0{,}034 + 0{,}084 = 0{,}118\ \mathrm{m}$

De afstand die het bloed aflegt is ongeveer $0{,}12\ \mathrm{m} = 12\ \mathrm{cm}$

b Teken de raaklijn op t = 0,1:

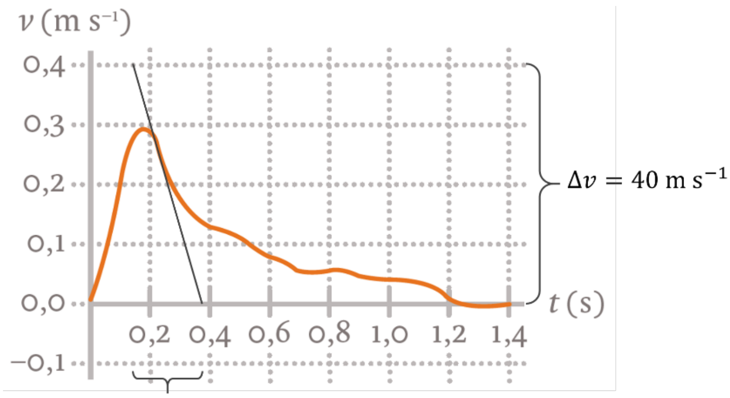


$\Delta t = 0{,}16\ \mathrm{s}$

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\mathrm{raaklijn}} = \frac{0{,}40}{0{,}16} = 2{,}5\ \mathrm{m\ s^{-2}}$$

De versnelling op t = 0,1 s is $2{,}5\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

c Bepaal de raaklijn met de maximale negatieve helling:



$\Delta t = 0{,}22\ \mathrm{s}$

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\mathrm{raaklijn}} = \frac{-0{,}40}{0{,}22} = -1{,}82\ \mathrm{m\ s^{-2}}$$

De maximale vertraging van het bloed is $1{,}8\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

48 a De snelheid van muistroom ligt rond de 2 m s^{-1}.

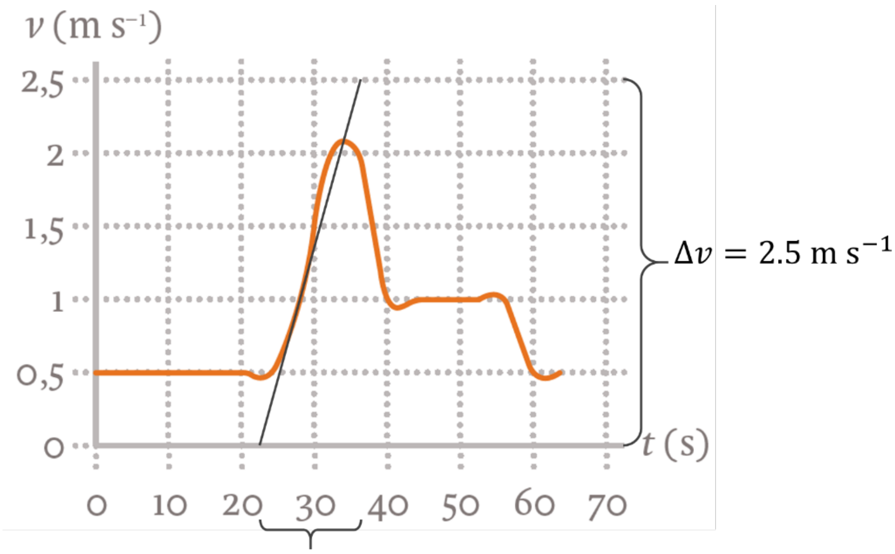
b De zwemmer komt rond de 25 s in de muistroom terecht.

c Bepaal de oppervlakte onder de grafiek van t = 25 s tot t = 60 s:

Aantal hokjes: 8,25
Verplaatsing 1 hokje: $10 \times 0{,}50 = 5{,}0\ \mathrm{m}$
Totale verplaatsing: $8{,}25 \times 5{,}0 = 41{,}25\ \mathrm{m}$

De lengte van de stroom is $41\ \mathrm{m}$.

d Teken de raaklijn in t = 28 s:



$\Delta t =$ 13 s

$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{2{,}5}{13} = 0{,}192\ \mathrm{m\,s^{-2}}$

de versnelling van de zwemmer op t = 28 s is $0{,}19\ \mathrm{m\,s^{-2}}$.

