

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

## 2.1 Onderzoek naar bewegingen

## Opgave 1

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

De snelheid bepaal je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging:  $s = v \cdot t$ .

Je moet verplaatsing en tijd bespreken om iets over de snelheid te kunnen zeggen.

De verplaatsing  $s$  tussen twee opeenvolgende rode stippen neemt toe.

De tijd tussen twee opeenvolgende opnames blijft gelijk.

Dus de (gemiddelde) snelheid neemt toe.

- b De tijdsduur  $\Delta t$  toon je aan met het tijdsverschil tussen het tijdstip waarop het tiende beeld is gemaakt en het tijdstip waarop het vierde beeld is gemaakt.

Het tijdstip waarop een beeld is gemaakt bereken je met het nummer van het beeld en de tijdsduur tussen twee beelden.

Let erop dat het eerste beeld op  $t = 0$  s is gemaakt.

Elke seconde worden twee beelden gemaakt.

Dus de tijdsduur tussen twee opeenvolgende beelden is 0,5 s.

Het eerste beeld is op  $t = 0$  s.

Het vierde beeld is op  $t = 3 \times 0,5 = 1,5$  s.

Het tiende beeld is op  $t = 9 \times 0,5 = 4,5$  s.

$$\Delta t = t_{10\text{e beeld}} - t_{4\text{e beeld}}$$

$$\Delta t = 4,5 - 1,5 = 3,0 \text{ s}$$

- c De verplaatsing  $\Delta x$  in figuur 2.3 bereken je met een verhoudingstabel. Zie tabel 1.

De afstand tussen het 4<sup>e</sup> beeld en het 10<sup>e</sup> beeld en de lengte van de bus meet je op in figuur 2.3.

Lees je bij het 4<sup>e</sup> beeld af aan de linkerkant, dan moet je bij het 10<sup>e</sup> beeld ook aan de linkerkant aflezen.

|                       | afstand 4 <sup>e</sup> beeld - 10 <sup>e</sup> beeld | lengte bus |
|-----------------------|------------------------------------------------------|------------|
| gemeten in figuur 2.3 | 4,70 cm                                              | 5,95 cm    |
| in werkelijkheid      | $\Delta x$                                           | 10 m       |

Tabel 1

$$\Delta x = 7,98 \text{ m}$$

Afgerond: 8,0 m.

## Opgave 2

Welk diagram juist is leg je uit met de snelheid in een diagram.

De snelheid in een interval leid je af met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

De afstand leg je uit met de afstand tussen twee stippen.

Leg uit dat de tijdsduur tussen twee stippen hetzelfde is.

Bij een video-opname worden steeds hetzelfde aantal beelden per seconde gemaakt. Dus de tijdsduur tussen twee beelden is hetzelfde.

$$s = v \cdot t$$

Bij de eerste 8 stippen is de onderlinge afstand steeds hetzelfde.

Het eerste stuk van de grafiek is dus een rechte lijn.

Na 8 stippen neemt de onderlinge afstand af. Dus in dezelfde tijd is er een kleinere verplaatsing.

Diagram a is juist.

## Opgave 3

- a De diepte  $d$  bereken je met de afstand die het geluid aflegt.

De afstand die het geluid aflegt bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

De snelheid van het geluid zoek je op in BINAS.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

De geluidssnelheid vind je in BINAS tabel 15A.

$$v = 1,403 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = v \cdot t$$

$$t = 0,24 \text{ s}$$

$$s = 1,403 \cdot 10^3 \times 0,24$$

$$s = 336,7 \text{ m}$$

Het geluid is heen en weer gegaan voordat het weer ontvangen wordt door de plaatssensor.

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

$$d = 1,68 \cdot 10^2 \text{ m}$$

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

- b De diepte bij een hogere temperatuur bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

De snelheid bij een hogere temperatuur vind je in BINAS.

Volgens BINAS tabel 15A is de geluidssnelheid groter als de temperatuur hoger is.

In dezelfde tijd  $t = 0,24 \text{ s}$  legt het geluid een grotere afstand af.

De werkelijke diepte van de zee is groter.

De berekende diepte is dus te klein.

#### Opgave 4

- a Ultrasoon geluid hoort Esmee niet.

- b Dat de sensor zich bovenaan de helling bevindt, leid je af door te berekenen wat er gebeurt met de plaats  $x$  als het karretje wordt losgelaten.

Gebruik hierbij zowel figuur 2.11 als figuur 2.10.

In figuur 2.11 zie je dat de plaats  $x$  toeneemt als de tijd toeneemt.

Dus de verplaatsing tussen het karretje en de sensor neemt toe.

In figuur 2.10 zie je dat het karretje de helling af rolt. Dan neemt de verplaatsing inderdaad toe tussen karretje en sensor.

Dus staat de sensor bovenaan de helling.

- c De minimale afstand bepaal je door aflezen in 2.11.

Aflezen in figuur 2.11 van het leerboek.

$$x_{\min} = 0,20 \text{ m}$$

- d De grafiek als de sensor onderaan de helling staat volgt uit de grafiek als de sensor bovenaan de helling staat.

Toon aan dat op elk tijdstip  $x$  (onder) =  $1,3 - x$  (boven).

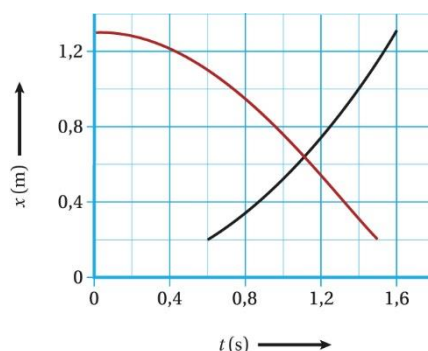
Zie rode grafieklijn in figuur 2.1.

In figuur 2.11 lees je af dat de afstand van de sensor tot aan het einde van de helling 1,3 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  $x$  (onder) =  $1,3 - x$  (boven).

De minimale afstand die de sensor registreert is gelijk aan  $20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$ .



## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

**Figuur 2.1****Opgave 5**

- a De snelheid van de auto toon je aan met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging. De tijd bepaal je met de tijd tussen twee pieken. Leg uit dat twee pieken dicht bij elkaar worden veroorzaakt door dezelfde band.

Een auto is veel langer dan 70 cm. Dus twee pieken dicht bij elkaar worden veroorzaakt door dezelfde band.

$$s = v \cdot t$$

$$s = 70 \text{ cm} = 0,70 \text{ m}$$

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

$$0,70 = v \cdot 0,050$$

$$v = 14,0 \text{ m s}^{-1}$$

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

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

- b De lengte van de auto bepaal je met de afstand tussen de as van een voorwiel en de as van een achterwiel en de extra lengtes van een wiel tot de bumper. De afstand tussen de as van het voorwiel en de as van het achterwiel bereken je met de snelheid van de auto en de tijd. De tijd bepaal je met de tijd waarop het voorwiel een kabel passeert en de tijd waarop het achterwiel dezelfde kabel passeert.

$$s = v \cdot t$$

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

$t$  is de tijdsduur tussen de eerste en de derde piek (of de tweede en de vierde piek).

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

$$s = 14 \times 0,243$$

$$s = 3,40 \text{ m}$$

De afstand tussen een bumper en de as van een wiel is ongeveer 50 cm.

De lengte van de auto is dus ongeveer  $3,4 + 2 \times 0,5 = 4,4 \text{ m}$ .

**Opgave 6**

- a De tijdsduur toon je aan met het tijdsverschil tussen het tijdstip waarop het eerste beeld is gemaakt en het tijdstip waarop het laatste beeld is gemaakt. Het tijdstip waarop een beeld is gemaakt bereken je met het nummer van het beeld en de tijdsduur tussen twee beelden.

Elke seconde zijn er 20 flitsen.

Dus de tijdsduur tussen twee opeenvolgende flitsen is 0,050 s.

Het eerste beeld is op  $t = 0 \text{ s}$ .

Vijfde beeld:  $t = 4 \times 0,050 = 0,20 \text{ s}$

- b De snelheid bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging. De afstand bepaal je uit de verhoudingen in de figuur en de schaal van het autootje. De schaal van het autootje bepaal je uit de lengte van de auto in de figuur en de gegeven werkelijke lengte.

Volgens vraag a is de tijd gelijk aan 0,20 s.

In figuur 2.14 is de lengte van de auto 1,8 cm. De auto heeft in werkelijkheid een lengte van 7,5 cm.

Dus 1,0 cm op de foto komt overeen met  $\frac{7,5}{1,8} = 4,166 \text{ cm}$ .

In figuur 2.14 is de afstand die de auto aflegt gelijk aan 10,7 cm.

Dus 10,7 cm is in werkelijkheid gelijk aan  $10,7 \times 4,166 = 44,57 \text{ cm} = 0,4457 \text{ m}$ .

$$s = v \cdot t$$

$$0,4457 = v \cdot 0,20$$

$$v = 2,228 \text{ m s}^{-1}$$

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

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

- c De diameter van het wiel bereken je met de omtrek van het wiel.  
De omtrek van het wiel bereken je met de afstand die is afgelegd en het aantal keren dat het wiel is rondgedraaid.  
De afstand die is afgelegd bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.
- $$s = v \cdot t$$
- Tussen eerste en tweede beeld is 0,050 s verstreken.
- $$v = 2,2 \text{ m s}^{-1}$$
- $$s = 2,2 \times 0,050 = 0,11 \text{ m}$$
- Het wiel heeft 2× rondgedraaid.
- $$s = 2O \text{ met } O = 2\pi r = \pi d$$
- $$0,11 = 2\pi d$$
- $$d = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$
- 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.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

## 2.2 Eenparige rechtlijnige beweging

## Opgave 7

- a De gemiddeld snelheid van Usain bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s = 100 \text{ m}$$

$$t = 9,53 \text{ s}$$

$$100 = v_{\text{gem}} \cdot 9,53$$

$$v_{\text{gem}} = 10,49 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } 10,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = 10,49 \times 3,6 = 37,77 \text{ km h}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } 37,8 \text{ km h}^{-1}$$

- b In het begin is de snelheid veel kleiner dan  $37,8 \text{ km h}^{-1}$ .  
c De gemiddeld snelheid van Albert bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s = 42 \text{ km} + 195 \text{ m} = 42,000 \cdot 10^3 \text{ m} + 195 = 42195 \text{ m}$$

(42 km heeft in deze situatie vijf significante cijfers)

$$t = 3 \text{ h} + 25 \text{ min} + 8 \text{ s} = 3 \times 3600 + 25 \times 60 + 8 = 12308 \text{ s}$$

$$42195 = v_{\text{gem}} \cdot 12308$$

$$v_{\text{gem}} = 3,42825 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } 3,4283 \text{ m s}^{-1}$$

## Opgave 8

- 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 (plaats, tijd)-diagram geen rechte lijn.  
b De gemiddeld snelheid bepaal je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging. De verplaatsing en de tijdsduur lees je af in figuur 2.21 van het leerboek.

