

Hoofdstuk 2 Beweging

2.1 Onderzoek naar bewegingen

Opgave 1

- a ► De verplaatsing Δx bereken je met de formule voor de verplaatsing.

$$\Delta x = x_{\text{eind}} - x_{\text{begin}}$$

$$x_{\text{eind}} = 0,0 \text{ m} \quad (\text{aflezen in figuur 7})$$

$$x_{\text{begin}} = 6,0 \text{ m} \quad (\text{aflezen in figuur 7})$$

$$\text{Invullen levert: } \Delta x = 0,0 - 6,0 = -6,0 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } \Delta x = -6,0 \text{ m.}$$

- b ► De gemiddelde snelheid v_{gem} tussen $t = 0,0 \text{ s}$ en $t = 3,0 \text{ s}$ bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

$$\Delta t = t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}} = 3,0 - 0,0 = 3,0 \text{ s}$$

$$\Delta x = x_{\text{eind}} - x_{\text{begin}} = 20 - 6,0 = 14,0 \text{ m} \quad (\text{aflezen in figuur 7})$$

$$\text{Invullen levert: } v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{14,0}{3,0} = 4,667 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{gem}} = 4,7 \text{ m s}^{-1}.$$

- c ► De gemiddelde snelheid v_{gem} tijdens de beweging omlaag bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

De vuurpijl beweegt omlaag van $t = 5,2 \text{ s}$ tot $t = 10,5 \text{ s}$.

$$\Delta t = t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}} = 10,5 - 5,2 = 5,3 \text{ s}$$

$$\Delta x = x_{\text{eind}} - x_{\text{begin}} = 0,0 - 30 = -30 \text{ m} \quad (\text{aflezen in figuur 7})$$

$$\text{Invullen levert: } v_{\text{gem}} = \frac{-30}{5,3} = -5,660 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{gem}} = -5,7 \text{ m s}^{-1}.$$

Opgave 2

- a ► De tijdsduur Δt bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

$$v_{\text{gem}} = 37,58 \text{ km h}^{-1} = \frac{37,58}{3,6} = 10,44 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta x = 100 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } 10,44 = \frac{100}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{100}{10,44} = 9,5785 \text{ s}$$

$$\text{Afgerond: } \Delta t = 9,58 \text{ s.}$$

- b In het begin is de snelheid veel kleiner dan 44 km h^{-1} .

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- c ► De gemiddeld snelheid v_{gem} van Kelvin Kiptum bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

$$\Delta x = 42 \text{ km} + 195 \text{ m} = 42,000 \cdot 10^3 \text{ m} + 195 = 42\,195 \text{ m}$$

(42 km heeft in deze situatie vijf significante cijfers.)

$$t = 2 \text{ h} + 0 \text{ min} + 35 \text{ s} = 2 \times 3600 + 0 \times 60 + 35 = 7235 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } v_{\text{gem}} = \frac{42\,195}{7235} = 5,83207 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{gem}} = 5,832 \text{ m s}^{-1}.$$

Opgave 3

- a ► Dat de bus steeds sneller gaat, beredeneer je door de (gemiddelde) snelheid tussen twee rode stippen te bepalen.

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

Δx tussen twee opeenvolgende rode stippen neemt toe.

Δt tussen twee opeenvolgende opnames blijft gelijk.

Dus de (gemiddelde) snelheid neemt toe.

- b ► De tijdsduur Δt bereken je met het aantal beelden dat gemaakt is na het vierde tot en met het tiende beeld en de tijdsduur tussen twee beelden.

Het tiende beeld is zes beelden later dan het vierde beeld.

De tijdsduur tussen twee opeenvolgende beelden is 0,5 s, want de camera maakt twee beelden per seconde.

$$\Delta t = 6 \times 0,5 = 3,0 \text{ s}$$

- c ► De gemiddelde snelheid v_{gem} van de bus bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

$$\Delta t = 3,0 \text{ s}$$

- De verplaatsing Δx tussen het vierde beeld en het tiende beeld bereken je met de afstand tussen de middens van de vierde stip en de tiende stip en de schaal van de tekening.

In de tekening van figuur 8 meet je dat de afstand tussen de middens gelijk is aan 5,4 cm.

- De schaal bepaal je met de lengte van de balk en de werkelijke lengte van de bus.

De werkelijke lengte van de bus is 10,0 m.

In figuur 8 meet je dat de lengte van de balk gelijk is aan 6,0 cm.

$$6,0 \text{ cm} \triangleq 10,0 \text{ m}$$

$$5,4 \text{ cm} \triangleq \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{5,4 \times 10,0}{6,0} = 9,00 \text{ m}$$

- Invullen van Δx en Δt in de formule $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$:

$$v_{\text{gem}} = \frac{9,00}{3,0} = 3,000 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{gem}} = 3,0 \text{ m s}^{-1}.$$

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

Opgave 4

- a ► De gemiddelde snelheid voor het eerste deel $v_{\text{gem},1}$ bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

$$v_{\text{gem},1} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$$

$$\Delta x_1 = 1,0 \text{ km} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\Delta t_1 = 30 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } v_{\text{gem},1} = \frac{1,0 \cdot 10^3}{30} = 33,3 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Dit is } 33,3 \times 3,6 = 119,9 \text{ km h}^{-1}.$$

Dit is groter dan 100 km h^{-1} .

- b ► De gemiddelde snelheid voor het tweede deel $v_{\text{gem},2}$ bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

$$v_{\text{gem},2} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$$

$$\Delta x_2 = 1,0 \text{ km} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ m}$$

- De tijdsduur Δt_2 bereken je met de maximale tijd voor het gehele traject en de tijd voor de eerste kilometer.

$$\Delta t_{\text{tot}} = \Delta t_1 + \Delta t_2$$

$$\Delta t_1 = 30 \text{ s}$$

- De maximale tijdsduur Δt_{tot} bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid voor het gehele traject.

$$v_{\text{gem,tot}} = \frac{\Delta x_{\text{tot}}}{\Delta t_{\text{tot}}}$$

$$v_{\text{gem,tot}} = 100 \text{ km h}^{-1} = \frac{100}{3,6} = 27,78 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta x_{\text{tot}} = 2,0 \text{ km} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } 27,78 = \frac{2,0 \cdot 10^3}{\Delta t_{\text{tot}}}$$

$$\Delta t_{\text{tot}} = \frac{2,0 \cdot 10^3}{27,78} = 72,0 \text{ s}$$

- Invullen van Δt_{tot} en Δt_1 in de formule $\Delta t_{\text{tot}} = \Delta t_1 + \Delta t_2$:

$$72,0 = 30 + \Delta t_2$$

$$\Delta t_2 = 42,0 \text{ s}$$

- Invullen van Δx_2 en Δt_2 in de formule $v_{\text{gem},2} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$:

$$v_{\text{gem},2} = \frac{1,0 \cdot 10^3}{42,0} = 23,81 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Dit is } 23,81 \times 3,6 = 85,72 \text{ km h}^{-1}.$$

Afgerond: $v_{\text{gem},2} = 86 \text{ km h}^{-1}$.

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

Opgave 5

- Welk diagram hoort bij het spoor bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

De tijd Δt tussen twee opeenvolgende stippen van het spoor is steeds hetzelfde.

- De verplaatsing Δx bepaal je met de afstand tussen de stippen van het spoor.

Bij de eerste acht stippen is de onderlinge afstand steeds hetzelfde, dus is de gemiddelde snelheid steeds hetzelfde. Het eerste stuk van de grafiek in het (x,t) -diagram is dan een rechte lijn.

Na acht stippen neemt de onderlinge afstand af. De (gemiddelde) snelheid neemt dus af. De steilheid van de grafiek in het (x,t) -diagram neemt dan af.

Diagram a is juist.

Opgave 6

- a ► De snelheid van de auto bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

$$\Delta x = 70 \text{ cm} = 0,70 \text{ m}$$

- De tijd Δt bepaal je met het verschil in tijd tussen twee pieken.

De verplaatsing hoort bij de eerste twee pieken als de voorbanden over kabel A en over kabel B rijden.

De tijdsduur tussen de eerste twee pieken is dus Δt .

$$\Delta t = 0,235 - 0,185 = 0,050 \text{ s}$$

- Invullen van Δx en Δt in de formule $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$:

$$v_{\text{gem}} = \frac{0,70}{0,050} = 14,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$14,0 \text{ m s}^{-1} = 14,0 \times 3,6 = 50,4 \text{ km h}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 50 \text{ km h}^{-1}.$$

- b De tijd tussen het passeren van kabel A en kabel B is slechts 0,050 s. In dit interval zal de snelheid van de auto niet (nauwelijks) veranderen.

- c ► De lengte van de auto bereken je met de afstand Δx tussen de as van een voorwiel en de as van een achterwiel en de lengte ℓ die een voor- of achterkant uitsteekt ten opzichte van de as van de wielen.

$$\ell_{\text{auto}} = \Delta x + 2\ell$$

$$\ell = 50 \text{ cm} = 0,50 \text{ m}$$

- De afstand Δx bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

$$v_{\text{gem}} = 14 \text{ m s}^{-1} \text{ (zie vraag a)}$$

- De tijd Δt bepaal je met het verschil in tijd tussen twee pieken.

Het voorwiel zorgt voor de eerste twee pieken. Het achterwiel voor de derde en de vierde. Δt is dus de tijdsduur tussen de eerste en de derde piek (of de tweede en de vierde).

$$\Delta t = 0,428 - 0,185 = 0,243 \text{ s}$$

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- Invullen van v_{gem} en Δt in de formule $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$:

$$14 = \frac{\Delta x}{0,243}$$

$$\Delta x = 14 \times 0,243 = 3,40 \text{ m}$$

- Invullen van Δx en ℓ in de formule $\ell_{\text{auto}} = \Delta x + 2\ell$:

$$\ell_{\text{auto}} = 3,40 + 2 \times 0,50 = 4,40 \text{ m}$$

Afgerond: $\ell_{\text{auto}} = 4,4 \text{ m}$.