49 Bereken de afstand die de auto aflegt tijdens het versnellen:

Gegeven: $\Delta t = 2{,}98\ \mathrm{s}$
$v_{\text{begin}} = 50\ \mathrm{km\,h^{-1}} = 13{,}9\ \mathrm{m\,s^{-1}}$
$v_{\text{eind}} = 80\ \mathrm{km\,h^{-1}} = 22{,}2\ \mathrm{m\,s^{-1}}$
$a = 1{,}0\ \mathrm{m\,s^{-2}}$

Gevraagd: s in m

Berekening: Bereken hoelang de versnelling duurt:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{22{,}2 - 13{,}9}{1{,}0} = 8{,}3\ \mathrm{s}$

Bereken de afstand die auto aflegt tijdens het versnellen:
$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{13{,}8 + 22{,}2}{2} = 18{,}1\ \mathrm{m\,s^{-1}}$
$s = v_{\text{gem}} \Delta t = 18{,}1 \times 8{,}3 = 150\ \mathrm{m}$

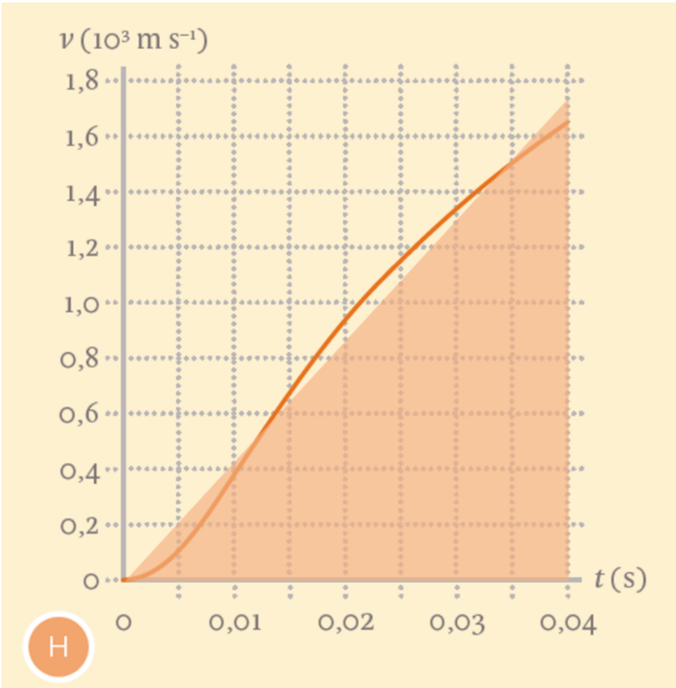
Bereken de afstand die de vrachtwagen tijdens het versnellen aflegt:
$s = v_{\text{vrachtwagen}} \Delta t = 13{,}9 \times 8{,}3 = 115\ \mathrm{m}$

Om de vrachtwagen te passeren, moet de auto $4 + 10 + 16 = 30$ m meer afleggen dan de vrachtwagen. De auto moet dus $115 + 30 = 145$ m afleggen.
Omdat de auto tijdens de versnelling 150 m aflegt, is hij dus de vrachtwagen gepasseerd voordat zijn snelheid $80\ \mathrm{km\ h^{-1}}$ bereikt.

Examentraining

50 a Op t = 0,04 s is de snelheid van het projectiel $1{,}65 \cdot 10^3\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.

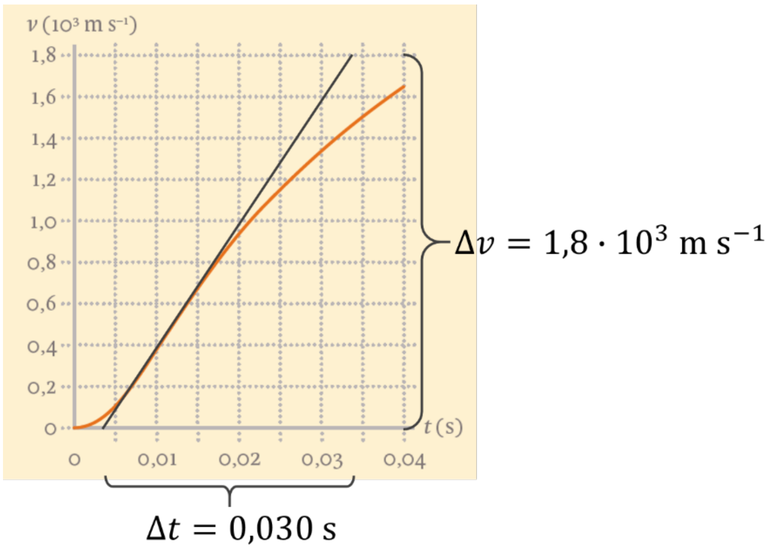
b Bepaal de oppervlakte onder de grafiek met behulp van een geschikte figuur:



