**2.1 Onderzoek naar bewegingen**

**Uitwerkingen opgave 1**

a Tussen het maken van twee opeenvolgende beeldjes voert de stip precies één omwenteling uit. De stip zit dus steeds op dezelfde plaats als er een beeldje gemaakt wordt. Je ziet de stip stilstaan.

b Tussen het maken van twee opeenvolgende beeldjes voert de stip twee omwentelingen uit. Je ziet de stip stilstaan.

c Tussen het maken van twee opeenvolgende beeldjes voert de stip een halve omwenteling uit. Je ziet twee stilstaande stippen die precies tegenover elkaar liggen.

d Tussen het maken van twee opeenvolgende beeldjes voert de stip iets meer dan een hele omwenteling uit. De stip beweegt langzaam mee met de draairichting van de schijf.

e Tussen het maken van twee opeenvolgende beeldjes voert de stip iets minder dan een hele omwenteling uit. De stip beweegt langzaam achteruit ten opzichte van de draairichting van de schijf.

**Uitwerkingen opgave 2**

a De (gemiddelde) snelheid leid je af met  .

Je moet afstand en snelheid bespreken om iets over snelheid te kunnen zeggen.

De verplaatsing tussen twee opeenvolgende rode stippen neemt af.

De tijd tussen twee opeenvolgende opnames blijft gelijk.

Dus de (gemiddelde) snelheid neemt af.

b Tussen twee flitsen zit 

Er staan zes beeldjes op de foto. Hiertussen zitten vijf tijdsintervallen.

Er zit dus 5 × 0,040 = 0,20 s tussen het eerste en het laatste beeldje.

c De werkelijke afstand Δ*x* in figuur 1 bereken je met een verhoudingstabel. Zie tabel 1.

De afstand tussen de eerste en zesde beeldje en de lengte van de balk meet je op figuur 1.

Je kunt alleen maar de middens van de schijven gebruiken.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | afstand 1e – 6e schuijf | lengte balk |
| gemeten in figuur 1 | 12,2 cm | 3,5 cm |
| in werkelijkheid | Δ*x* | 10 cm |

**Tabel 1**

Δ*x* = 34,85 cm

Afgerond: 34 cm

**Uitwerkingen opgave 3**

a De afstand *d* is de helft van de afstand die het geluid aflegt.

De afstand die het geluid aflegt, bereken je met de geluidsnelheid en de tijd.

De geluidssnelheid zoek je op in BINAS tabel 15A bij 20 °C = 293 K.

*s* = *v* ∙ *t*

*v* = 0,343∙103 m/s. (Zie BINAS tabel 15A)

*t* = 6,81∙10−3 s

*s* = 0,343∙103 × 6,81∙10−3

*s* = 2,335 m



*d* = 1,167 m

Afgerond: *d* = 1,2 m

c De tijd leid je af met  .

Je moet snelheid en afstand bespreken om iets over het tijdsverschil te kunnen zeggen.

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

De afstand blijft hetzelfde.

Het tijdsverschil is dus kleiner.

**2.2 Eenparig rechtlijnige beweging**

**Uitwerkingen opgave 4**

a De snelheid bij het beklimmen van een heuvel is kleiner dan bij het afdalen van de heuvel. De snelheid volgt uit de steilheid van de grafiek in het (plaats, tijd)-diagram.

De steilheid is het kleinst tussen *t* = 6 min en *t* = 14 min. Daarna neemt de steilheid weer toe.

Dus op *t* = 14 min gaat Bart over de top van de heuvel.

b De snelheid tijdens een rustpauze is 0 m/s. De snelheid volgt uit de steilheid van de grafiek in het (plaats, tijd)-diagram.

De snelheid is 0 m/s als de (plaats, tijd)-grafiek een horizontale lijn is.

De rustpauze duurt van *t* = 18 min tot *t* = 20 min en duurt dus 2 min.

**Uitwerkingen opgave 5**

a De snelheid van fietser A is groter dan fietser B.

b Nee. In een (*v*,*t*)-diagram kun je geen plaats *x* afleiden maar uitsluitend een verplaatsing Δ*x*.

c De fietsers halen elkaar in als de verplaatsing dezelfde is. De verplaatsing volgt uit de oppervlakte onder de grafiek in het (*v*,*t*)-diagram.

Na 40 s is de oppervlakte onder de groene grafiek groter dan de oppervlakte onder de rode grafiek.

Dus de verplaatsing van fietser A is dan groter dan de verplaatsing van fietser B.

Fietser A heeft fietser B dan al ingehaald.

**Uitwerkingen opgave 6**

a De afstand bereken je met s = *s*1 + *s*2.

Een afstand bereken je met *s* = *v* ∙ *t.*

*s*1 = *v*1 ∙ *t*1

*v*1 = 25 km/h

*t*1 = 15 min = 0,25 h (Afstemmen eenheden)

*s*1 = 25 × 0,25 = 6,25 km

*s*2 = *v*2 ∙ *t*2

*v*2 = 15 km/h

*t*2 = 15 min = 0,25 h (Afstemmen eenheden)

*s*2 = 15 × 0,25 = 3,75 km

*s* = 6,25 + 3,75 = 10 km

b De gemiddelde snelheid bereken je met de totale afstand en de totale tijd.



Δ*x* = *s* = 10 km

Δ*t* = 30 min = 0,50 h (Afstemmen eenheden)



c De gemiddelde snelheid bereken je met de totale afstand en de totale tijd Δ*t*.