2.2 Eenparige rechtlijnige beweging

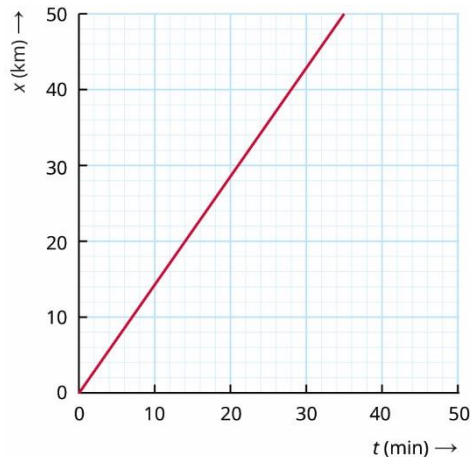
Opgave 7

- a ► De grafiek in het (x,t) -diagram teken je bij een eenparige rechtlijnige beweging met een rechte lijn door de twee punten.

Bij de start van de rit is de tijd 0 min en de plaats 0 km.

Aan het eind is de tijd 35 min en de plaats 50 km.

Zie de uitwerking in figuur 2.1 voor het (x,t) -diagram van de Shuttle in de Kanaaltunnel.



Figuur 2.1

- b ► De grafiek in het (v,t) -diagram teken je bij een eenparige rechtlijnige beweging met een rechte lijn evenwijdig aan de horizontale as.
 ► De snelheid v bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$s = 50 \text{ km} = 50 \cdot 10^3 \text{ m}$$

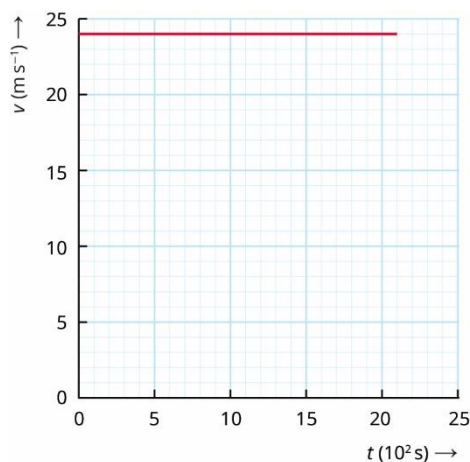
$$t = 35 \text{ min} = 35 \times 60 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } 50 \cdot 10^3 \text{ m} = v \cdot 2,1 \cdot 10^3 \text{ s}$$

$$v = \frac{50 \cdot 10^3}{2,1 \cdot 10^3} = 23,81 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 24 \text{ m s}^{-1}.$$

Zie de uitwerking in figuur 2.2 voor het (v,t) -diagram van de Shuttle in de Kanaaltunnel.



Figuur 2.2

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

Opgave 8

- a ► Dat Frans tijdens het fietsen de grootste afstand aflegt, leg je uit met de oppervlaktemethode. De oppervlakte onder de grafiek bij het onderdeel fietsen is groter dan de oppervlakte onder de grafiek bij het onderdeel zwemmen of hardlopen. Dus legt Frans tijdens het fietsen de grootste afstand af.
- b ► De afstand tijdens het zwemmen en fietsen bepaal je met de oppervlakte onder de grafiek voor zwemmen en hardlopen.
De oppervlakte onder de grafiek voor zwemmen en hardlopen bestaat uit twee rechthoeken.
 $A = (0,5 - 0,0) \times (3,0 - 0,0) + (2,1 - 0,5) \times (25,0 - 0,0) = 41,5$
 De eenheid van de oppervlakte is $\text{h} \cdot \text{km h}^{-1} = \text{km}$.
 De afstand tijdens het zwemmen en fietsen is dus inderdaad 41,5 km.
- c ► De gemiddelde snelheid v_{gem} bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

$$\Delta x = 41,5 + 10 = 51,5 \text{ km}$$

$$\Delta t = 2,85 \text{ h}$$
 Invullen levert: $v_{\text{gem}} = \frac{51,5}{2,85} = 18,07 \text{ km h}^{-1}$
 Afgerond: $v = 18 \text{ km h}^{-1}$.

Opgave 9

- a Bij een eenparige beweging is de snelheid constant en is de (x,t) -grafiek een rechte schuine lijn. Tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 4,0 \text{ s}$ is de grafiek in het (x,t) -diagram geen rechte lijn. Dus is de beweging dan niet eenparig.
- b ► De snelheid v bepaal je uit de steilheid van de (x,t) -grafiek tussen $t = 4,0 \text{ s}$ en $t = 6,0 \text{ s}$.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$
 Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de grafiek die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk zijn af te lezen. Bijvoorbeeld in het diagram van figuur 19 de punten bij $t = 4,0 \text{ s}$ en $t = 6,0 \text{ s}$.
 Invullen levert: $v = \frac{63-32}{6,0-4,0} = 15,5 \text{ m s}^{-1}$
 Afgerond: $v = 16 \text{ m s}^{-1}$.

Opgave 10

- a ► De diepte d van het meer bereken je met de afstand s die het geluid aflegt. Het geluid is heen en weer gegaan voordat het weer ontvangen wordt door de plaatssensor.

$$d = \frac{1}{2} \cdot s$$
- De afstand s die het geluid aflegt, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$v = 1,403 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie Binas tabel 15A})$$

$$t = 0,24 \text{ s}$$
 Invullen levert: $s = 1,403 \cdot 10^3 \times 0,24 = 336,7 \text{ m}$
- Invullen van s in de formule $d = \frac{1}{2} \cdot s$:

$$d = \frac{1}{2} \times 336,7 \text{ m}$$

$$d = 1,684 \cdot 10^2 \text{ m}$$
 Afgerond: $d = 1,7 \cdot 10^2 \text{ m}$.

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- b ► Of de berekende diepte te groot of te klein is, beredeneer je met de formule voor de diepte.

$$d = \frac{1}{2} \cdot s$$

- De verplaatsing s beredeneer je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

v is groter bij een hogere temperatuur. (zie Binas tabel 15A)

t blijft gelijk.

Invullen van de veranderingen levert: $s = (v \text{ wordt groter}) \cdot (t \text{ blijft gelijk})$

s wordt groter.

- Invullen van de verandering van s in de formule $d = \frac{1}{2} \cdot s$:

$$d = \frac{1}{2} \cdot (s \text{ wordt groter})$$

De diepte d van het meer is dus groter bij een hogere temperatuur.

De berekende diepte is dus te klein.

Opgave 11

- a ► Hoe ver weg het onweer is, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$v = 0,343 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie Binas tabel 15A})$$

$$t = 4,25 \text{ s}$$

$$s = 0,343 \cdot 10^3 \times 4,25 = 1,4578 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 1,46 \cdot 10^3 \text{ m.}$$

- b ► De lichtsnelheid in lucht zoek je op in Binas tabel 7A.

$$v = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie Binas tabel 7A})$$

$$\text{Afgerond: } v = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}.$$

- c De tijd die het licht nodig heeft om $1,46 \cdot 10^3 \text{ m}$ af te leggen is veel kleiner dan een duizendste seconde. Dit heeft dus geen invloed op de tijdsduur van 4,25 s.

Opgave 12

- a ► De tijd t_{lopen} die je moet lopen bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s_{\text{lopen}} = v_{\text{lopen}} \cdot t_{\text{lopen}}$$

$$v_{\text{lopen}} = 6,0 \text{ km h}^{-1}$$

- De afstand s_{lopen} bereken je met de afstand van huis naar school en de afstand die je hebt gefietst.

$$s_{\text{lopen}} = 7,2 - s_{\text{fietsen}}$$

- De afstand s_{fietsen} bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s_{\text{fietsen}} = v_{\text{fietsen}} \cdot t_{\text{fietsen}}$$

$$v_{\text{fietsen}} = 18 \text{ km h}^{-1}$$

$$t_{\text{fietsen}} = 15 \text{ minuten} = 0,25 \text{ uur}$$

$$\text{Invullen levert: } s_{\text{fietsen}} = 18 \times 0,25 = 4,5 \text{ km}$$

- Invullen van s_{fietsen} in de formule $s_{\text{lopen}} = 7,2 - s_{\text{fietsen}}$:

$$s_{\text{lopen}} = 7,2 - 4,5 = 2,7 \text{ km}$$

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- Invullen van s_{lopen} in de formule $s_{\text{lopen}} = v_{\text{lopen}} \times t_{\text{lopen}}$:

$$2,7 = 6,0 \cdot t_{\text{lopen}}$$

$$t_{\text{lopen}} = \frac{2,7}{6,0} = 0,45 \text{ h}$$

$$0,45 \text{ h} = 0,45 \times 60 = 27 \text{ min}$$

- b ► De grafiek in het (x,t) -diagram teken je bij een eenparige rechtlijnige beweging met een rechte lijn door de twee punten.

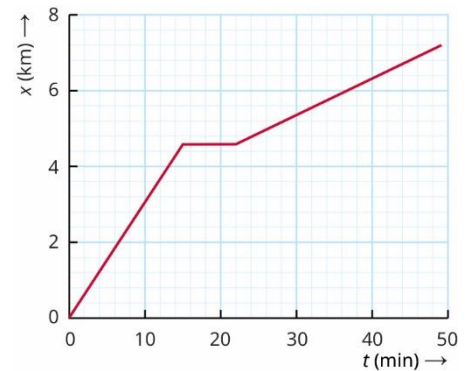
Bij de start van de rit is de tijd 0 min en de plaats 0 km.

Na $t = 15$ min is de plaats 4,5 km.

Na $t = 22$ min is de plaats nog steeds 4,5 km.

Na $t = 22 + 27 = 49$ min is de plaats $4,5 + 2,7 = 7,2$ km.