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

$$v_{\text{gem}} = \frac{64 - 0}{6,0 - 0,0}$$

$$v_{\text{gem}} = 10,66 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 11 \text{ m s}^{-1}$$

- c De snelheid volgt uit de steilheid van de  $(x,t)$ -grafiek tussen  $t = 4,0 \text{ s}$  en  $t = 6,0 \text{ s}$ . Om meetonzekerheid zo klein mogelijk te houden, verleng je de rechte lijn tot de randen van het diagram.

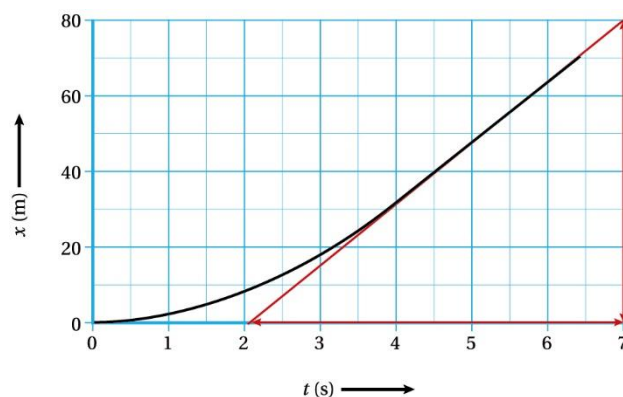
Zie figuur 2.2.

$$v = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$v = \frac{80 - 0,0}{7,0 - 2,0}$$

$$v_{\text{gem}} = 16,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 16 \text{ m s}^{-1}$$



Figuur 2.2

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

**Opgave 9**

- a Dat de snelheid groter is dan  $120 \text{ km h}^{-1}$  volgt uit figuur 2.22 door de snelheid op  $t = 0 \text{ s}$  te bepalen.

Op  $t = 0 \text{ s}$  is de snelheid  $40 \text{ m s}^{-1}$ .

Dit is gelijk aan  $40 \times 3,6 = 144 \text{ km h}^{-1}$ .

Dit is hoger dan  $120 \text{ km h}^{-1}$ .

- b Dat de automobilist na 33 s het traject van 1,0 km heeft afgelegd volgt uit de afstanden die zijn afgelegd in de twee delen waaruit de beweging bestaat.

Elke afstand bereken je met de formule voor verplaatsing bij eenparige beweging.

De beweging bestaat uit twee tijdsintervallen:  $t_1$  en  $t_2$  met een verschillende constante snelheid.

Periode 1

$$s_1 = v_1 \cdot t_1$$

$$v_1 = 40 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{aflezen in figuur 2.22 van het leerboek})$$

$$t_1 = 12 \text{ s} \quad (\text{aflezen in figuur 2.22 van het leerboek})$$

$$s_1 = 40 \times 12 = 480 \text{ m}$$

Periode 2

$$s_2 = v_2 \cdot t_2$$

$$s_2 = 1000 - 480 = 520 \text{ m}$$

$$v_2 = 25 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{aflezen in figuur 2.22 van het leerboek})$$

$$520 = 25 \times t_2$$

$$t_2 = 21 \text{ s}$$

Dus in totaal zijn er  $12 + 21 = 33 \text{ s}$  nodig om de afstand van 1,0 km af te leggen.

**of**

Omdat na 33 s het traject van 1,0 km is afgelegd, is er dus  $(33 - 12) = 21 \text{ s}$  gereden met  $25 \text{ m s}^{-1}$ .

Daarbij zijn  $25 \times 21 = 520 \text{ m}$  afgelegd.

Dus is er na 33 s inderdaad  $480 + 520 = 1000 \text{ m} = 1,0 \text{ km}$  afgelegd.

- c Of de automobilist in overtreding is bepaal je door de gemiddelde snelheid te vergelijken met de snelheid van  $120 \text{ km h}^{-1}$ .

De gemiddeld snelheid bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

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

$$t = 33,0 \text{ s}$$

$$1,0 \cdot 10^3 = v_{\text{gem}} \cdot 33,0$$

$$v_{\text{gem}} = 30,3 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = 30,3 \times 3,6 = 109 \text{ km h}^{-1}$$

$$109 \text{ km h}^{-1} \text{ is lager dan } 120 \text{ km h}^{-1}.$$

De automobilist is niet in overtreding.

**Opgave 10**

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

$$s = v \cdot t$$

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

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

$$s = 0,343 \cdot 10^3 \times 4,25 = 1,457 \cdot 10^3 \text{ m}$$

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

- b De lichtsnelheid in lucht zoek je op in BINAS tabel 7.

$$v = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

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

- 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.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

**Opgave 11**

- a De gemiddelde snelheid bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$v_{\text{gem}}$  is de gemiddelde snelheid in  $\text{km h}^{-1}$ .

$$s = 7,2 \text{ km}$$

$t$  is de tijd van 7.53 h tot 8.25 h uitgedrukt in uur.

$$t = 32 \text{ min} = \frac{32}{60} = 0,533 \text{ h}$$

$$7,2 = v_{\text{gem}} \cdot 0,533$$

$$v_{\text{gem}} = 13,5 \text{ km h}^{-1}$$

Afgerond:  $v_{\text{gem}} = 14 \text{ km h}^{-1}$ .

- b De tijd die je moet lopen bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.  
De afstand bereken je met de afstand van huis naar school en de afstand die op de fiets is afgelegd.  
De afstand die je met de fiets hebt afgelegd, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s_1 = v_1 \cdot t_1$$

$$v_1 = 18 \text{ km h}^{-1}$$

$$t_1 = 15 \text{ minuten} = 0,25 \text{ uur}$$

$$s_1 = 18 \times 0,25$$

$$s_1 = 4,5 \text{ km}$$

$$s_3 = v_3 \cdot t_3$$

$$s_3 = 7,2 - 4,5 = 2,7 \text{ km}$$

$$v_3 = 6,0 \text{ km h}^{-1}$$

$$2,7 = 6,0 \times t_3$$

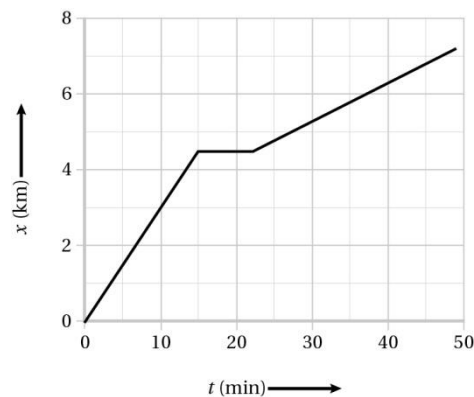
$$t_3 = 0,45 \text{ h}$$

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

- c Je moet 15 min fietsen; 7 minuten repareren en 27 min lopen.  
Je bent  $15 + 7 + 27 = 49$  min onderweg.

Zie figuur 2.3.

In een  $(x,t)$ -diagram is bij een constante snelheid de grafiek een rechte lijn.



**Figuur 2.3**

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

**Opgave 12**

- a De tijd bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

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

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

$$500 = 30,6 \cdot t$$

$$t = 16,36 \text{ s}$$

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

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

$$s = v \cdot t$$

s is de afstand die de gazelle in 16,4 s aflegt in m.

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

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

$$s = 22,2 \times 16,4$$

$$s = 364,1 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 364 \text{ m.}$$

In 16,4 s kan het luipaard  $500 - 364 = 136 \text{ m}$  meer afleggen dan de gazelle.  
Dat is meer dan 90 m. Het jachtluipaard haalt de gazelle dus in.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

## 2.3 Eenparig versnelde beweging

## Opgave 13

- Tussen  $t = 0,0$  s en  $t = 2,0$  s is de  $(x,t)$ -grafiek een rechte lijn schuin omhoog.
- Tussen  $t = 0,0$  s en  $t = 2,0$  s is de  $(v,t)$ -grafiek een rechte horizontale lijn.
- De steilheid van de  $(x,t)$ -grafiek neemt toe tussen  $t = 2,0$  s en  $t = 5,0$  s.
- De  $(v,t)$ -grafiek is een stijgende lijn tussen  $t = 2,0$  s en  $t = 5,0$  s.
- De afstand bepaal je met de formule voor verplaatsing.

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

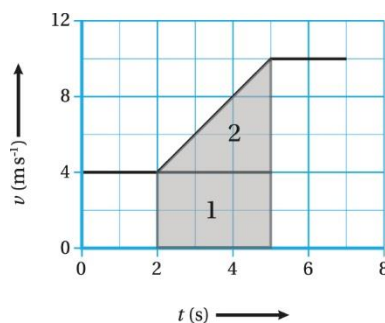
$$x_{\text{eind}} = 29 \text{ m (aflezen bij } t = 5,0 \text{ s)}$$

$$x_{\text{begin}} = 8 \text{ m (aflezen bij } t = 2,0 \text{ s)}$$

$$\Delta x = 29 - 8 = 21 \text{ m}$$

- De verplaatsing bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.4.



**Figuur 2.4**

$$\Delta x = A_1 + A_2$$

$$\Delta x = (5,0 - 2,0) \times (4,0 - 0,0) + \frac{1}{2} \times (5,0 - 2,0) \times (10,0 - 4,0)$$

$$\Delta x = 21,0 \text{ m}$$

Afgerond:  $\Delta x = 21 \text{ m}$ .