Opp driehoek: $0{,}5 \times 1{,}72 \times 0{,}040 \cdot 10^3 = 34{,}4$ m
De lengte van de loop is dus ongeveer 34 m.

c Op t = 0,01 s heeft de raaklijn de grootste helling.

d Bepaal de helling van de raaklijn op t = 0,01 s:



$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{1{,}8 \cdot 10^3}{0{,}030} = 6{,}0 \cdot 10^4\ \mathrm{ms^{-2}}$

De maximale versnelling is $6{,}0 \cdot 10^4\ \mathrm{ms^{-2}}$.

e De kogel is niet recht omhoog geschoten maar onder een hoek. De snelheid bestaat dus uit een horizontale en een verticale component. De verticale component van de snelheid is in het hoogste punt nul maar de horizontale snelheid niet. De snelheid van het projectiel dus ook niet.

f Bepaal de oppervlakte onder de grafiek:

aantal hokjes: 37,5
verplaatsing van 1 hokje: $20 \times 2{,}0 \cdot 10^2 = 4{,}0\ \mathrm{km}$
Totale verplaatsing: $37{,}5 \times 4{,}0 = 150\ \mathrm{km}$

De totale verplaatsing van het projectiel is $1{,}5 \cdot 10^2\ \mathrm{km}$.

g De totale verplaatsing van het projectiel is groter omdat het projectiel ook een verticale verplaatsing heeft (de kogelbaan is niet rechtlijnig).

Toetsvoorbereiding

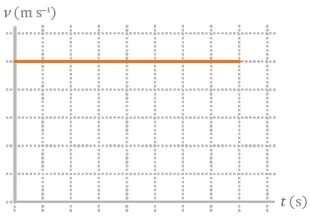
1 a $\Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t$

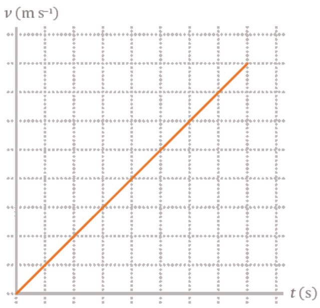
b $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$ en $\Delta t = \frac{\Delta v}{a}$

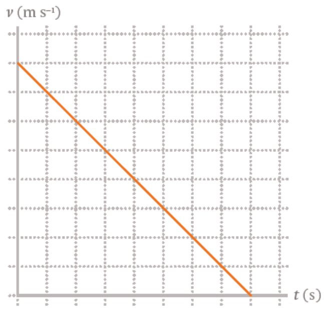
c $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ en $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$. Als een versnelling eenparig is, geldt ook: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2}$.

d $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

2







3 Gegeven: $a = 1{,}9 \text{ m s}^{-2}$
$\Delta v = 120 - 65 = 55 \text{ km h}^{-1} = 15{,}28 \text{ m s}^{-1}$

Gevraagd: Δt in s

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{15{,}28}{1{,}9} = 8{,}04 \text{ s}$

Antwoord: De versnelling duurt $8{,}0$ s.