Zie de uitwerking in figuur 2.3 voor het (x,t) -diagram van de gehele beweging.



Figuur 2.3

Opgave 13

- a ► De tijd t die het jachtluipaard zijn maximale snelheid volhoudt, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$s = 500 \text{ m}$$

$$v = 110 \text{ km h}^{-1} = \frac{110}{3,6} = 30,56 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert: } 500 = 30,56 \cdot t$$

$$t = \frac{500}{30,56} = 16,361 \text{ s}$$

$$\text{Afgerond: } t = 16,4 \text{ s.}$$

- b ► Of het jachtluipaard de gazelle inhaalt, leg je uit door de afstand die het jachtluipaard in 16,4 s aflegt te vergelijken met de afstand die de gazelle aflegt in 16,4 s en de afstand tussen de gazelle en het jachtluipaard bij het begin van de sprint hiermee te verrekenen.

Het jachtluipaard is bij het begin van zijn sprint op 90 m van de gazelle.

Het jachtluipaard legt 500 m af in 16,4 s.

- De afstand die de gazelle aflegt in 16,4 s bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$v = 80 \text{ km h}^{-1} = \frac{80}{3,6} = 22,2 \text{ m s}^{-1}$$

$$t = 16,4 \text{ s}$$

$$s = 22,2 \times 16,4 = 364,0 \text{ m}$$

- Vergelijken van de afstanden

In 16,4 s kan het luipaard $500 - 364,0 = 136,0$ m meer afleggen dan de gazelle.

Dat is meer dan 90 m. Het jachtluipaard haalt de gazelle dus in.

2.3 Eenparig versnelde beweging

Opgave 14

- a Tussen $t = 0,0$ s en $t = 1,0$ s is de (x,t) -grafiek een schuine rechte lijn.
 b Tussen $t = 0,0$ s en $t = 1,0$ s is de (v,t) -grafiek een horizontale rechte lijn.
 c Tussen $t = 1,0$ s en $t = 2,0$ s neemt de steilheid van de (x,t) -grafiek toe.
 d Tussen $t = 1,0$ s en $t = 2,0$ s is de (v,t) -grafiek een schuine rechte lijn.

- e ► De afstand Δx bepaal je met de formule voor de verplaatsing.

$$\Delta x = x_{\text{eind}} - x_{\text{begin}}$$

$$x_{\text{eind}} = 11 \text{ m (aflezen bij } t = 2,0 \text{ s)}$$

$$x_{\text{begin}} = 4 \text{ m (aflezen bij } t = 1,0 \text{ s)}$$

$$\text{Invullen levert: } \Delta x = 11 - 4 = 7 \text{ m}$$

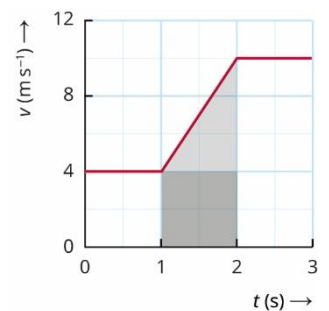
- f ► De afstand Δx bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek tussen $t = 1,0$ s en $t = 2,0$ s.

Zie de arceringen in figuur 2.4.

De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 1,0$ s en $t = 2,0$ s is een driehoek plus een rechthoek.

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times (2,0 - 1,0) \times (10 - 4) + (2,0 - 1,0) \times (4 - 0) = 7,0 \text{ m}$$

Afgerond: $\Delta x = 7 \text{ m}$.



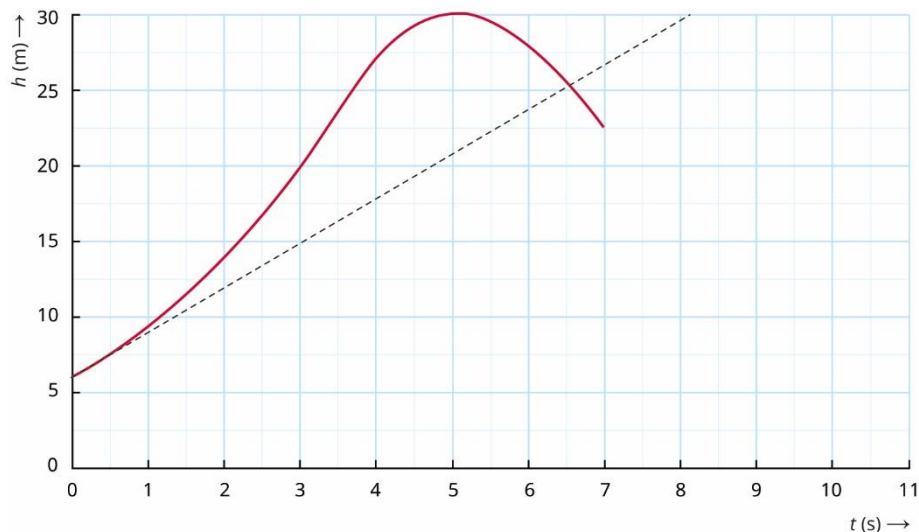
Figuur 2.4

Opgave 15

- a ► De beginsnelheid bepaal je uit de steilheid van de raaklijn op $t = 0,0$ s.

$$v = \left(\frac{\Delta h}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 2.5 is op $t = 0,0$ s de raaklijn aan de grafiek getekend.



Figuur 2.5

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.5 de punten bij $t = 0,0$ s en $t = 8,2$ s.

$$\text{Invullen levert: } v = \frac{30 - 6,0}{8,2 - 0,0} = 2,927 \text{ m s}^{-1}$$

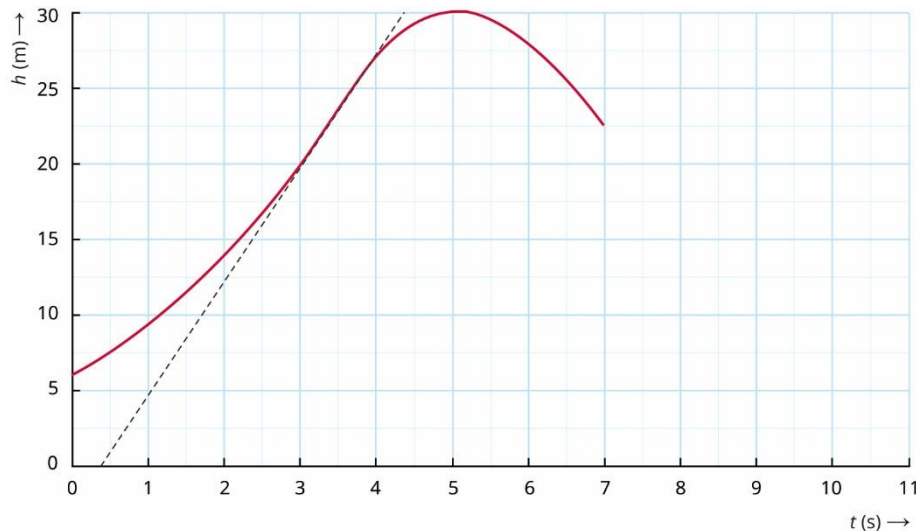
Afgerond: $v = 2,9 \text{ m s}^{-1}$.

- b De maximale snelheid bepaal je uit de maximale steilheid van de raaklijn aan de (h,t) -grafiek.

$$v = \left(\frac{\Delta h}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

De steilheid van de raaklijn is maximaal op $t = 3,6$ s.

Zie de uitwerking in figuur 2.6.



Figuur 2.6

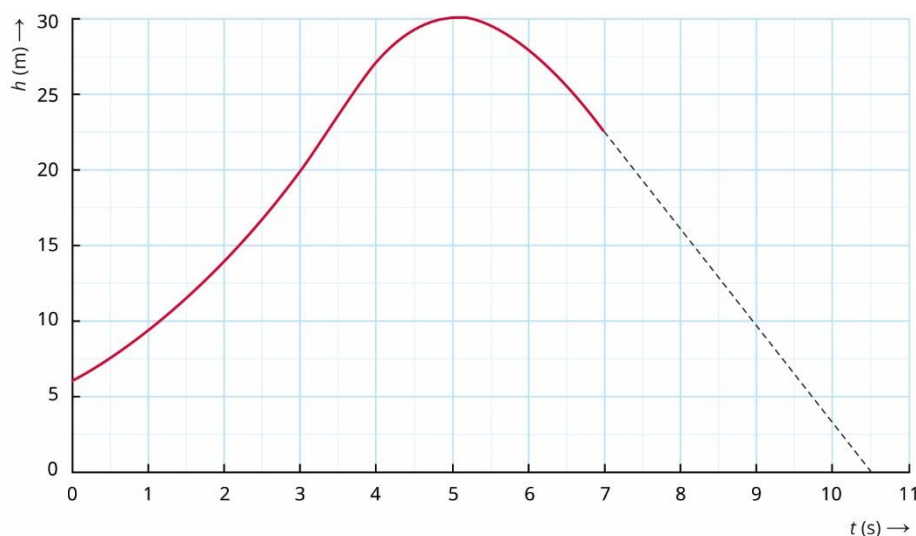
Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.6 de punten bij $t = 0,4$ s en $t = 4,5$ s.

$$\text{Invullen levert: } v = \frac{30 - 0,0}{4,4 - 0,4} = 7,500 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v = 7,5 \text{ m s}^{-1}$.

- c ► Het tijdstip waarop de pijl op de grond valt, bepaal je door de grafiek te verlengen tot $h = 0$ m. De snelheid van de pijl is constant na $t = 7$ s. Dus is na $t = 7,0$ de grafiek een schuine rechte lijn. De grafiek gaat dan verder volgens de raaklijn aan de grafiek op $t = 7,0$ s. Deze raaklijn snijdt de t -as in $t = 10,5$ s. Zie de uitwerking in figuur 2.7.

Dus de pijl valt later dan op $t = 10$ s op de grond.