**of**

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_5 + v_2}{2} = \frac{10,0 + 4,0}{2} = 7,0 \text{ ms}^{-1}$$

$$t = 5,0 - 2,0 = 3,0 \text{ s}$$

$$s = 7,0 \times 3,0 = 21 \text{ m}$$

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

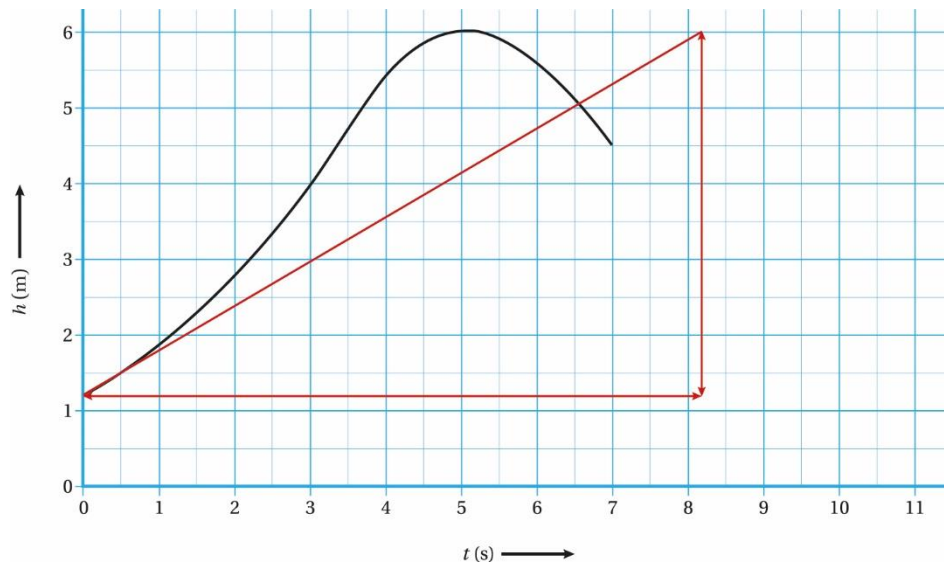
**Opgave 14**

- a De hoogte waarop de vuurpijl is afgeschoten lees je af in figuur 2.37.

In figuur 2.37 lees je af bij  $t = 0$  s:  $h = 1,2$  m

- b De beginsnelheid bepaal je met de steilheid van de raaklijn aan de  $(h,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.5.



**Figuur 2.5**

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

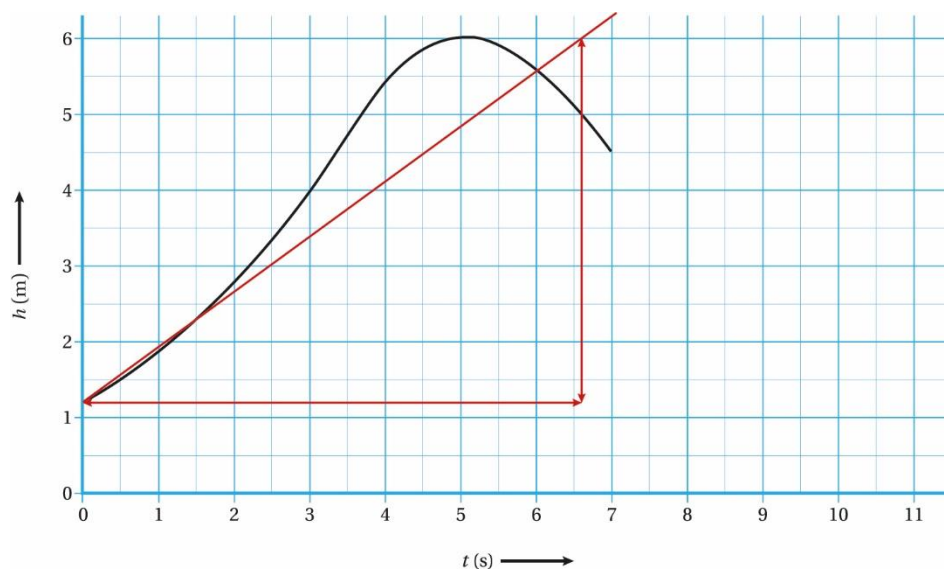
$$v = \frac{6,0 - 1,2}{8,2 - 0,0}$$

$$v = 0,585 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond:  $v = 0,59 \text{ m s}^{-1}$ .

- c De gemiddelde snelheid bepaal je met de steilheid van de snijlijn in het  $(h,t)$ -diagram.

Zie figuur 2.6.



**Figuur 2.6**

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

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

$$v_{\text{gem}} = \frac{6,0 - 1,2}{6,6 - 0}$$

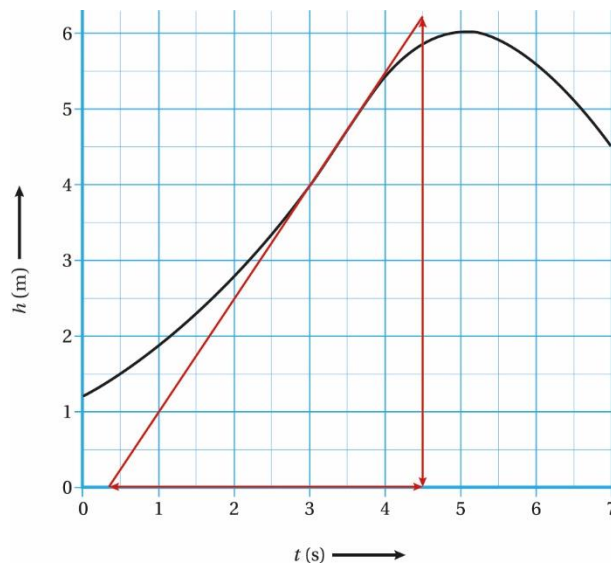
$$v_{\text{gem}} = 0,727 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond:  $v_{\text{gem}} = 0,73 \text{ m s}^{-1}$ .

- d De maximale snelheid bepaal je met de maximale steilheid van de raaklijn aan de  $(h,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.7.

Op  $t = 3,6 \text{ s}$  is de steilheid van de raaklijn aan de  $(h,t)$ -grafiek het grootst.



**Figuur 2.7**

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

$$v = \frac{6,2 - 0,0}{4,5 - 0,4}$$

$$v = 1,51 \text{ m s}^{-1}$$

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

- e Het tijdstip waarop de pijl de grond raakt, bepaal je door de grafiek te verlengen tot  $h = 0 \text{ m}$ .

De snelheid van de pijl is constant. De grafiek gaat verder volgens de raaklijn aan de grafiek op  $t = 7,0 \text{ s}$ . De raaklijn snijdt  $t$ -as in  $t = 10,5 \text{ s}$ .

Dus de pijl valt later dan op  $t = 10 \text{ s}$  op de grond.

### Opgave 15

- a Tussen  $t = 0,0$  en  $3,0 \text{ s}$  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  $t = 5,0 \text{ s}$  is de  $(v,t)$ -grafiek een horizontale lijn. De snelheid is constant en de beweging is dan eenparig.
- Tussen  $t = 5,0$  en  $t = 8,0 \text{ s}$  is de  $(v,t)$ -grafiek een schuine lijn omlaag. De snelheid neemt regelmatig af. De beweging is dan eenparig vertraagd.
- b Het aantal verdiepingen bereken je met de verhouding van de afstand die de lift aflegt en de afstand tussen twee verdiepingen.  
De afstand die de lift aflegt bepaal je met de oppervlakte onder de grafieklijn.

De oppervlakte onder grafiek tussen  $t = 0 \text{ s}$  en  $t = 2 \text{ s}$  is gelijk aan  $\frac{1}{2} \times 2,0 \times 6,0 = 6,0 \text{ m}$ .

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

Dit is de afstand voor twee verdiepingen. Dus per verdieping is de afstand 3,0 m.

De oppervlakte onder de grafiek tussen  $t = 0$  s en  $t = 8$  s is gelijk aan

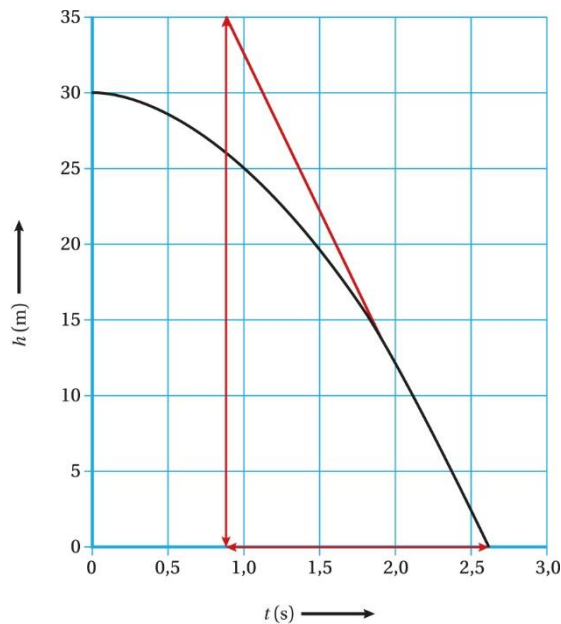
$$\frac{1}{2} \times (3,0 - 0,0) \times (9,0 - 0,0) + (5,0 - 3,0) \times (9,0 - 0,0) + \frac{1}{2} \times (8,0 - 5,0) \times (9,0 - 0,0) = 45,0 \text{ m}.$$

Het aantal verdiepingen dat de lift omhoog gaat is dus  $\frac{45,0}{3,0} = 15$ .

**Opgave 16**

- a Je tekent de raaklijn aan de  $(h,t)$ -grafiek op  $t = 0$  s.  
Als de steilheid van de raaklijn 0 is, is de snelheid  $0 \text{ m s}^{-1}$ .  
(De raaklijn loopt dan horizontaal en dat is het geval in figuur 2.39.)
- b De snelheid toon je aan met de steilheid van de  $(h,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.8.



**Figuur 2.8**

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

$$v = \frac{0,0 - 35,0}{2,6 - 0,9}$$

$v = -20,58 \text{ m s}^{-1}$  (De snelheid is negatief omdat het ijsje naar beneden beweegt.)

Afgerond:  $v = 21 \text{ m s}^{-1}$ . (De grootte van de snelheid is positief.)

- c Of het ijsje een vrije val maakt, volgt uit de vergelijking van de versnelling van het ijsje met de versnelling bij vrije val.

De (gemiddelde) versnelling bepaal je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

Voor de (gemiddelde) versnelling geldt:

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

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

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

$$a_{\text{gem}} = \frac{21}{2,6}$$

$$a_{\text{gem}} = 8,07 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond:  $a = 8,1 \text{ m s}^{-2}$ .

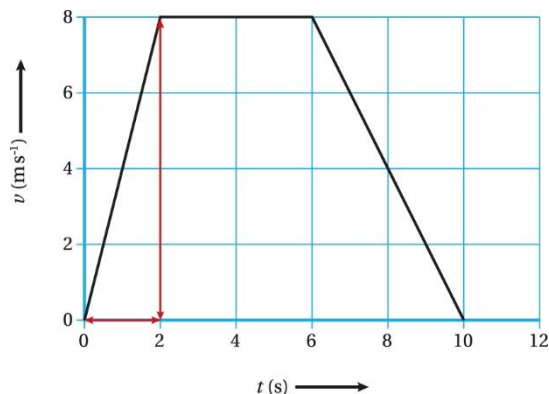
## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

Tijdens een vrije val is de versnelling gelijk aan  $9,81 \text{ m s}^{-2}$ .  
De beweging is dus geen vrije val.