4 Gegeven: $a = g = 9{,}81 \text{ m s}^{-2}$
$t_1 = 2{,}00 \text{ s}$
$t_2 = 3{,}75 \text{ s}$

Gevraagd: s tussen t_1 en t_2

Berekening: Bereken de verplaatsing na t_1:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta v = a\Delta t = 9{,}81 \times 2{,}00 = 19{,}62 \text{ m s}^{-1}$
$v_{\text{gem}} = \frac{19{,}62}{2} = 9{,}81 \text{ m s}^{-1}$
$s_1 = v_{\text{gem}}\Delta t = 9{,}81 \times 2{,}00 = 19{,}62 \text{ m}$
Bereken de verplaatsing na t_2:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta v = a\Delta t = 9{,}81 \times 3{,}75 = 36{,}79 \text{ m s}^{-1}$
$v_{\text{gem}} = \frac{36{,}79}{2} = 18{,}40 \text{ m s}^{-1}$
$s_2 = v_{\text{gem}}\Delta t = 18{,}40 \times 3{,}75 = 69{,}0 \text{ m}$
Bereken het verschil:
$s = 69{,}0 - 19{,}62 = 49{,}38 \text{ m}$

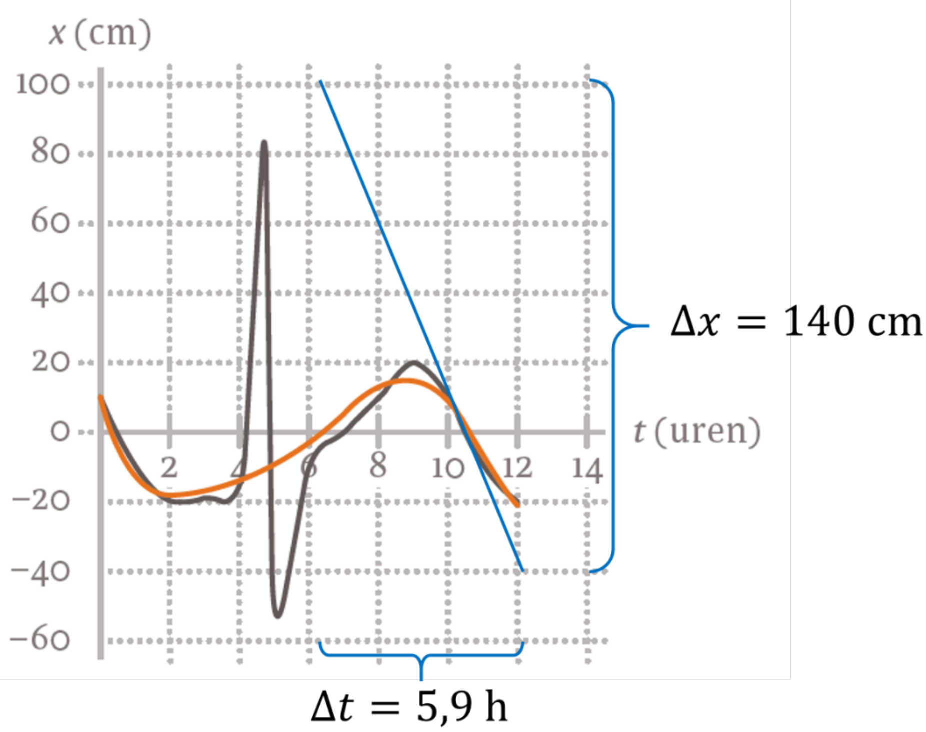
Antwoord: De verplaatsing tussen t_1 en t_2 is $49{,}4$ m.

5 a Net na 4 uur neemt de getijdemeter de tsunami waar.

b $\Delta x = 83 - -54 = 137 \text{ cm} = 1{,}4 \text{ m}$

c De zeespiegel zakt in ongeveer 0,5 uur van top naar dal, dus:
$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1{,}37}{0{,}5 \times 3600} = 7{,}60 \cdot 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$
De gemiddelde snelheid waarmee de zeespiegel daalt, is $8 \cdot 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$.

d Bepaal de raaklijn waar de golf door het nulpunt gaat.



$v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{1{,}40}{5{,}9 \cdot 3600} = 6{,}59 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$
De maximale snelheid waarmee de zeespiegel normaal zakt is $6{,}6 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$.