Figuur 2.7

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

Opgave 16

- a Tussen $t = 0,0$ en $t = 3,0$ s is de (v,t) -grafiek een schuine rechte lijn omhoog. De snelheid neemt regelmatig toe. De beweging is dan eenparig versneld.
Tussen $t = 3,0$ en $t = 5,0$ s is de (v,t) -grafiek een horizontale lijn. De snelheid is constant en de beweging is dan eenparig.
Tussen $t = 5,0$ en $t = 8,0$ s is de (v,t) -grafiek een schuine rechte lijn omlaag. De snelheid neemt regelmatig af. De beweging is dan eenparig vertraagd.

- b ► Het aantal verdiepingen n bereken je met de verhouding van de verplaatsing Δx van de lift en de afstand $s_{\text{verdieping}}$ tussen twee verdiepingen.

$$n = \frac{\Delta x}{s_{\text{verdieping}}}$$

- De verplaatsing Δx bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek tussen $t = 0,0$ s en $t = 8,0$ s. De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 0,0$ s en $t = 8,0$ s is twee driehoeken plus een rechthoek.

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times (3,0 - 0,0) \times (9,0 - 0,0) + (5,0 - 3,0) \times (9,0 - 0,0) + \frac{1}{2} \times (8,0 - 5,0) \times (9,0 - 0,0) = 45,0 \text{ m}$$

- De afstand $s_{\text{verdieping}}$ bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek tussen $t = 0,0$ s en $t = 2,0$ s. De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 0$ s en $t = 2,0$ s is gelijk aan $\frac{1}{2} \times 2,0 \times 6,0 = 6,0$ m. Dit is de afstand voor twee verdiepingen. Dus $s_{\text{verdieping}} = 3,0$ m.

- Invullen van Δx en $s_{\text{verdieping}}$ in de formule $n = \frac{\Delta x}{s_{\text{verdieping}}}$:

$$n = \frac{45,0}{3,0} = 15$$

De lift gaat 15 verdiepingen omhoog.

Opgave 17

- a Je tekent de raaklijn aan de (h,t) -grafiek op $t = 0,0$ s. Als de steilheid van de raaklijn 0 is, is de snelheid 0 m s^{-1} . (De raaklijn loopt dan horizontaal en dat is op $t = 0,0$ s het geval in figuur 34.)

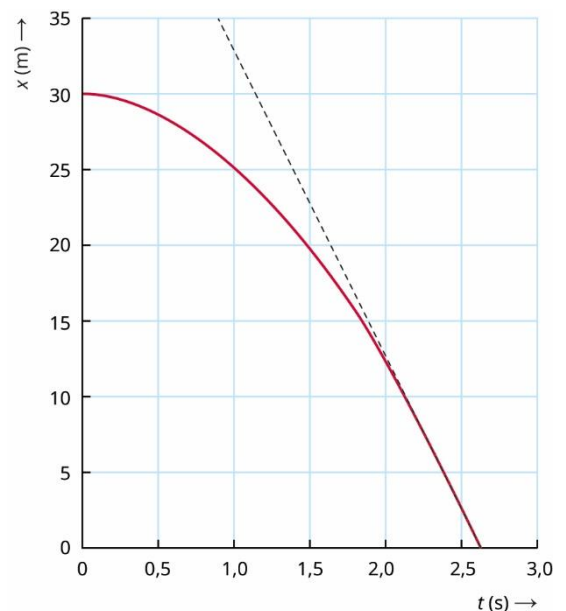
- b ► De snelheid v toon je aan met de steilheid van de raaklijn aan de grafiek op $t = 2,6$ s.

$$v = \left(\frac{\Delta h}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 2.8 is op $t = 2,6$ s de raaklijn aan de grafiek getekend.

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.8 de punten bij $t = 0,9$ s en $t = 2,6$ s.

$$\text{Invullen levert: } v = \frac{0,0 - 35,0}{2,6 - 0,9} = -20,59 \text{ m s}^{-1}$$



Figuur 2.8

(De snelheid is negatief omdat het ijsje naar beneden beweegt.)
Afgerond: $v = 21 \text{ m s}^{-1}$. (De grootte van de snelheid is positief.)

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- c ► Of het ijsje een vrije val maakt, volgt uit het vergelijken van de versnelling van het ijsje met de valversnelling g bij een vrije val.

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

- De (gemiddelde) versnelling a_{gem} van het ijsje bereken je met de formule voor de gemiddelde versnelling.

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

$$\Delta v = 21 - 0 = 21 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta t = 2,6 - 0,0 = 2,6 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } a_{\text{gem}} = \frac{21}{2,6} = 8,08 \text{ m s}^{-2}$$

8,08 is niet gelijk aan 9,81. Dus de beweging van het ijsje is geen vrije val.

Opgave 18

- a Wanneer de trein de deuren sluit, stopt Joris met rennen.
Zijn snelheid neemt dan af. Vanaf $t = 6,0 \text{ s}$ daalt de (v,t) -grafiek.
Dus op $t = 6,0 \text{ s}$ sluit de trein de deuren.

- b ► De versnelling a bepaal je uit de steilheid van de grafiek.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de grafiek die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 33 de punten bij $t = 0,0 \text{ s}$ en $t = 2,0 \text{ s}$.

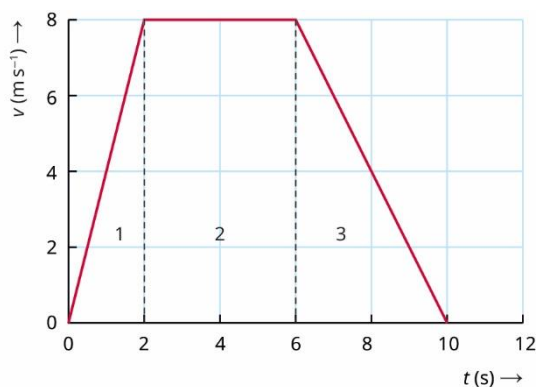
$$a = \frac{8,0 - 0,0}{2,0 - 0,0} = 4,000 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond: $a = 4,0 \text{ m s}^{-2}$

- c ► De afstand Δx die Joris aflegt, bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek.
In figuur 2.9 is de oppervlakte onder de grafiek verdeeld in een rechthoek en twee driehoeken.

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times 2,0 \times 8,0 + (6,0 - 2,0) \times 8,0 + \frac{1}{2} \times (10,0 - 6,0) \times 8,0 = 56,00 \text{ m}$$

Afgerond: $\Delta x = 56 \text{ m}$.



Figuur 2.9

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- d ► De vertraging tijdens het remmen is het tegengestelde van de versnelling a .
 ► De versnelling a tijdens het remmen bepaal je uit de steilheid van de grafiek.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{Omdat de grafiek een rechte lijn is, geldt } a_{\text{gem}} = a.)$$

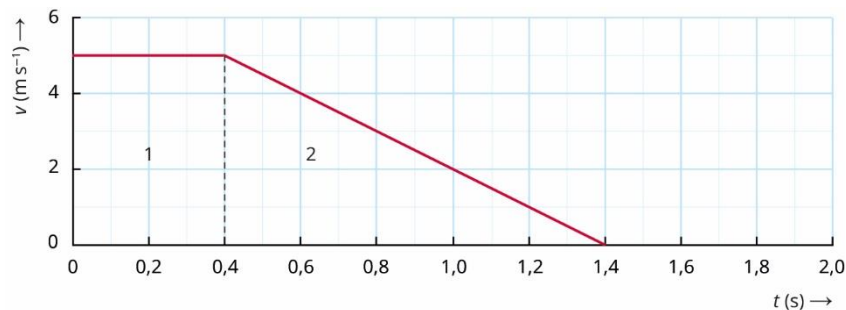
Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de grafiek die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 35 de punten bij $t = 6,0$ s en $t = 10,0$ s.

$$a = \frac{0,0 - 8,0}{10,0 - 6,0} = -2,00 \text{ m s}^{-2}$$

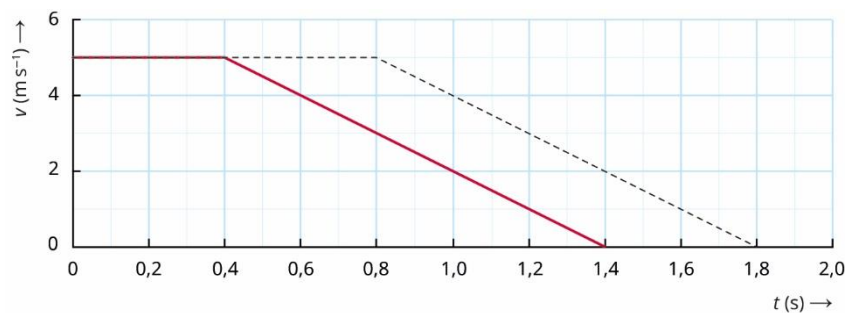
De vertraging is dus afgerond $2,0 \text{ m s}^{-2}$.

Opgave 19

- a ► De stopafstand s bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek.
 In figuur 2.10 is de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek verdeeld in een rechthoek en een driehoek.
 $s = 0,40 \times 5,0 + \frac{1}{2} \times (1,40 - 0,40) \times 5,0 = 4,5 \text{ m}$
 Afgerond: $s = 4,5 \text{ m}$.

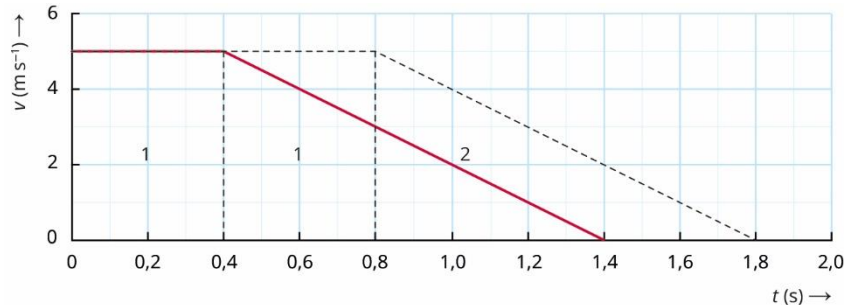
**Figuur 2.10**

- b Het remmen begint pas op $t = 0,8$ s en de snelheid neemt op dezelfde manier af.
 Zie de uitwerking in figuur 2.11.