**Opgave 17**

- a Wanneer de trein begint met rijden, stopt Joris met rennen.  
Zijn snelheid neemt dan af.  
Dat is op  $t = 6,0 \text{ s}$ .
- b De versnelling bepaal je met de steilheid van de  $(v,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.9.



**Figuur 2.9**

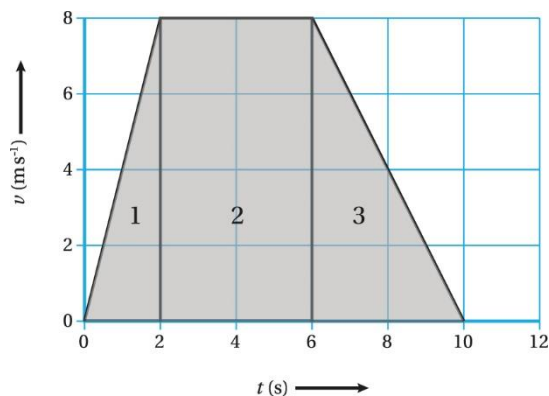
$$a = \left( \frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{8,0 - 0,0}{2,0 - 0,0}$$

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

- c De afstand die Joris aflegt bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.10.



**Figuur 2.10**

$$\Delta x = A_1 + A_2 + A_3$$

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

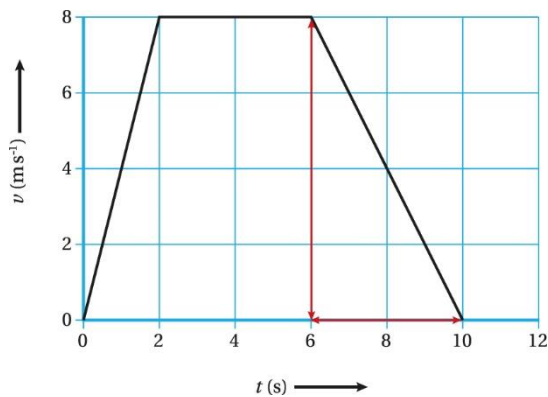
$$\Delta x = 56 \text{ m}$$

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

- d De vertraging volgt uit de steilheid van de  $(v,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.11.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen



Figuur 2.11

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

$$a = \frac{0,0 - 8,0}{10,0 - 6,0}$$

$$a = -2,00 \text{ m s}^{-2}$$

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

**Opgave 18**

- a De sprinter heeft tijd nodig om te reageren op het startschot.  
 b De eindtijd bereken je met de tijdsduur  $t_1$  vanaf de start tot 34 m en de tijdsduur  $t_2$  tot de finish.  
 $t_2$  bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s_2 = v_2 \cdot t_2$$

$$v_2 = 9,3 \text{ m s}^{-1}$$

$s_2$  is de afstand die de sprinter na 5,0 s nog moet afleggen in m.

$$s_2 = 100 - 34 = 66 \text{ m}$$

$$66 = 9,3 \times t_2$$

$$t_2 = 7,09 \text{ s}$$

$$t_{\text{eind}} = t_1 + t_2$$

$$t_1 = 5,0 \text{ s}$$

$$t_{\text{eind}} = 5,0 + 7,09 = 12,09 \text{ s}$$

Afgerond:  $t_{\text{eind}} = 12,1 \text{ s}$ .

**Opgave 19**

- a De tijd voordat de auto de snelheid van  $80 \text{ km h}^{-1}$  bereikt, bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

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

$$a = -1,2 \text{ m s}^{-2} \quad (\text{Bij een vertraging is de versnelling negatief.})$$

$$\Delta v = 80 - 100 = -20 \text{ km h}^{-1} = \frac{-20}{3,6} = -5,55 \text{ m s}^{-1}$$

$$-1,2 = \frac{-5,55}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 4,629 \text{ s}$$

Afgerond:  $\Delta t = 4,6 \text{ s}$ .

- b De afstand die de auto aflegt, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

$$v_{\text{eind}} = 80 \text{ km h}^{-1} \text{ en } v_{\text{begin}} = 100 \text{ km h}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{80 + 100}{2} = 90 \text{ km h}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t \text{ met } t = \Delta t = 4,6 \text{ s}$$

$$s = 25 \times 4,6$$

$$s = 115 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } 1,2 \cdot 10^2 \text{ m.}$$

- c De remvertraging bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.  
De tijd bereken je met de formule voor verplaatsing bij willekeurige beweging.

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s = 100 \text{ m}$$

$$v_{\text{gem}} = 25 \text{ m s}^{-1} \text{ (zie vraag b)}$$

$$100 = 25 \cdot t$$

$$t = 4,0 \text{ s}$$

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

$$\Delta v = 80 - 100 = -20 \text{ km h}^{-1} = \frac{-20}{3,6} = -5,55 \text{ m s}^{-1}$$

$$a = \frac{-5,55}{4,0}$$

$$a = -1,388 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{De vertraging is dus } 1,388 \text{ m s}^{-2}.$$

$$\text{Afgerond: } 1,4 \text{ m s}^{-2}.$$

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

**2.4 Beweging in het algemeen****Opgave 20**

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

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

- Als een fietser remt voor een stoplicht, dan neemt de snelheid af tot nul.  
In een  $(v,t)$ -diagram daalt dan de grafieklijn tot nul.  
Dit komt overeen met figuur g.  
In een  $(x,t)$ -diagram neemt dan de steilheid van de raaklijn af. Uiteindelijk loopt de raaklijn horizontaal.  
Dit komt overeen met figuur b.
- Als een auto in een file iets verder rijdt en dan weer stilstaat, dan neemt de snelheid eerst toe vanuit nul en neemt daarna weer af tot nul.  
In een  $(v,t)$ -diagram stijgt eerst de grafieklijn en daalt daarna weer naar nul.  
Dit komt overeen met figuur h.  
In een  $(x,t)$ -diagram loopt dan eerst de raaklijn horizontaal; vervolgens gaat de raaklijn steiler lopen en daarna minder steil. Uiteindelijk loopt de raaklijn weer horizontaal.  
Dit komt overeen met figuur a.
- Als de marathonloper met constante snelheid rent, heeft de snelheid steeds dezelfde waarde.  
In een  $(v,t)$ -diagram is de grafieklijn dan een horizontale lijn.  
Dit komt overeen met het  $(v,t)$ -diagram van figuur f.  
In een  $(x,t)$ -grafiek is de steilheid van de grafieklijn steeds hetzelfde.  
Dit komt overeen met figuur c.
- Als een wielrenner een heuvel oprijdt en 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 e. De snelheid is in deze figuur voor en na de versnelling constant.  
In een  $(x,t)$ -grafiek 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 het  $(x,t)$ -diagram van figuur d.

**Opgave 21**

- De versnelling volgt uit de steilheid van de raaklijn aan de  $(v,t)$ -grafiek.

De versnelling is constant en groter dan 0 als de grafieklijn een schuine rechte lijn is.

Dat is het geval tussen  $t = 0,0$  s en  $t = 1,0$  s.

- De gemiddelde versnelling bepaal je met de steilheid van de snijlijn.

Zie figuur 2.12.

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

$$a = \frac{12,0 - 0,0}{6,0 - 0,0}$$

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

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

- De versnelling bepaal je met de steilheid van de raaklijn aan de  $(v,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.13.

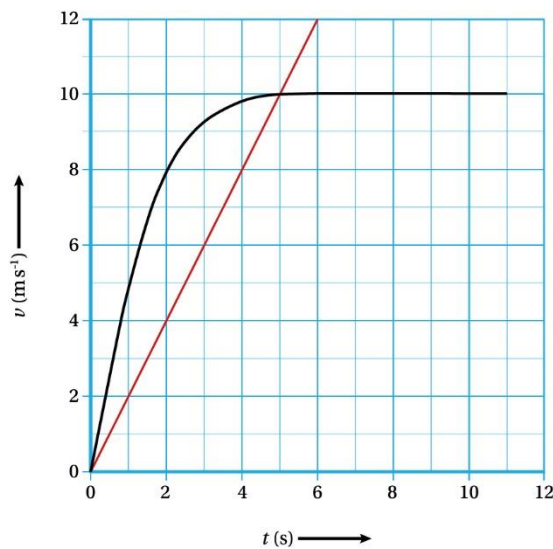
$$a = \left( \frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

$$a = \frac{12,0 - 4,0}{4,0 - 0,0}$$

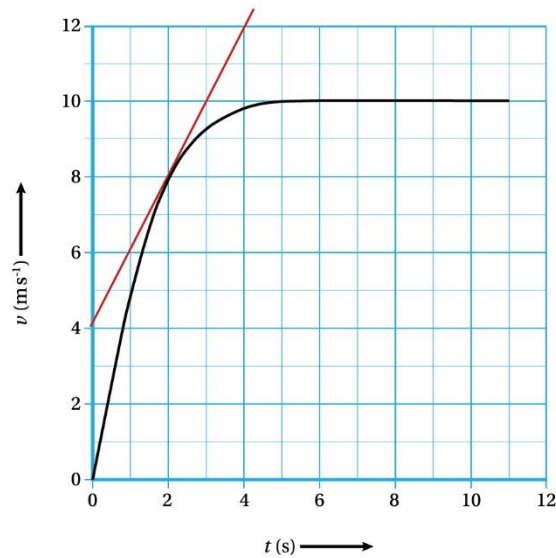
$$a = 2,0 \text{ m s}^{-2}$$

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

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen



Figuur 2.12



Figuur 2.13

- d De afstand na 11,0 s bepaal je met behulp van de oppervlakte onder de grafiek.  
De oppervlakte bepaal je met de gemiddelde snelheid.

De gemiddelde snelheid tussen  $t = 0 \text{ s}$  en  $t = 11 \text{ s}$  is ongeveer  $8,9 \text{ m s}^{-1}$ .

De afstand die is afgelegd na 11,0 s is dus:  $8,9 \times 11 = 97,9 \text{ m}$ .

Afgerond:  $s = 98 \text{ m}$ .

- e De eindtijd bereken je met de tijd  $t_1$  voor het afleggen van 98 m en de tijd  $t_2$  voor het afleggen van de rest van de afstand.  
De tijd  $t_2$  bereken je met de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s_2 = v_2 \cdot t_2$$

$$v_2 = 10,0 \text{ m s}^{-1}$$

$s_2$  is de afstand die de sprinter na 11,0 s nog moet afleggen in m.

$$s_2 = 200 - 98 = 102 \text{ m}$$

$$102 = 10,0 \times t_2$$

$$t_2 = 10,2 \text{ s}$$

$$t_{\text{eind}} = t_1 + t_2$$

$$t_1 = 11,0 \text{ s met afstand van } 98 \text{ m}$$

$$t_{\text{eind}} = 11,0 + 10,2 = 21,2 \text{ s}$$

$$\text{Afgerond: } t_{\text{eind}} = 21,2 \text{ s.}$$

**Opgave 22**

- a De afstand bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.  
De oppervlakte bepaal je met de gemiddelde snelheid.  
De tijdsduur bepaal je met de uiterste standen.