6 a Gegeven: $s = 80 \text{ km}$
$v_{\text{gem}} = 4{,}0 \text{ km h}^{-1}$

Gevraagd: Δt

Berekening: $s = v_{\text{max}} \Delta t \rightarrow 80 = 4{,}0 \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{80}{4{,}0} = 20 \text{ h}$

Antwoord: Je doet er 20 h over om de Waal af te varen.

b Gegeven: $s = 80 \text{ km}$
$v_{\text{vaar}} = 4{,}0 \text{ km h}^{-1}$
$\Delta t = 8{,}0 \text{ h } 50 \text{ min} = 8{,}83 \text{ h}$

Gevraagd: v_{stroom}

Berekening: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{80}{8{,}83} = 9{,}06 \text{ km h}^{-1}$

$v_{\text{stroom}} = 9{,}06 - 4{,}0 = 5{,}06 \text{ km h}^{-1}$

Antwoord: De stroomsnelheid is $5{,}1 \text{ km h}^{-1}$

c De stroomsnelheid heeft wel invloed. De vriend heeft ongelijk. Je kunt dit inzien door ervan uit te gaan dat het schip een snelheid van 5 km h^{-1} kan varen en dat de stroomsnelheid ook 5 km h^{-1} is. Je gaat dan met 10 km h^{-1} stroom afwaarts en met 0 km h^{-1} stroom opwaarts. Je komt dus nooit meer terug.

7 a Gegeven: $\Delta v = 5{,}0 - 0 = 5{,}0\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$\Delta t = 2{,}0\ \mathrm{s}$

Gevraagd: a in $\mathrm{m\ s^{-2}}$

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5{,}0}{2{,}0} = -2{,}5\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

Antwoord: De versnelling is $2{,}5\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

b Bepaal hiervoor de totale afstand die de lift aflegt, oftewel de oppervlakte onder de hele grafiek:

Deel 1: (oppervlakte driehoek): $0{,}5 \times 5{,}0 \times 2{,}0 = 5{,}0\ \mathrm{m}$
Deel 2: (oppervlakte rechthoek): $5{,}0 \times 6{,}0 = 30\ \mathrm{m}$
Deel 3: (oppervlakte driehoek): $0{,}5 \times 5{,}0 \times 2{,}0 = 5{,}0\ \mathrm{m}$

Totale verplaatsing: $5{,}0 + 30 + 5{,}0 = 40\ \mathrm{m}$
De hoogste verdieping is dus $40\ \mathrm{m}$ hoog.

c De lift vertraagt over een afstand van 5,0 m (zie opgave b).

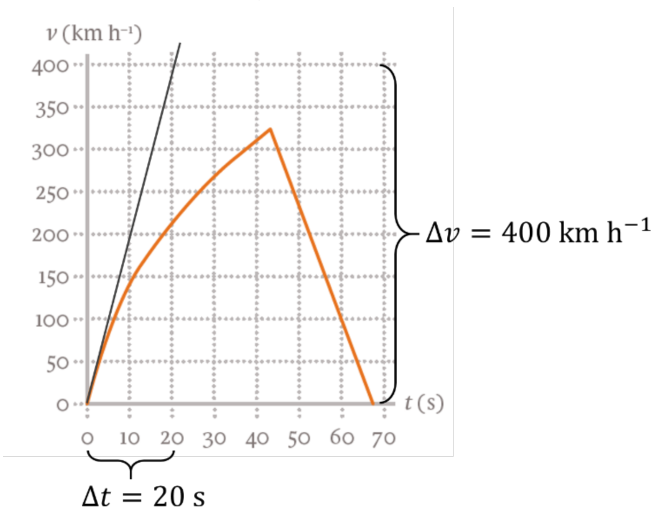
8 Bereken de relatieve snelheid van de intercity ten opzichte van de stoptrein:
$v_{\mathrm{intercity}} = 150 + 80 = 230\ \mathrm{km\ h^{-1}}$

Bereken hoe lang het duurt voordat de treinen elkaar tegenkomen:
$v_{\mathrm{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_{\mathrm{gem}}} = \frac{100}{230} = 0{,}4348\ \mathrm{h}$

Bereken de afstand die de stoptrein in die tijd aflegt:
$s = v_{\mathrm{gem}} \cdot t = 80 \cdot 0{,}4348 = 34{,}8\ \mathrm{km}$

De stroptrein legt $35\ \mathrm{km}$ af.

9 a Teken de raaklijn in *t* = 0 s:.