**Figuur 2.11**

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

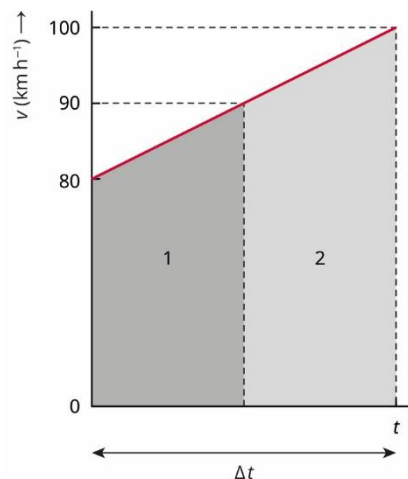
- c De stopafstand s bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek.
De reactietijd is twee keer zo groot. Dus de rechthoek wordt twee keer zo groot.
Zie de uitwerking in figuur 2.12.
 $s = 0,8 \times 5,0 + \frac{1}{2} \times (1,80 - 0,80) \times 5,0 = 6,5 \text{ m}$
Afgerond: $s = 6,5 \text{ m}$.

**Figuur 2.12**

- d Tijdens het remmen verandert er niets.
De remvertraging is even groot en de remtijd dus ook.
De remafstand blijft dus gelijk.
De stopafstand is de remafstand plus de reactieafstand.
De reactietijd wordt groter. Dus rijd je langer eenparig door. De reactieafstand wordt dus groter.
Dus wordt de stopafstand groter.

Opgave 20

- a ► Of de afstand in periode 1 groter of kleiner is dan in periode 2 bereken je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek.
Bij een eenparig versnelde beweging is de (v,t) -grafiek een schuine rechte lijn.
Zie de schets in figuur 2.13.

**Figuur 2.13**

De oppervlakte onder de grafiek van 80 tot 90 km h^{-1} is kleiner dan die van 100 tot 120 km h^{-1} .
De afstand die de Mini Cooper in periode 1 heeft afgelegd is dus kleiner dan die in periode 2.

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- b ► De versnelling a van de Mini Cooper bereken je met de formule voor de gemiddelde versnelling.

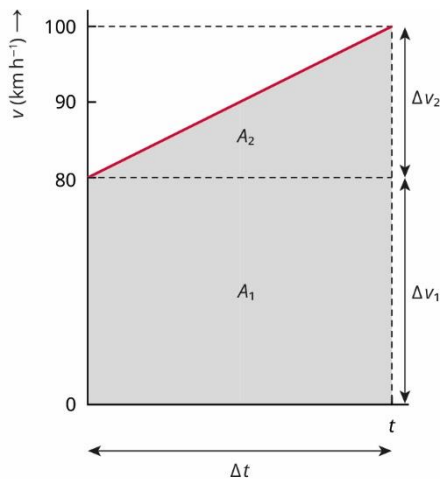
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{Omdat de beweging eenparig versneld is, geldt } a_{\text{gem}} = a.)$$

$$\Delta v = 100 - 80 = 20 \text{ km h}^{-1} = \frac{20}{3,6} = 5,56 \text{ m s}^{-1}$$

- De tijdsduur Δt bereken je door de verplaatsing Δx gelijk te stellen aan een uitdrukking voor de oppervlakte A onder de (v,t) -grafiek in het interval Δt .

$$\Delta x = A = 183 \text{ m}$$

- De oppervlakte A onder de (v,t) -grafiek in het interval Δt bepaal je met een rechthoek en een driehoek. Zie de verdeling van de oppervlakte in figuur 2.14.



Figuur 2.14

$$A = A_1 + A_2$$

$$\Delta v_1 = 80 - 0 = 80 \text{ km h}^{-1} = \frac{80}{3,6} = 22,2 \text{ m s}^{-1}$$

$$A_1 = 22,2 \cdot \Delta t$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot \Delta t \cdot \Delta v_2$$

$$\Delta v_2 = 100 - 80 = 20 \text{ km h}^{-1} = \frac{20}{3,6} = 5,56 \text{ m s}^{-1}$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot \Delta t \cdot 5,56 = 2,78 \cdot \Delta t$$

- Invullen van A , A_1 en A_2 in de formule $A = A_1 + A_2$:

$$183 = 22,2 \cdot \Delta t + 2,78 \cdot \Delta t$$

$$183 = 24,98 \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{183}{24,98} = 7,326 \text{ s}$$

- Invullen van Δv en Δt in de formule $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$:

$$a = \frac{5,56}{7,326} = 0,7589 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Afgerond: } a = 0,76 \text{ m s}^{-2}.$$

2.4 Willekeurige beweging

Opgave 21

- Om te bepalen welk (x,t) -diagram en welk (v,t) -diagram bij een situatie hoort, bepaal je in beide diagrammen het verloop van de snelheid.

In een (v,t) -diagram lees je de snelheid af.

In een (x,t) -diagram bepaal je de snelheid uit de steilheid van de grafiek.

- 1 Als een fietser remt voor een stoplicht, neemt de snelheid af tot nul.

In een (v,t) -diagram daalt de grafiek dan tot nul.

Dit komt overeen met figuur 43g.

In een (x,t) -diagram neemt de steilheid van de raaklijn dan af. Uiteindelijk loopt de raaklijn horizontaal.

Dit komt overeen met figuur 43b.

- 2 Als een auto in een file iets verder rijdt en dan weer stilstaat, neemt de snelheid eerst toe vanaf nul en daarna weer af tot nul.

In een (v,t) -diagram stijgt de grafiek dan eerst vanaf nul en daalt de grafiek daarna weer tot nul.

Dit komt overeen met figuur 43h.

In een (x,t) -diagram loopt de raaklijn dan eerst horizontaal; vervolgens gaat de raaklijn steiler lopen en daarna minder steil. Uiteindelijk loopt de raaklijn weer horizontaal.

Dit komt overeen met figuur 43a.

- 3 Als de marathonloper met constante snelheid rent, heeft de snelheid steeds dezelfde waarde.

In een (v,t) -diagram is de grafiek dan een horizontale lijn.

Dit komt overeen met figuur 43f.

In een (x,t) -diagram is de steilheid van de grafiek dan steeds hetzelfde.

Dit komt overeen met figuur 43c.

- 4 Als een wielrenner een heuvel oprijdt en hem daarna weer afrijdt, is de snelheid tijdens het oprijden van de heuvel kleiner dan de snelheid tijdens het afdalen van de heuvel.

In een (v,t) -diagram zie je dat de wielrenner versnelt op het moment dat hij naar beneden gaat.

Dit komt overeen met figuur 43e. De snelheid is in deze figuur voor en na de versnelling constant.

In een (x,t) -diagram is de steilheid van de raaklijn tijdens het oprijden van de heuvel kleiner dan de steilheid tijdens het afdalen van de heuvel.

Dit komt overeen met figuur 43d.

Opgave 22

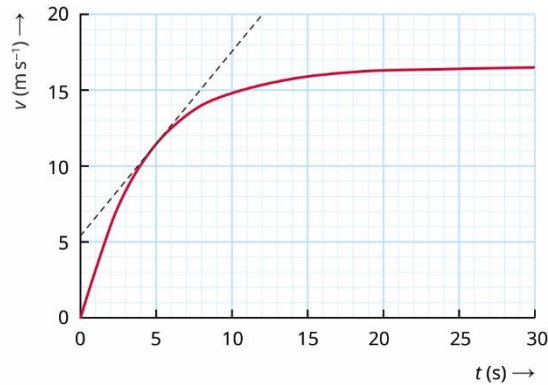
- a ► De versnelling bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.
Op $t = 0$ s is de steilheid van de raaklijn aan de grafiek het grootst. Dan is de versnelling dus het grootst.

- b ► De versnelling a op $t = 5,0$ s bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de grafiek op $t = 5,0$ s.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 2.15 is op $t = 5,0$ s de raaklijn aan de grafiek getekend.

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

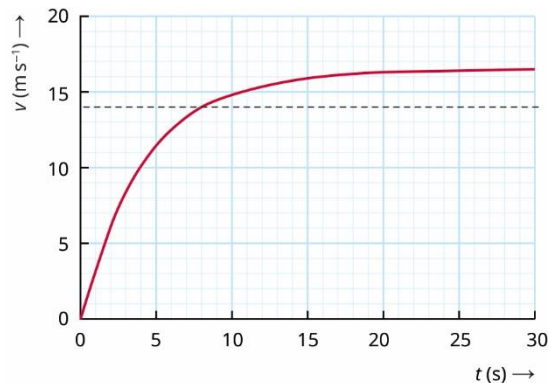
**Figuur 2.15**

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.15 de punten bij $t = 0,0$ s en $t = 12,0$ s.

$$a = \frac{20,0 - 0,0}{12,0 - 0,0} = 1,2167 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond: $a = 1,2 \text{ m s}^{-2}$.

- c
- De afstand Δx bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek tussen $t = 0,0$ s en $t = 30,0$ s.
 - De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 0,0$ s en $t = 30,0$ s benader je met de gemiddelde snelheid. De gemiddelde snelheid is 14 m s^{-1} . Zie de streeplijn in figuur 2.16.
- $$\Delta x = (30,0 - 0,0) \times (14 - 0) = 420 \text{ m}$$
- Dit is binnen de meetonzekerheid gelijk aan 423 m.