In de uiterste standen is de snelheid van de schommel  $0 \text{ m s}^{-1}$ .

Het gaat dus om de tijd tussen  $t = 2,25$  en  $t = 3,75 \text{ s}$ .

$$\Delta t = 3,75 - 2,25 = 1,5 \text{ s.}$$

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

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t \text{ waarin } t \text{ de tijdsduur van het interval}$$

$$s = 0,75 \times 1,5 = 1,125 \text{ m}$$

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

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

- b De gemiddelde snelheid bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging. De verplaatsing en de tijd volgen uit de waarden bij vraag a.

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

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

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

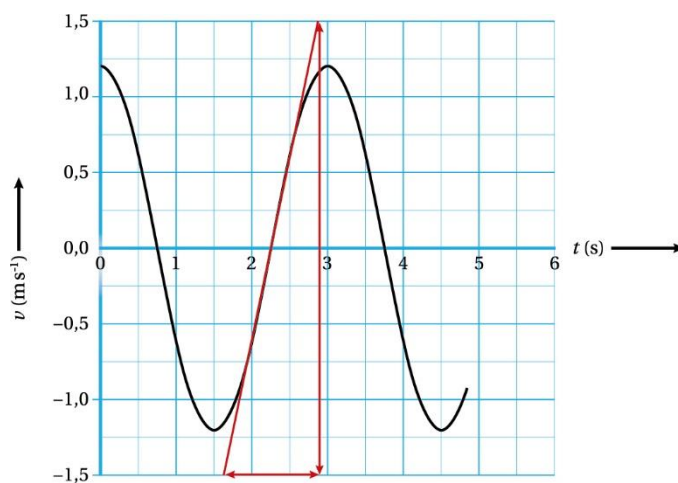
$$v_{\text{gem}} = \frac{0,55}{0,75} = 0,733 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond:  $v_{\text{gem}} = 0,73 \text{ m s}^{-1}$ .

- c De maximale versnelling bepaal je met de maximale steilheid van een raaklijn.

Zie figuur 2.14.

De steilheid is maximaal op  $t = 2,3 \text{ s}$ .



**Figuur 2.14**

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

$$\frac{1,5 - (-1,5)}{2,9 - 1,7}$$

$$a = 2,50 \text{ m s}^{-2}$$

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

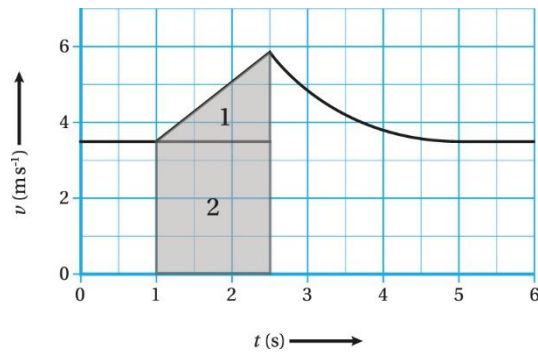
### Opgave 23

- a De verplaatsing bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek tussen  $t = 1,0 \text{ s}$  en  $t = 2,5 \text{ s}$ .  
**of**

De verplaatsing bepaal je met de formule voor gemiddelde snelheid bij een willekeurige beweging. De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.

Zie figuur 2.15.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen



Figuur 2.15

$$s = A_1 + A_2$$

$$s = \frac{1}{2} \times (2,5 - 1,0) \times (5,8 - 3,5) + (2,5 - 1,0) \times (3,5 - 0,0)$$

$$s = 6,97 \text{ m}$$

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

of

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{2,5} + v_1}{2} = \frac{5,8 + 3,5}{2} = 4,65 \text{ m s}^{-1}$$

$$t = 2,5 - 1,0 = 1,5 \text{ s}$$

$$s = 4,65 \times 1,5 = 6,975 \text{ m}$$

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

- b De versnelling bepaal je met de steilheid van de (v,t)-grafiek.

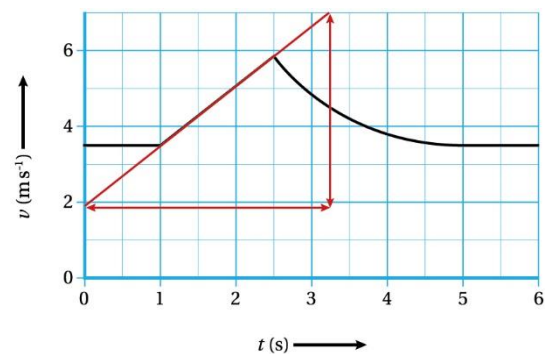
Zie figuur 2.16.

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

$$a = \frac{7,0 - 1,9}{3,2 - 0}$$

$$a = 1,59 \text{ m s}^{-2}$$

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



Figuur 2.16

- c De versnelling op  $t = 3,0 \text{ s}$  bepaal je met de steilheid van de raaklijn.

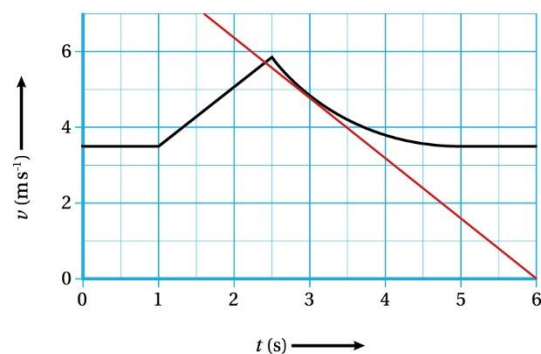
Zie figuur 2.17.

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

$$a = \frac{0,0 - 7,0}{6,0 - 1,6}$$

$$a = -1,59 \text{ m s}^{-2}$$

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

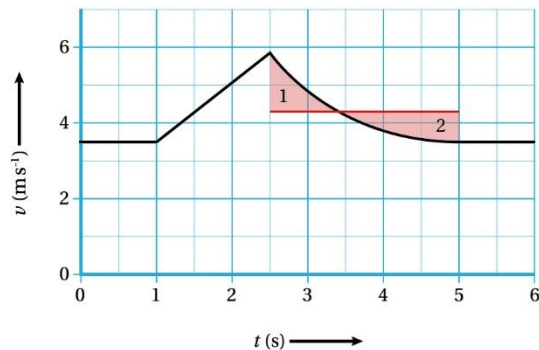


Figuur 2.17

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

- d De verplaatsing volgt uit de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.

Je tekent de lijn die de gemiddelde snelheid aangeeft tussen  $t = 2,5$  s en  $t = 5,0$  s. Oppervlakte 1 is dan gelijk aan oppervlakte 2. Zie figuur 2.18.



**Figuur 2.18**

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

$$v_{\text{gem}} = 4,3 \text{ m s}^{-1} \text{ (zie figuur 2.18)}$$

$\Delta t$  is de tijdsduur.

$$\Delta x = 4,3 \times (5,0 - 2,5).$$

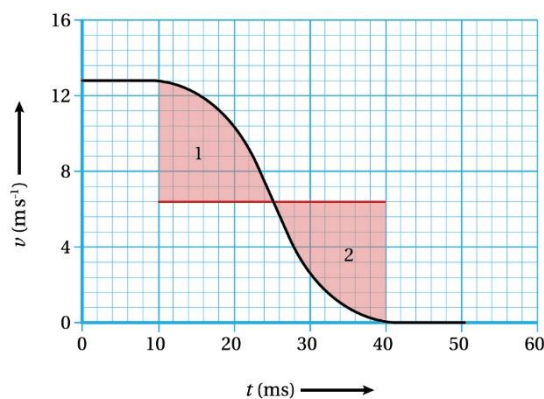
$$\Delta x = 10,75 \text{ m}$$

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

### Opgave 24

- a Tijdens een botsing neemt de snelheid af.  
Dit is het geval tussen  $t = 10$  ms en  $t = 40$  ms.  
De botsing duurt dus  $40 - 10 = 30$  ms.
- b De verplaatsing bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.  
De oppervlakte bepaal je met de gemiddelde snelheid.

Je tekent de lijn die de gemiddelde snelheid aangeeft tussen  $t = 10$  en  $t = 40$  ms. Oppervlakte 1 is dan gelijk aan oppervlakte 2. Zie figuur 2.19.



**Figuur 2.19**

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$s$  is de afstand waarover de kreukelzone indeukt.

$$v_{\text{gem}} = 6,4 \text{ m s}^{-1} \text{ (zie figuur 2.19)}$$

$$t = 30 \text{ ms} = 0,030 \text{ s}$$

$$s = 6,4 \times 30 \cdot 10^{-3}$$

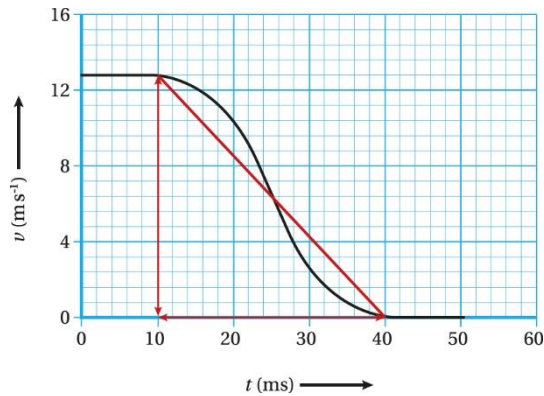
$$s = 0,192 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 0,19 \text{ m.}$$

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

- c De gemiddelde versnelling bepaal je met de steilheid van de snijlijn van de  $(v,t)$ -grafiek tussen  $t = 10$  ms en  $t = 40$  ms.

Zie figuur 2.20.



**Figuur 2.20**

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

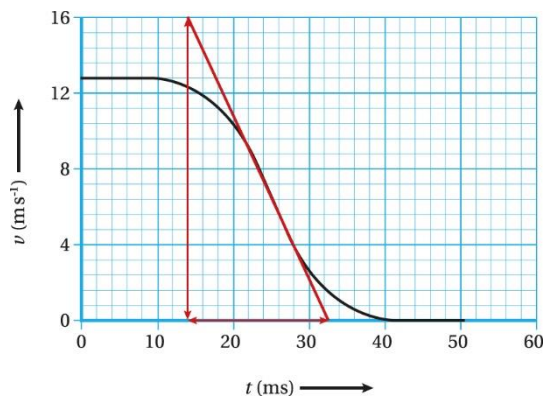
$$a = \frac{0,0 - 12,8}{0,040 - 0,010}$$

$$a = -4,26 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$$

Afgerond:  $a = -4,3 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$ .