$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\mathrm{raaklijn}} = \frac{400/3{,}6}{20} = 5{,}56\ \mathrm{m\ s^{-2}}$$

De versnelling van het vliegtuig op *t* = 0 s is $5{,}6\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

b Gegeven: $\Delta v = 0 - 320 = -320\ \text{km h}^{-1} = 88{,}89\ \text{m s}^{-1}$
$\Delta t = 25\ \text{s}$

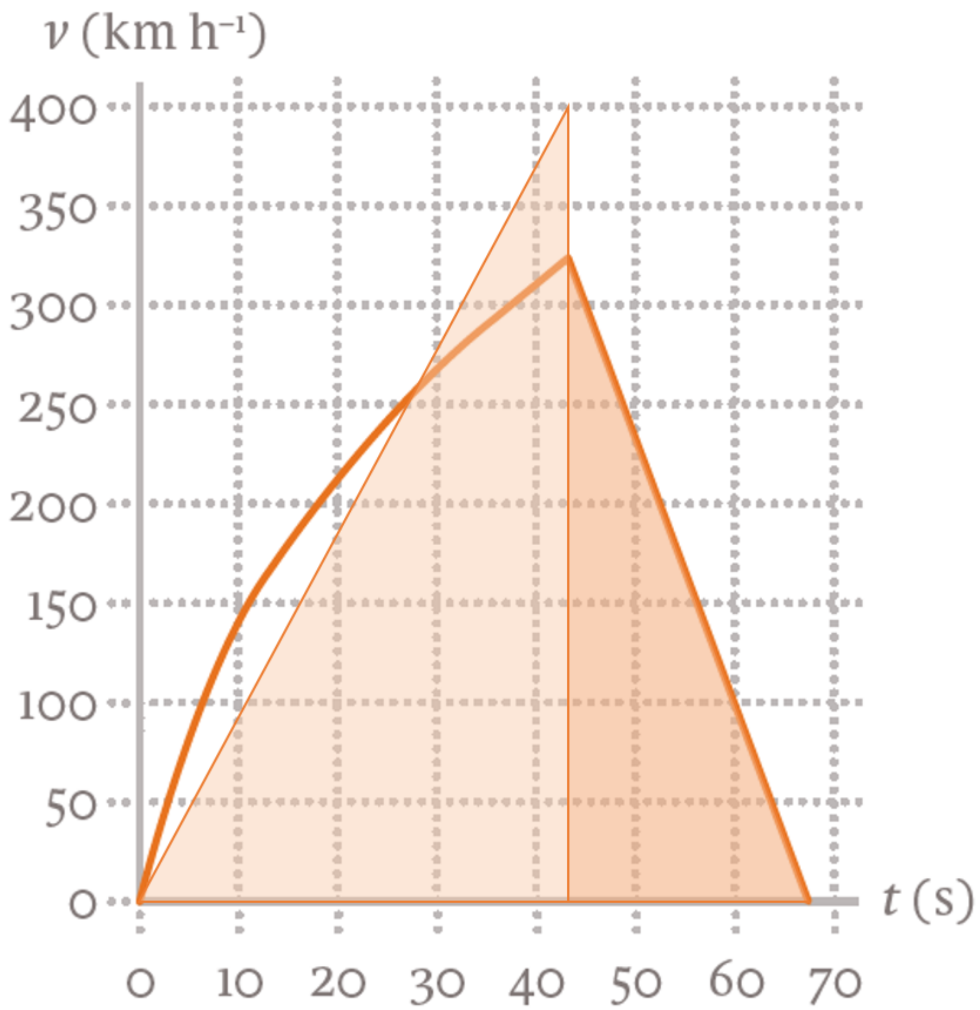
Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-88{,}89}{25} = -3{,}56\ \text{m s}^{-2}$

Antwoord: De maximale remvertraging is $3{,}6\ \text{m s}^{-2}$.

c $v_1 = 320\ \text{km h}^{-1}$

d Bepaal de oppervlakte onder de grafiek met geschikte figuren:



Driehoek 1: $\frac{1}{2} \times {}^{400}/_{3,6} \times 44 = 2444\ \text{m}$

Driehoek 2: $\frac{1}{2} \times {}^{320}/_{3,6} \times 25 = 1111\ \text{m}$

Totale oppervlakte: $2444 + 1111 = 3555\ \text{m}$

Het vliegtuig legt een afstand af van $3{,}6 \cdot 10^3\ \text{m}$. De polderbaan is met 3800 m dus lang genoeg.