**Figuur 2.16**

- d
- De eindtijd t_{500} na 500 m bereken je met de tijd t_{423} voor 423 m en de tijd t_{rest} voor de rest van de rit.
- $$t_{500} = t_{423} + t_{\text{rest}}$$
- $$t_{423} = 30,0 \text{ s}$$
- De tijd t_{rest} voor de rest van de rit bereken je met de formule voor een eenparige beweging.
- $$s = v \cdot t_{\text{rest}}$$
- $$s = 500 - 423 = 77 \text{ m}$$
- $$v = 16,5 \text{ m s}^{-1} \text{ (aflezen in figuur 44)}$$
- Invullen levert: $77 = 16,5 \cdot t_{\text{rest}}$
- $$t_{\text{rest}} = \frac{77}{16,5} = 4,67 \text{ s}$$
- Invullen van t_{423} en t_{rest} in de formule $t_{500} = t_{423} + t_{\text{rest}}$:
- $$t_{500} = 30,0 + 4,67 = 34,67 \text{ s}$$
- Afgerond: $t_{500} = 34,7 \text{ s}$.

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

Opgave 23

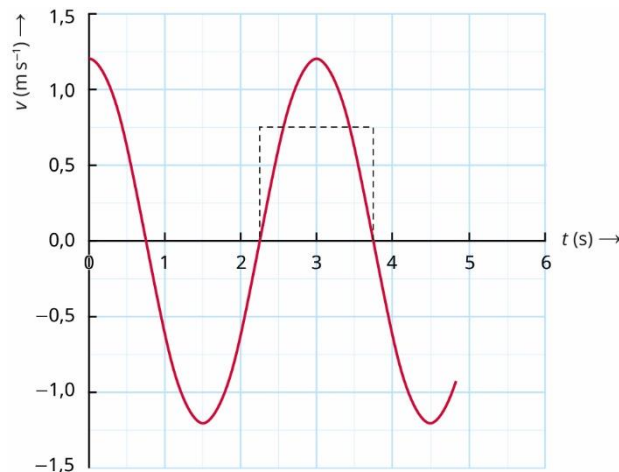
- a ► De afstand Δx tussen de uiterste standen van de schommel bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek. In de uiterste standen is de snelheid v van de schommel 0 m s^{-1} .

De afstand Δx tussen de uiterste standen van de schommel is dus de oppervlakte onder de grafiek tussen twee opeenvolgende snijpunten met de x -as. Bijvoorbeeld tussen $t = 2,25 \text{ s}$ en $t = 3,75 \text{ s}$.

- De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 2,25 \text{ s}$ en $t = 3,75 \text{ s}$ benader je met de gemiddelde snelheid.

De gemiddelde snelheid in dit interval is (ongeveer) $0,75 \text{ m s}^{-1}$.

In figuur 2.17 is de oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 2,25 \text{ s}$ en $t = 3,75 \text{ s}$ met streeplijnen aangegeven.

**Figuur 2.17**

$$\Delta x = 0,75 \times (3,75 - 2,25) = 1,125 \text{ m}$$

Afgerond: $\Delta x = 1,1 \text{ m}$.

- b ► De gemiddelde snelheid v_{gem} tussen de evenwichtsstand en de uiterste stand bereken je met de formule voor de gemiddelde snelheid.

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

- De verplaatsing Δx tussen de evenwichtsstand en de uiterste stand bereken je met de helft van de verplaatsing tussen de uiterste standen.

$$\Delta x = \frac{1,1}{2} = 0,55 \text{ m}$$

- De tijd Δt tussen de evenwichtsstand en de uiterste stand bereken je met de helft van de tijd tussen de uiterste standen.

$$\Delta t = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ s}$$

- Invullen van Δx en Δt in de formule $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$:

$$v_{\text{gem}} = \frac{0,55}{0,75} = 0,7733 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v_{\text{gem}} = 0,77 \text{ m s}^{-1}$.

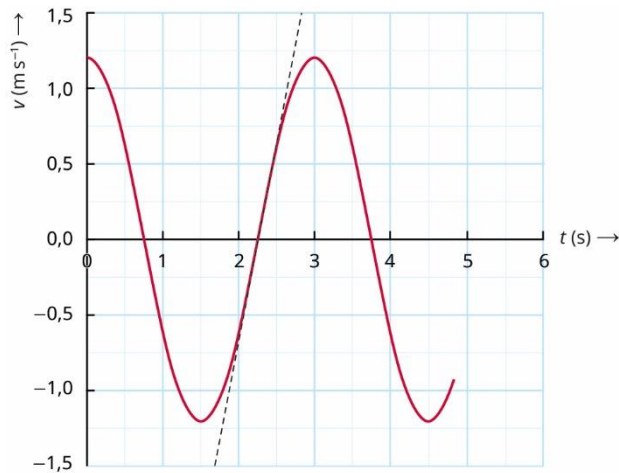
4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- c ► De maximale versnelling a bepaal je uit de maximale steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

De steilheid van de raaklijn is maximaal op $t = 2,3$ s.

Zie de uitwerking in figuur 2.18.



Figuur 2.18

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.18 de punten bij $t = 1,7$ s en $t = 2,9$ s.

$$a = \frac{1,5 - (-1,5)}{2,9 - 1,7} = 2,727 \text{ m s}^{-2}$$

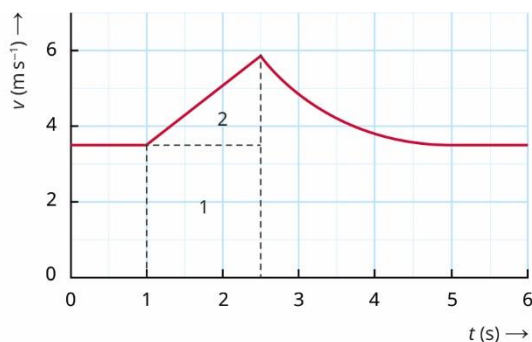
Afgerond: $a = 2,7 \text{ m s}^{-2}$.

Opgave 24

- a ► De afstand Δx bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek tussen $t = 1,0$ s en $t = 2,5$ s. In figuur 2.19 is de oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 1,0$ s en $t = 2,5$ s aangegeven met een driehoek en een rechthoek.

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times (2,5 - 1,0) \times (5,8 - 3,5) + (2,5 - 1,0) \times (3,5 - 0,0) = 6,98 \text{ m}$$

Afgerond: $\Delta x = 7,0 \text{ m}$.



Figuur 2.19

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- b ► De versnelling a bepaal je uit de steilheid van de grafiek.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

In figuur 46 is de grafiek tussen $t = 1,0$ s en $t = 2,5$ s een rechte lijn.

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de grafiek die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn: de punten bij $t = 1,0$ s en $t = 2,5$ s.

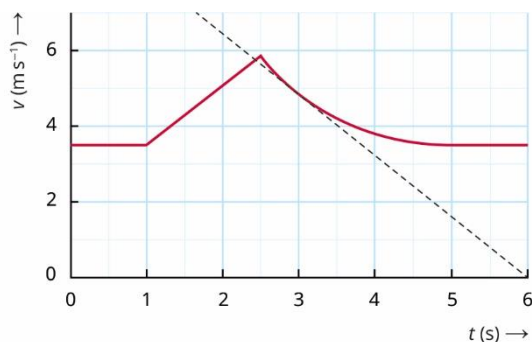
$$a = \frac{5,8 - 3,5}{2,5 - 1,0} = 1,53 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond: $a = 1,5 \text{ m s}^{-2}$.

- c De versnelling a op $t = 3,0$ s bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 2.20 is op $t = 3,0$ s de raaklijn getekend aan de grafiek.



Figuur 2.20

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.20 de punten bij $t = 1,7$ s en $t = 6,0$ s.

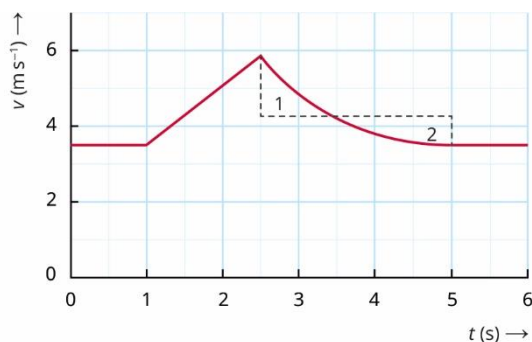
$$a = \frac{0,0 - 7,0}{6,0 - 1,6} = -1,591 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond: $a = -1,6 \text{ m s}^{-2}$.

- d ► De afstand Δx bepaal je met de oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 2,5$ s en $t = 5,0$ s.
 ► De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 2,5$ s en $t = 5,0$ s benader je met de gemiddelde snelheid. In figuur 2.21 zie je dat de gemiddelde snelheid in dit interval (ongeveer) $4,3 \text{ m s}^{-1}$ is. Oppervlakte 1 is dan (ongeveer) gelijk aan oppervlakte 2.

$$\Delta x = 4,3 \times (5,0 - 2,5) = 10,75 \text{ m}$$

Afgerond: $\Delta x = 11 \text{ m}$.

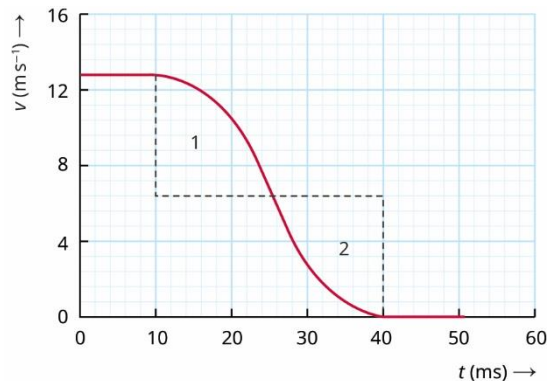


Figuur 2.21

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

Opgave 25

- a ► De gemiddelde snelheid schat je met de oppervlaktemethode.
In figuur 2.22 zie je dat de gemiddelde snelheid in dit interval (ongeveer) $6,4 \text{ m s}^{-1}$ is. Oppervlakte 1 is dan (ongeveer) gelijk aan oppervlakte 2.