- d De maximale versnelling bepaal je met de steilheid van de raaklijn aan de  $(v,t)$ -grafiek op  $t = 25$  ms.

Zie figuur 2.21.



**Figuur 2.21**

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

$$a = \frac{0,0 - 16,0}{0,0321 - 0,0140}$$

$$a = -8,83 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$$

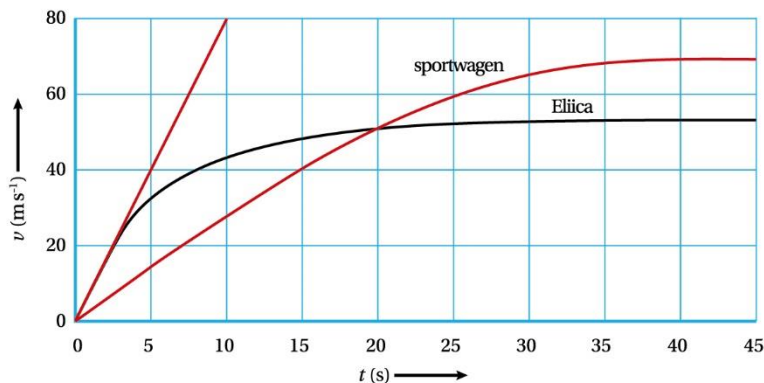
Afgerond:  $a = -8,8 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$ .

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

**Opgave 25**

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

Zie figuur 2.22.



**Figuur 2.22**

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

$$a = \frac{80,0 - 0,0}{10,0 - 0,0}$$

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

Afgerond:  $a = 8,0 \text{ m s}^{-2}$ .

- b Het tijdstip waarop de sportwagen de Eliica inhaalt, bepaal je met de oppervlakte onder de grafieken.

Als beide auto's dezelfde afstand hebben afgelegd, haalt de sportwagen de Eliica in.

Op  $t = 40$  s zijn de oppervlakten onder de grafieken tussen  $t = 0$  s en  $t = 40$  s (ongeveer) aan elkaar gelijk.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

## 2.5 Gebruik van formules en diagrammen

## Opgave 26

- a De minimale lengte van de startbaan bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een willekeurige beweging.  
De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.  
De tijd bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

$$a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}}}$$

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

$$v_{\text{eind}} = 80 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{begin}} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$1,5 = \frac{80 - 0}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 53,3 \text{ s}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{80 + 0}{2}$$

$$v_{\text{gem}} = 40 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s = 40 \times 53,3$$

$$s = 2,133 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 2,1 \cdot 10^3 \text{ m } (= 2,1 \text{ km}).$$

- b De afstand die Gerdien aflegt bereken je met de afstand die zij aflegt tijdens de reactietijd en de afstand die zij aflegt tijdens het remmen.  
De afstand, die Gerdien aflegt tijdens de reactietijd bereken je met de verplaatsing bij een eenparige beweging.  
De afstand die Gerdien aflegt tijdens het remmen bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een willekeurige beweging.  
De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.  
De tijd bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

$$a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}}}$$

$$a = -8,0 \text{ m s}^{-2} \quad (\text{Negatief want de beweging is vertraagd.})$$

$$v_{\text{eind}} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{begin}} = 24 \text{ m s}^{-1}$$

$$-8,0 = \frac{0 - 24}{\Delta t}$$

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

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{0 + 24}{2}$$

$$v_{\text{gem}} = 12 \text{ m s}^{-1}$$

$$s_{\text{rem}} = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s_{\text{rem}} = 12 \times 3,0$$

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

$$s_{\text{rem}} = 36 \text{ m}$$

$$s_{\text{reactie}} = v \cdot t$$

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

$$t = 0,80 \text{ s}$$

$$s_{\text{reactie}} = 24 \times 0,80$$

$$s_{\text{reactie}} = 19,2 \text{ m}$$

$$s_{\text{totaal}} = s_{\text{rem}} + s_{\text{reactie}}$$

$$s_{\text{totaal}} = 19,2 + 36$$

$$s_{\text{totaal}} = 55,2 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s_{\text{totaal}} = 55 \text{ m.}$$

**Opgave 27**

- a De afstand die de skiër aflegt bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

$$v_{\text{eind}} = 60 \text{ km h}^{-1} \text{ en } v_{\text{begin}} = 120 \text{ km h}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{60 + 120}{2} = 90 \text{ km h}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m s}^{-1}$$

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

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t \text{ met } t = \Delta t = 6,0 \text{ s}$$

$$s = 25 \times 6,0$$

$$s = 150 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } 1,5 \cdot 10^2 \text{ m.}$$

- b De totale lengte bereken je met de afstand tijdens de eerste 6,0 s en de afstand tijdens krachtig afremmen.

De afstand tijdens krachtig afremmen bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.

De tijd tijdens krachtig afremmen tot stilstand bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

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

$$a = -5,3 \text{ m s}^{-2} \text{ (Bij een vertraging is de versnelling negatief.)}$$

$\Delta v$  is de snelheidsverandering in  $\text{m s}^{-1}$ .

$$\text{De beginsnelheid is } 60 \text{ km h}^{-1} = \frac{60}{3,6} = 16,66 \text{ m s}^{-1} \text{ en } v_{\text{eind}} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta v = 0,0 - 16,66 = -16,66 \text{ m s}^{-1}$$

$$-5,3 = \frac{-16,66}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 3,14 \text{ s}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

$$v_{\text{eind}} = 0 \text{ km h}^{-1} \text{ en } v_{\text{begin}} = 60 \text{ km h}^{-1}$$

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

$$v_{\text{gem}} = \frac{60 + 0}{2} = 30 \text{ km h}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{30}{3,6} = 8,33 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t \text{ met } t = \Delta t = 3,14 \text{ s}$$

$$s = 8,33 \times 3,14$$

$$s = 26,2 \text{ m}$$

De totale afstand is  $1,5 \cdot 10^2 + 26,2 = 1,762 \cdot 10^2 \text{ m}$

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

**Opgave 28**

a De versnelling bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

De tijd bereken je met de formule voor de verplaatsing bij willekeurige beweging.

De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

$$v_{\text{eind}} = 120 \text{ km h}^{-1} = \frac{120}{3,6} = 33,33 \text{ m s}^{-1} \text{ en } v_{\text{begin}} = 80 \text{ km h}^{-1} = \frac{80}{3,6} = 22,22 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{33,33 + 22,22}{2} = 27,77 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s = 183 \text{ m}$$

$$183 = 27,77 \cdot t$$

$$t = 6,589 \text{ s}$$

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

$$a = \frac{33,33 - 22,22}{6,589}$$

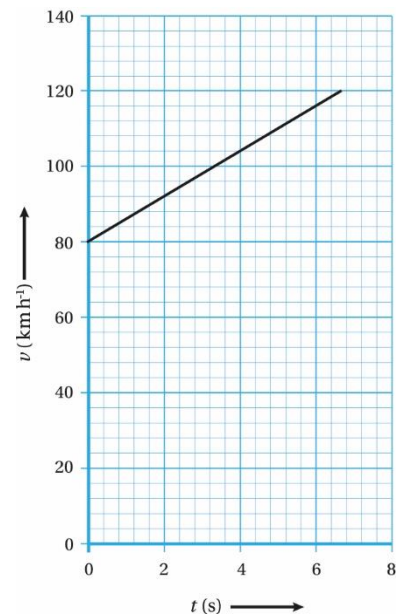
$$a = 1,68 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond:  $a = 1,7 \text{ m s}^{-2}$ .

b Bij een eenparig versnelde beweging is de  $(v,t)$ -grafiek een rechte schuine lijn. Zie figuur 2.23

De oppervlakte onder de grafiek van 80 tot 100  $\text{km h}^{-1}$  is kleiner dan de oppervlakte van 100 tot 120  $\text{km h}^{-1}$ .

De afstand die de Mini in periode 1 heeft afgelegd is dus kleiner dan die in periode 2.



**Figuur 2.23**

**Opgave 29**

a De snelheid van Claire voor het remmen bepaal je in figuur 2.55 met het horizontale gedeelte van de grafiek.

Op  $t = 0 \text{ s}$  lees je de beginsnelheid af:  $5,0 \text{ m s}^{-1}$ .

$$5,0 \text{ m s}^{-1} = 5,0 \times 3,6 = 18 \text{ km h}^{-1}$$

b De reactietijd bepaal je in figuur 2.55 met het horizontale gedeelte van de grafiek.

Tijdens de reactietijd verandert de snelheid niet.

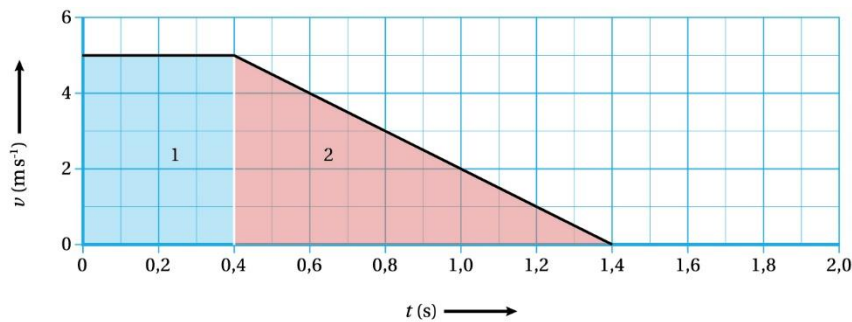
In figuur 2.55 lees je af dat de snelheid begint af te nemen op  $t = 0,40 \text{ s}$ .

Haar reactietijd is dus  $0,40 \text{ s}$ .

c De stopafstand bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

Zie figuur 2.24.



**Figuur 2.24**

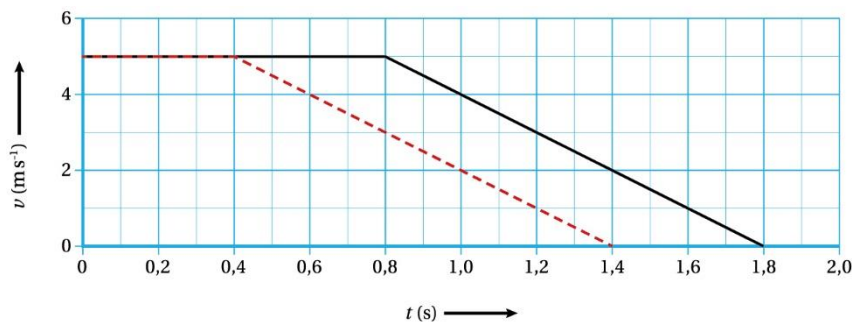
$$s = A_1 + A_2$$

$$s = 0,40 \times 5,0 + \frac{1}{2} \times (1,40 - 0,40) \times 5,0$$

$$s = 4,5 \text{ m}$$

- d Het remmen begint pas op  $t = 0,8 \text{ s}$  en de snelheid neemt op dezelfde manier af.