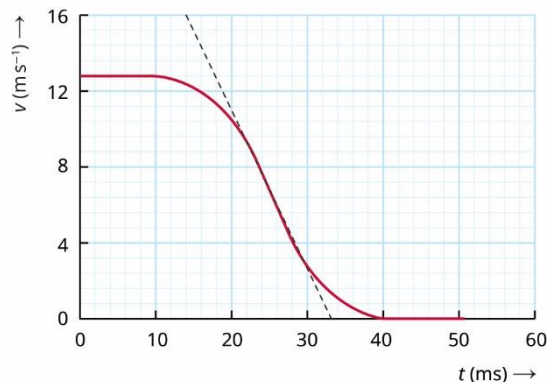
**Figuur 2.22**

- b ► De lengte ℓ bepaal je met de oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 10 \text{ ms} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ en $t = 40 \text{ ms} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.
 $\ell = 6,4 \times (40 - 10) \cdot 10^{-3} = 0,192 \text{ m}$
 Afgerond: $\ell = 0,19 \text{ m}$.

- c De maximale versnelling a bepaal je uit de maximale steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

De steilheid is maximaal op $t = 25 \text{ ms}$.
 Zie de uitwerking in figuur 2.23.

**Figuur 2.23**

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.23 de punten bij $t = 14,0 \text{ ms} = 14,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ en $t = 33,0 \text{ ms} = 33,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

$$a = \frac{0,0 - 16,0}{33,0 \cdot 10^{-3} - 14,0 \cdot 10^{-3}} = -8,421 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-2}$$

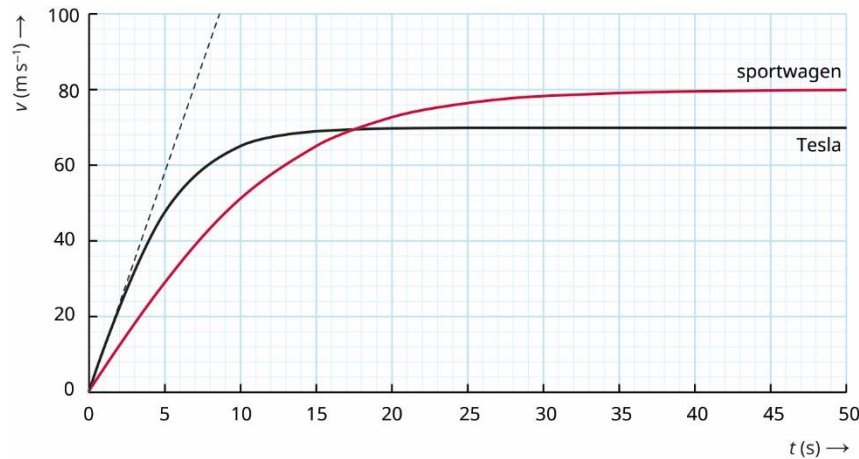
Afgerond: $a = -8,4 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-2}$.

Opgave 26

- a ► De versnelling a op $t = 0$ s bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de grafiek op $t = 0,0$ s.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 2.24 is op $t = 0,0$ s de raaklijn aan de grafiek van de Tesla getekend.

**Figuur 2.24**

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.24 de punten bij $t = 0,0$ s en $t = 8,6$ s.

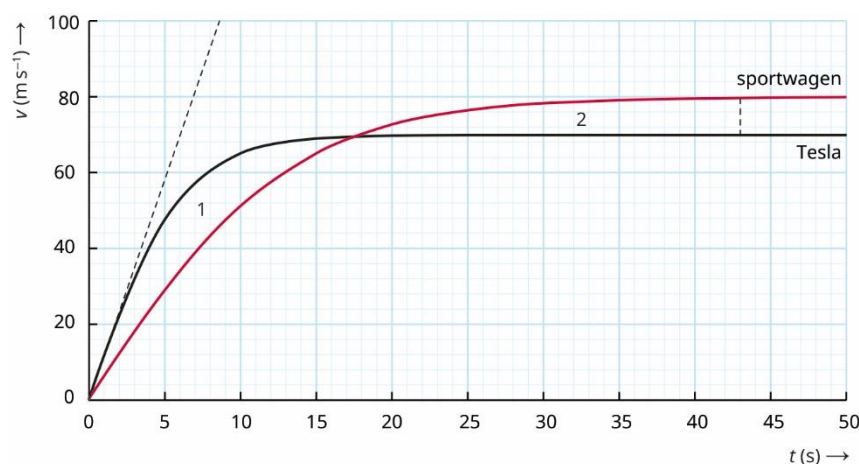
$$\text{Invullen levert: } a = \frac{100,0 - 0,0}{8,6 - 0,0} = 11,63 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } a = 12 \text{ m s}^{-2}.$$

- b ► Het tijdstip waarop de sportwagen de Tesla inhaalt, bepaal je met de oppervlakte onder de grafieken. Als beide auto's dezelfde afstand hebben afgelegd, haalt de sportwagen de Tesla in. Dat betekent dat de oppervlakte onder de grafiek van de sportwagen gelijk aan die van de Tesla. Dat is het geval op $t = 43$ s. In figuur 2.25 is dan oppervlakte 1 gelijk aan oppervlakte 2.

Oppervlakte 1 is (ongeveer) 48 hokjes. Op $t = 43$ s is oppervlakte 2 ook ongeveer 48 hokjes.

Dus op $t = 43$ s haalt de sportwagen de Tesla in.

**Figuur 2.25**

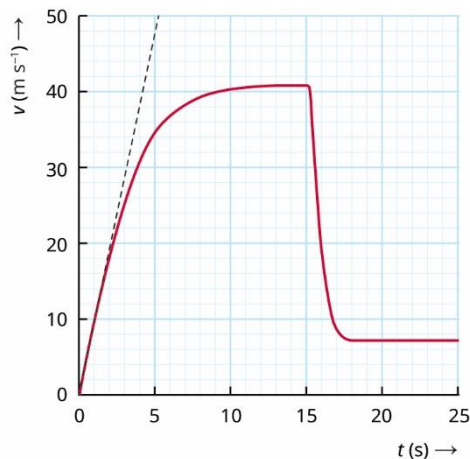
Opgave 27

- a ► Dat de versnelling kleiner is, leid je af uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek. De steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek geeft de versnelling. De steilheid neemt af. Dus neemt de versnelling af.

- b ► De versnelling a op $t = 0$ s bepaal je uit de steilheid van de raaklijn op $t = 0$ s.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 2.26 is op $t = 0,0$ s de raaklijn aan de grafiek getekend.

**Figuur 2.26**

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.26 de punten bij $t = 0,0$ s en $t = 5,0$ s.

$$a = \frac{49 - 0,0}{5,0 - 0,0} = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

- c Op $t = 0$ s is de snelheid 0. Dan is er ook geen luchtweerstand en is de beweging een vrije val. De valversnelling is dan $9,8 \text{ m s}^{-2}$.
- d ► De afstand Δx bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek tussen $t = 15$ s en $t = 18$ s.

Manier 1

- De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 15$ s en $t = 18$ s benader je met de gemiddelde snelheid. De gemiddelde snelheid in dit interval is (ongeveer) 16 m s^{-1} .

Zie de streeplijn in figuur 2.27.

$$\Delta x = (16,0 - 0,0) \times (18 - 15) = 48 \text{ m}$$

Afgerond: $\Delta x = 48 \text{ m}$.

Manier 2

- De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 15$ s en $t = 18$ s benader je door het aantal hokjes te schatten en de oppervlakte van een hokje te bepalen.

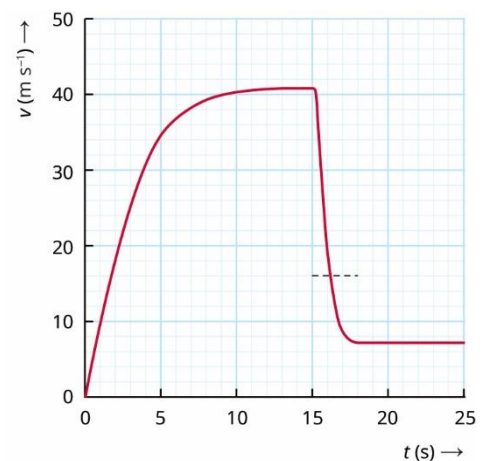
Je telt ongeveer 24 hokjes.

De oppervlakte van een hokje komt overeen met

$$2,0 \text{ m s}^{-1} \times 1,0 \text{ s} = 2,0 \text{ m}$$

$$\Delta x = 24 \times 2,0 = 48 \text{ m}$$

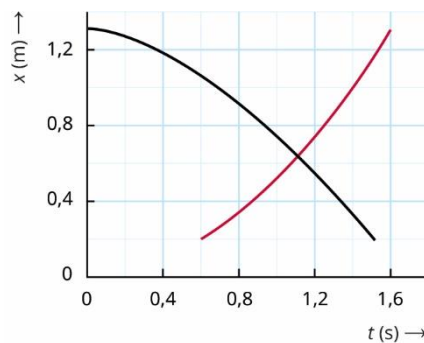
Afgerond: $\Delta x = 48 \text{ m}$.

**Figuur 2.27**

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

Opgave 28

- a De grafiek in het (x,t) -diagram is geen rechte lijn. De beweging is dus niet eenparig (de snelheid neemt toe).
- b ► Dat de sensor zich bovenaan de helling bevindt, leid je af door te beredeneren wat er gebeurt met de plaats x als het karretje wordt losgelaten.
 Aan de grafiek in figuur 51 zie je dat de plaats x toeneemt als de tijd toeneemt.
 Dus de afstand tussen het karretje en de sensor neemt toe.
 Aan de tekening in figuur 50 zie je dat het karretje de helling af zal rollen. Dan neemt de afstand toe tussen het karretje en het punt bovenaan de helling.
 Dus staat de sensor bovenaan de helling.
- c ► De minimale afstand $x_{\min}$ bepaal je door aflezen in figuur 51.
 $x_{\min} = 0,20 \text{ m}$
- d ► De (x,t) -grafiek als de sensor onderaan de helling staat, volgt uit de (x,t) -grafiek als de sensor bovenaan de helling staat.
 In figuur 51 lees je af dat de afstand van de sensor tot aan het einde van de helling $1,3 \text{ m}$ is.
 Zet je de sensor onderaan de helling, dan is dit dus de afstand op $t = 0 \text{ s}$.
 Als de sensor onderaan de helling staat, geldt op elk tijdstip $x_{\text{onder}} = 1,3 - x_{\text{boven}}$.
 De afstand die de sensor nog net registreert is gelijk aan $20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$. Als $x_{\text{onder}} = 0,2$, dan is x_{boven} gelijk aan $1,1 \text{ m}$. Dat is op $t = 1,5 \text{ s}$. Daarna registreert de sensor niet meer.
 De zwarte grafiek in figuur 2.28 is het (x,t) -diagram als de sensor onderaan de helling staat.

**Figuur 2.28**

2.5 Afsluiting

Opgave 29

- a ► De tijdsduur Δt bereken je met het aantal beelden dat is gemaakt na het eerste beeld tot en met het laatste beeld en de tijdsduur tussen twee beelden.

Na het eerste beeld zijn nog vier beelden gemaakt.

De tijdsduur tussen twee opeenvolgende beelden is $\frac{1}{20} = 0,050$ s, want er zijn 20 beelden per seconde.

$$t_5 = 4 \times 0,050 = 0,20 \text{ s}$$

$$\Delta t = 0,20 - 0,00 = 0,20 \text{ s}$$

- b ► De schaal van de foto bepaal je uit de lengte van een auto in figuur 52 en de werkelijke lengte. In figuur 52 meet je op dat de lengte van de auto gelijk is aan 1,8 cm.

De werkelijke lengte is 7,5 cm.

$$1,8 \text{ cm} \triangleq 7,5 \text{ cm}$$

- De snelheid v van de auto bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$t = 0,20 \text{ s} \quad (\text{zie vraag a})$$

- De verplaatsing s in werkelijkheid bereken je met de verplaatsing in figuur 52 en de schaal. In figuur 52 meet je op dat de verplaatsing 10,7 cm is.

$$10,7 \text{ cm} \triangleq s$$

$$1,8 \text{ cm} \triangleq 7,5 \text{ cm}$$

$$s = \frac{10,7 \times 7,5}{1,8} = 44,6 \text{ cm} = 0,446 \text{ m}$$

- Invullen van s en t in de formule $s = v \cdot t$:

$$0,446 = v \cdot 0,20$$

$$v = \frac{0,446}{0,20} = 2,230 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 2,2 \text{ m s}^{-1}.$$

- c ► De diameter d van het wiel bereken je met de omtrek van het wiel.

$$O = 2\pi r = \pi d$$

- De omtrek O van het wiel bereken je met de afstand die is afgelegd en het aantal keren dat het wiel is rondgedraaid.

$$O = \frac{s}{2}$$

- De afstand s bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$v = 2,2 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie vraag b})$$

$$t = 0,050 \text{ s} \quad (\text{zie vraag a})$$

Tussen het eerste en het tweede beeld is 0,050 s verstreken.

$$\text{Invullen levert: } s = 2,2 \times 0,050 = 0,11 \text{ m}$$

- Invullen van s in de formule $O = \frac{s}{2}$:

$$O = \frac{0,11}{2} = 0,055 \text{ m}$$

4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

- Invullen van O in de formule $O = \pi d$:

$$0,055 = \pi d$$

$$d = \frac{0,055}{\pi} = 1,751 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } d = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

- d Als het wiel bij de tweede flits maar één keer heeft rondgedraaid, is de tijd tussen twee flitsen kleiner. De stroboscoop moet dus meer dan 20 flitsen per seconde geven.

Opgave 30

- a ► De hoogte h bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek tussen $t = 0,0 \text{ s}$ en $t = 0,58 \text{ s}$. In figuur 53 zie je dat de oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 0,0 \text{ s}$ en $t = 0,58 \text{ s}$ een driehoek is.
- $$h = \frac{1}{2} \times (0,58 - 0,00) \times (5,6 - 0,0) = 1,624 \text{ m}$$
- Afgerond: $h = 1,6 \text{ m}$.
- b Vlak voordat de bal stuitert, is de snelheid positief. Na $t = 0,58 \text{ s}$ gaat de bal omhoog en is de richting van de beweging tegengesteld. Daardoor is de snelheid negatief in plaats van positief.
- c Als de bal stuitert, verandert de snelheid van positief naar negatief. Dat is het geval op $t = 0,58 \text{ s}$ en $t = 1,38 \text{ s}$. Dus de bal stuitert twee keer.
- d De versnelling volgt uit de steilheid van de (v,t) -grafiek. De steilheid is overal gelijk. Dus is de versnelling dat ook.
- e ► De versnelling a bepaal je uit de steilheid van de (v,t) -grafiek tussen de tijdstippen waarop de bal stuitert.
- $$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
- Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de grafiek. Bijvoorbeeld in figuur 53 de punten bij $t = 0,58 \text{ s}$ en $t = 1,38 \text{ s}$.
- $$a = \frac{3,9 - (-3,9)}{1,38 - 0,58} = 9,750 \text{ m s}^{-2}$$
- Afgerond: $a = 9,8 \text{ m s}^{-2}$.
- f ► Of Milan gelijk heeft beredeneer je met het begrip omgekeerd evenredig. Als het verband tussen het aantal keren stuiten en de snelheid omgekeerd evenredig is, dan is de snelheid na de tweede keer stuiten gehalveerd. In figuur 53 lees je af dat vlak voor de eerste keer stuiten de snelheid gelijk is aan $5,6 \text{ m s}^{-1}$. Vlak voor de tweede keer stuiten is de snelheid gelijk aan $3,9 \text{ m s}^{-1}$. De snelheid is niet gehalveerd. Milan heeft dus geen gelijk.

Opgave 31

- De maximale snelheid $v_{\max}$ lees je af in figuur 55.
- $$v_{\max} = 21 \text{ m s}^{-1} = 21 \times 3,6 = 75,6 \text{ km h}^{-1}$$
- Dat is lager dan 85 km h^{-1} .
Bewering 1 komt dus niet overeen met Esthers metingen.

- De hoogte h bepaal je met de oppervlakte onder de (v,t) -grafiek. Op $t = 3,6 \text{ s}$ is de snelheid 0 m s^{-1} . Dan is de ring op zijn hoogste punt.

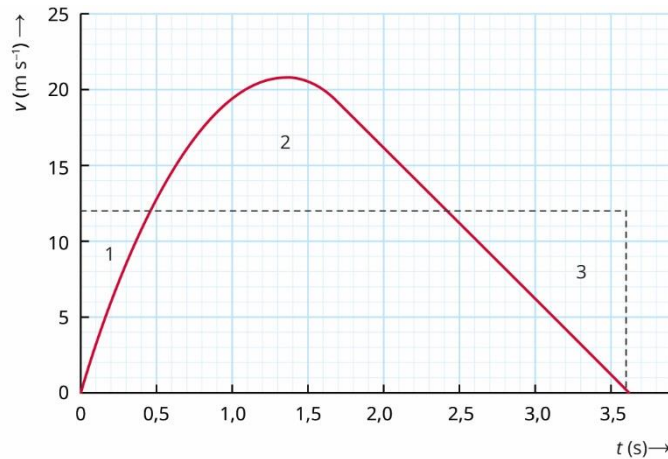
4 vwo hoofdstuk 2 uitwerkingen

► De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 0,0$ s en $t = 3,6$ s benader je met de gemiddelde snelheid. De gemiddelde snelheid is (ongeveer) 12 m s^{-1} . Zie de streeplijnen in figuur 2.29. Oppervlakte 2 is dan ongeveer gelijk aan oppervlakte 1 plus oppervlakte 3.

$$h = 12 \times (3,6 - 0,0) = 43,2 \text{ m}$$

Dat is minder dan 60 m.

Bewering 2 komt dus niet overeen met Esthers metingen.

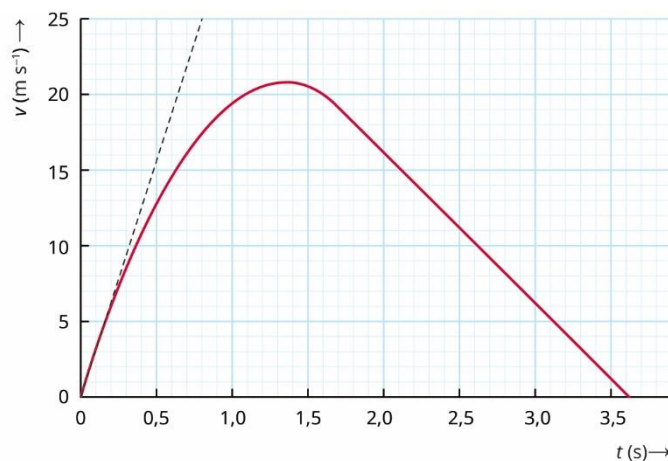


Figuur 2.29

- c ► De versnelling a tijdens de lancering bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek op $t = 0,0$ s.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 2.30 is op $t = 0,0$ s de raaklijn aan de grafiek getekend.



Figuur 2.30

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 2.30 de punten bij $t = 0,0$ s en $t = 0,80$ s.

$$a = \frac{25,0 - 0,0}{0,80 - 0,0} = 31,25 \text{ m s}^{-2}$$

$$4g = 4 \times 9,81 = 39,2 \text{ m s}^{-2}$$

Bewering 3 komt dus niet overeen met Esthers metingen.