Zie figuur 2.25.

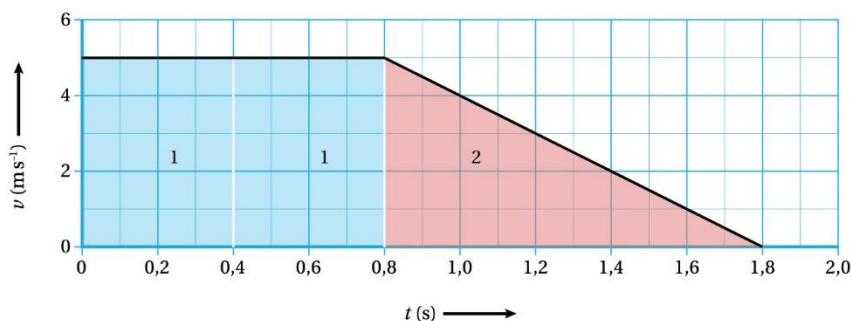


**Figuur 2.25**

- e De stopafstand bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.26.

De reactietijd is twee keer zo groot.



**Figuur 2.26**

$$s = 2A_1 + A_2$$

$$s = 0,8 \times 5,0 + \frac{1}{2} \times (1,80 - 0,80) \times 5,0$$

$$s = 6,5 \text{ m}$$

- f 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.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

De reactietijd wordt groter. Dus rijd je langer eenparig door. De reactieafstand wordt dus groter. Dus wordt de stopafstand groter.

**Opgave 30**

- a De eindsnelheid bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

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

Tijdens een vrije val is de versnelling  $a = g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ .

$$\Delta t = 1,27 \text{ s}$$

$$9,81 = \frac{\Delta v}{1,27}$$

$$\Delta v = 12,45 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } \Delta v = 12,5 \text{ m s}^{-1}$$

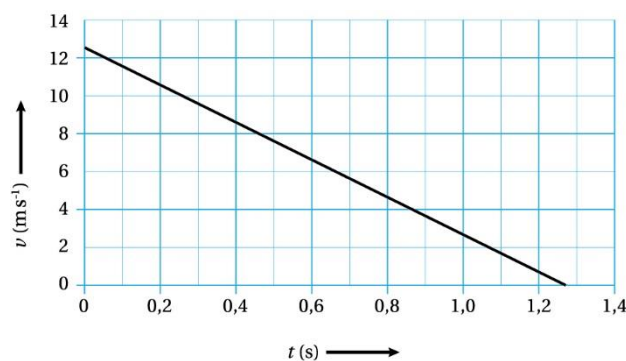
Omdat de beginsnelheid  $0,0 \text{ m s}^{-1}$  is, is de eindsnelheid dus  $12,5 \text{ m s}^{-1}$ .

- b Je weet de snelheid op  $t = 0 \text{ s}$  en de snelheid op  $t = 1,27 \text{ s}$ .

De vorm van de grafiek volgt uit het gegeven dat de beweging van Milou een vrije val is.

Zie figuur 2.27.

De vorm van de grafiek is een rechte lijn, omdat een vrije val een eenparig versnelde beweging is.



**Figuur 2.27**

- c De hoogte van waaraf Milou viel, bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek van figuur 2.27.

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times (12,5 - 0,0) \times 1,27$$

$$\Delta x = 7,937 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } \Delta x = 7,94 \text{ m.}$$

**Opgave 31**

- a Het verband leid je af door in de formule voor de verplaatsing  $v_{\text{gem}}$  en  $t$  te substitueren.  
De formule voor de gemiddelde snelheid vereenvoudig je met de gegevens in de opgave.  
De formule voor de tijd leid je af uit de formule voor de versnelling.  
De formule voor de versnelling vereenvoudig je met de gegevens in de opgave.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}}} = \frac{0 + v_{\text{begin}}}{t_{\text{eind}} - 0} = \frac{-v}{t}$$

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

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2} = \frac{0 + v_{\text{begin}}}{2} = \frac{v}{2}$$

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

Substitueren van  $v_{\text{gem}}$  en  $t$  in  $s = v_{\text{gem}} \cdot t$  levert:  $s = \frac{v}{2} \cdot \frac{-v}{a} = -\frac{v^2}{2a}$

- b De remvertraging bepaal je met de gegeven formule.  
De snelheid met bijbehorende remweg lees je af in figuur 2.56 van het leerboek.

Als  $v = 30 \text{ m s}^{-1}$ , is de remweg  $s = 1,8 \cdot 10^2 \text{ m}$ .

Invullen in de formule levert:

$$1,8 \cdot 10^2 = -\frac{30,0^2}{2a}$$

$$a = -2,50 \text{ m s}^{-2}$$

De remvertraging is dus afgerond  $2,5 \text{ m s}^{-2}$ .

- c De maximale reactietijd bereken je met de reactieafstand en de snelheid van  $90 \text{ km h}^{-1}$ .  
De reactieafstand bereken je met de afstand van  $150 \text{ m}$  en de remweg.  
De remweg bepaal je met figuur 2.56 van het leerboek.

$$s_{\text{totaal}} = s_{\text{rem}} + s_{\text{reactie}}$$

$$s_{\text{totaal}} = 150 \text{ m}$$

$$s_{\text{rem}} = 1,3 \cdot 10^2 \text{ m} \quad (\text{aflezen in figuur 2.56 bij } 90 \text{ km h}^{-1} = 25 \text{ m s}^{-1})$$

$$1,50 \cdot 10^2 = 1,3 \cdot 10^2 + s_{\text{reactie}}$$

$$s_{\text{reactie}} = 0,2 \cdot 10^2 \text{ m} \quad (\text{Let op, door het verschil van de afstanden is de significantie 1 cijfer geworden.})$$

$$s = v \cdot t$$

$$v = 25 \text{ m s}^{-1}$$

$$0,2 \cdot 10^2 = 25 \cdot t$$

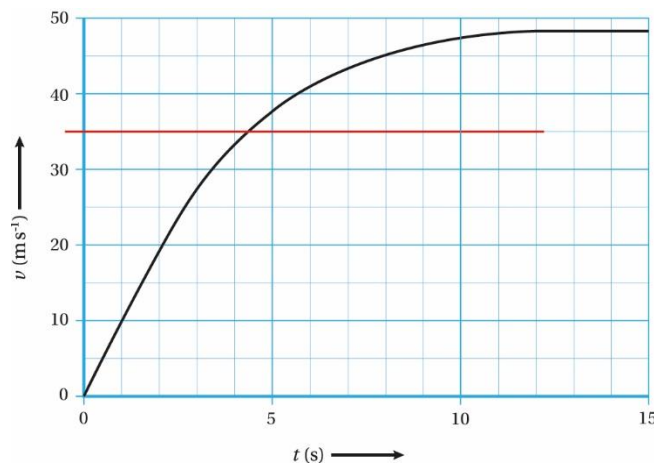
$$t = 0,80 \text{ s}$$

$$\text{Afgerond: } t = 0,8 \text{ s.}$$

**Opgave 32**

Op  $t = 0 \text{ s}$  is er nog geen wrijving. Dus geldt  $a = g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ .

De snelheid neemt steeds minder toe doordat de wrijvingskracht toeneemt.  
Vanaf  $t = 12 \text{ s}$  blijft de snelheid gelijk aan  $48 \text{ m s}^{-1}$ . Zie figuur 2.28.



**Figuur 2.28**

De oppervlakte bepaal je met de gemiddelde snelheid.

De gemiddelde snelheid van de skydiver in de eerste  $12 \text{ s}$  is (ongeveer)  $35 \text{ m s}^{-1}$ .

De afstand die de skydiver heeft afgelegd is dan gelijk aan:

$$s = 35 \times 12 = 420 \text{ m}$$

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

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

## 2.6 Modelleren van bewegingen

## Opgave 33

a De tijdstap is 1 jaar. Elke tijdstap groeit het kapitaal met 5,0%. Zie tabel 2.

| Tijd aan het begin van de tijdstap (jaar) | Tijd aan het eind van de tijdstap (jaar) | Bedrag aan het begin van de tijdstap (euro) | Toename bedrag (euro) | Bedrag aan het eind van de tijdstap (euro) |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|
| 0,0                                       | 1,0                                      | 1000,00                                     | 50,00                 | 1050,00                                    |
| 1,0                                       | 2,0                                      | 1050,00                                     | 52,50                 | 1102,50                                    |
| 2,0                                       | 3,0                                      | 1102,50                                     | 55,125                | 1157,625                                   |
| 3,0                                       | 4,0                                      | 1157,625                                    | 57,88125              | 1215,50625                                 |
| 4,0                                       | 5,0                                      | 1215,50625                                  | 60,77531              | 1276,28156                                 |

Tabel 2

Het eindkapitaal na 5 jaar is € 1276,28.

b Zie tabel 3.

| Regel | Modelregels      | Startwaarden                                                         |
|-------|------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1     | $db = r \cdot b$ | $b = 1000,00$ 'euro<br>$r = 0,05$<br>$t = 0$ 'jaar<br>$dt = 1$ 'jaar |
| 2     | $b = b + db$     |                                                                      |
| 3     | $t = t + dt$     |                                                                      |

Tabel 3

c Modelregel 1 wordt:  $db = r \cdot b + 100$

## Opgave 34

a Zie tabel 4.

| Startwaarden (SI)               |
|---------------------------------|
| $a = 0,5$<br>$v = 0$<br>$x = 0$ |

Tabel 4

b  $v = v + a \cdot dt$  is opgebouwd uit:  
 $v = v + dv$  en  $dv = a \cdot dt$

## Opgave 35

Zie tabel 5.

De 'nieuwe hoogte  $h$ ' moet telkens kleiner zijn dan de 'oude hoogte  $h$ '.

Omdat  $v \cdot dt$  een positieve waarde heeft, moet je in regel 2 een min-teken gebruiken.

De berekening moet stoppen als het voorwerp de grond raakt. Dan moet  $h$  kleiner of gelijk zijn aan 0 m.

| Regel | Modelregels                     | Startwaarden                                                                               |
|-------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | $v = v + a \cdot dt$            | $a = 9,81$ 'm/s <sup>2</sup><br>$v = 0$ 'm/s<br>$h = 1600$ 'm<br>$t = 0$ 's<br>$dt = 1$ 's |
| 2     | $h = h - v \cdot dt$            |                                                                                            |
| 3     | $t = t + dt$                    |                                                                                            |
| 4     | Als $h \leq 0$ dan stop eindals |                                                                                            |

Tabel 5

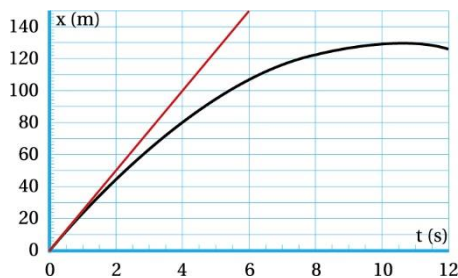
## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

**Opgave 36**

- a Tijdens het remmen wordt de snelheid steeds kleiner. Het maximum wordt bereikt als de snelheid van de trein  $0 \text{ m s}^{-1}$  is. Dus op 10,5 s.  
Het model gaat verder doordat er blijkbaar geen stopconditie is opgenomen. Daardoor wordt na 10,5 s de snelheid  $\mathbf{v}$  negatief. Omdat  $\mathbf{dt}$  positief is, wordt voor  $\mathbf{v} \cdot \mathbf{dt}$  een negatieve waarde berekend. Dan krijgt de 'nieuwe plaats  $\mathbf{x}$ ' een kleinere waarde. De trein beweegt dan (volgens het model) achteruit.
- b De startwaarde van  $\mathbf{x}$  lees je af in figuur 2.67.  
De startwaarde van  $\mathbf{v}$  volgt uit de steilheid van de raaklijn.  
De startwaarde van  $\mathbf{a}$  bereken je met de formule voor de versnelling.

In figuur 2.67 lees je af dat op  $t = 0 \text{ s}$  de plaats 0 m is. Dus  $\mathbf{x} = 0$ .

De snelheid op  $t = 0 \text{ m}$  volgt uit de raaklijn aan de  $(\mathbf{x}, \mathbf{t})$ -grafiek op  $t = 0 \text{ s}$ .  
Zie figuur 2.29.

**Figuur 2.29**

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

$$\mathbf{v} = \frac{150 - 0}{6,0}$$

$$\mathbf{v} = 25 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Dus } \mathbf{v} = 25.$$

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

$$\mathbf{a} = \frac{0 - 25}{10,5 - 0,0}$$

$$\mathbf{a} = -2,38 \text{ m s}^{-2}$$

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

$$\text{Dus } \mathbf{a} = -2,4.$$

**Opgave 37**

- a Op  $t = 0 \text{ s}$  bevindt de bal zich op 120 cm hoogte. Dit is 1,20 m.  
Dus  $\mathbf{x} = 1,20$ .

De snelheid op  $t = 0 \text{ s}$  is  $40 \text{ km h}^{-1}$ .

$$\text{Dit is } \frac{40}{3,6} = 11,1 \text{ m s}^{-1}.$$

$$\text{Afgerond: } 11 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Dus } \mathbf{v} = 11$$

of

$$\mathbf{v} = 40/3,6$$

De versnelling is de valversnelling  $\mathbf{g} = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ .

De beginsnelheid is omhoog gericht en de valversnelling omlaag.

$$\text{Dus } \mathbf{a} = -9,81.$$

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

- b De maximale hoogte bereken je met de plaats waarop de bal is losgelaten en de verplaatsing bij een willekeurige beweging.  
De gemiddelde snelheid bij een eenparig versnelde beweging bereken je met de beginsnelheid en de eindsnelheid.  
De tijd bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}}}$$

$$-9,81 = \frac{0 - 11}{t}$$

$$t = 1,121 \text{ s}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

$$v_{\text{eind}} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{begin}} = 11 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{11 + 0}{2}$$

$$v_{\text{gem}} = 5,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s = 5,5 \times 1,121$$

$$s = 6,165 \text{ m}$$

De bal is losgelaten op 1,20 m

Dus de hoogte zou  $6,165 + 1,20 = 7,365 \text{ m}$  moeten zijn.

In figuur 2.68 van het leerboek lees je af dat  $h = 8,4 \text{ m}$ .

Dus Xané heeft een te grote tijdstap gebruikt.

- c Op het hoogste punt is de snelheid  $0 \text{ m s}^{-1}$ .

Dus de stopconditie is:

in grafisch model:  $v \leq 0$

in tekstmodel: **Als  $v \leq 0$  dan stop eindals**

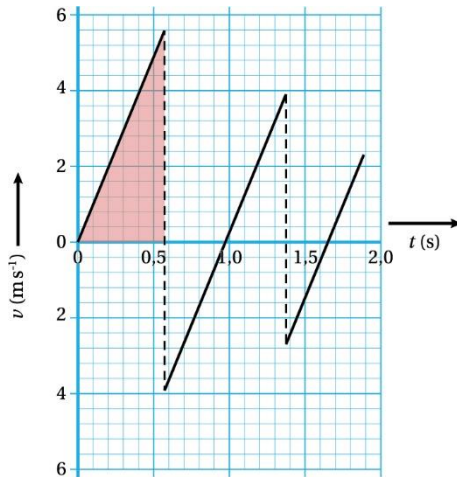
## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

## 2.7 Afsluiting

## Opgave 38

- a De hoogte toon je aan met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.

Zie figuur 2.30.



Figuur 2.30

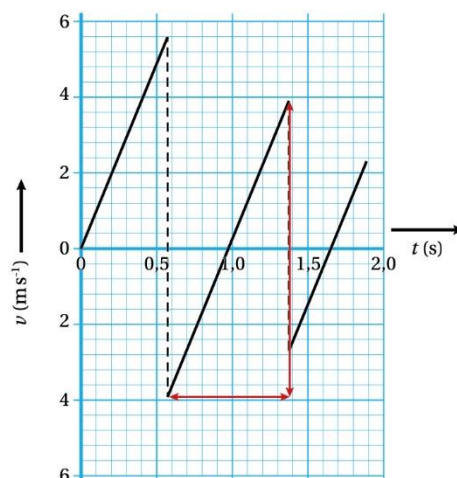
$$h = \frac{1}{2} \times (0,58 - 0,00) \times (5,6 - 0,0)$$

$$h = 1,62 \text{ m}$$

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.
- e De versnelling bepaal je met de steilheid van de  $(v,t)$ -grafiek tussen  $t = 0,58 \text{ s}$  en  $t = 1,38 \text{ s}$ .

Zie figuur 2.31.



Figuur 2.31

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen

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

$$a = \frac{3,9 - (-3,9)}{1,38 - 0,58}$$

$$a = 9,75 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond:  $a = 9,8 \text{ m s}^{-2}$ .

- f Is het verband tussen het aantal keren stuiten en de snelheid omgekeerd evenredig, dan is de snelheid na de tweede keer stuiten gehalveerd. De snelheid lees je af in figuur 2.69 van het leerboek.

Vlak voor de eerste keer stuiten is de snelheid gelijk aan  $5,6 \text{ m s}^{-1}$ .

Vlak voor de tweede keer stuiten is de snelheid gelijk aan  $3,9 \text{ m s}^{-1}$ .

Milan heeft dus geen gelijk.

**Opgave 39**

- a De maximale snelheid lees je af in figuur 2.71 van het leerboek.

$$v_{\text{max}} = 21 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Dit is } 21 \times \frac{3600}{1000} = 75,6 \text{ km/h}.$$

Dat is lager dan  $85 \text{ km h}^{-1}$ .

De bewering klopt dus niet.

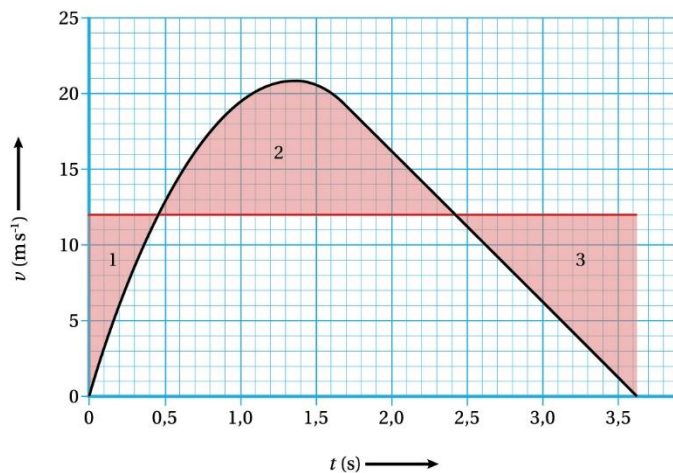
- b De hoogte bepaal je met de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek.

Op  $t = 3,6 \text{ s}$  is de snelheid  $0 \text{ m s}^{-1}$ . Dan is de ring op zijn hoogste punt.

Tussen  $t = 0,0 \text{ s}$  en  $3,6 \text{ s}$  is de gemiddelde snelheid gelijk aan  $12 \text{ m s}^{-1}$ .

Oppervlakte 2 is dan gelijk aan oppervlakte 1 en 3 samen.

Zie figuur 2.32.



**Figuur 2.32**

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$s = 12 \times (3,6 - 0,0)$$

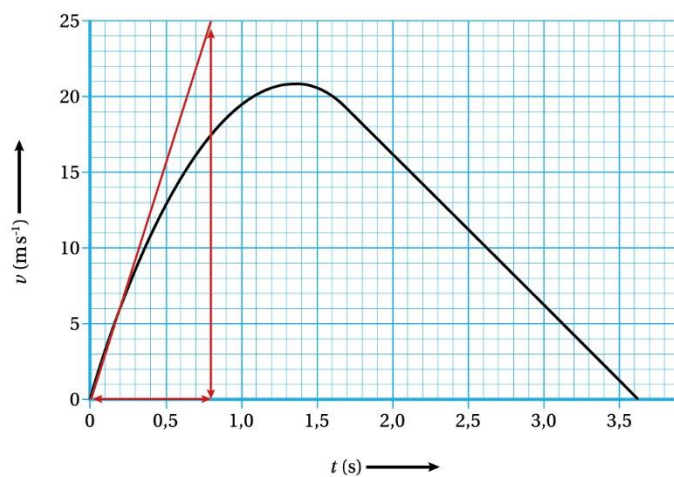
$$s = 43,2 \text{ m}$$

De bewering klopt dus niet.

- c De versnelling tijdens de lancering bepaal je met de steilheid van de  $(v,t)$ -grafiek op  $t = 0 \text{ s}$ .

Zie figuur 2.33.

## Vwo 4 Hoofdstuk 2 Uitwerkingen



Figuur 2.33

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

$$a_{\max} = \frac{25,0 - 0,0}{0,80 - 0,0}$$

$$a_{\max} = 31,3 \text{ m s}^{-2}$$

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

De bewering klopt dus niet.