Δ*t* = *t*1 + *t*2

Een tijd bereken je met *s* = *v* ∙ *t.*

*s*1 = *v*1 ∙ *t*1

*s*1 = 5,0 km

*v*1 = 25 km/h

5,0 = 25 × *t*1

*t*1 = 0,20 h

*s*2 = *v*2 ∙ *t*2

*s*2 = 5,0 km

*v*2 = 15 km/h

5,0 = 15 × *t*1

*t*1 = 0,333 h



Δ*x* = 10 km

Δ*t* = 0,20 + 0,333 =0,533 h



*v*gem = 19 km/h

**Uitwerkingen opgave 7**

a De maximale snelheid volgt uit de maximale steilheid van het (plaats, tijd)-diagram.

De grafiek is het steilst van *t* = 14 min tot *t* = 18 min.

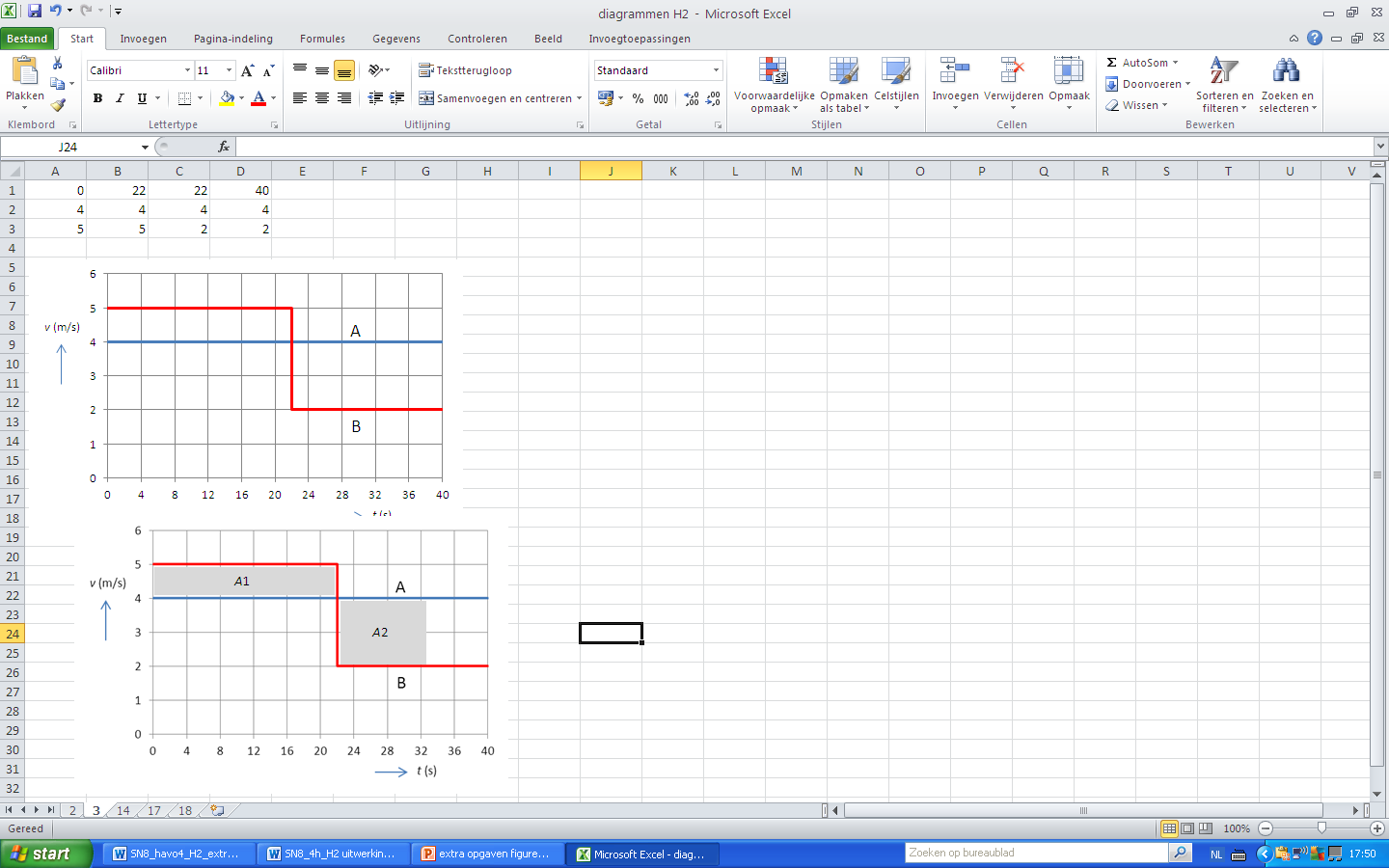




*v* = 1,0 km/min = 60 km/h

b De fietsers halen elkaar in als de verplaatsing dezelfde is. De verplaatsing volgt uit de oppervlakte onder een (*v*,*t*)-grafiek.

Zie figuur 4.



**Figuur 4**

Fietser B legt tussen *t* = 0 s en *t* = 22 s een grotere afstand af dan fietser A. Het verschil in afstand is de oppervlakte A1. Deze afstand is 22 × 1 = 22 m.

Fietser B legt tussen *t* = 22 s en *t* = 33 s een kleinere afstand af dan fietser A. Het verschil in afstand is de oppervlakte A2. Deze afstand is 11 × 2 = 22 m.

Dus na 33 s is de verplaatsing van de twee fietsers dezelfde.

c De afstand die beide fietsers vanaf *t* = 0 s hebben afgelegd, volgt uit de oppervlakte onder de grafiek. Het maakt niet uit of je dit bij fietser A of fietser B doet.

Voor fietser A geldt voor de oppervlakte

Δ*x* = 4,0 × 33

Δ*x* = 132 m

Afgerond: Δ*x* = 1,3 ∙ 102 m

**2.3 Snelheid in een (plaats, tijd)-diagram**

**Uitwerkingen opgave 8**

a De (gemiddelde) snelheid leid je af uit de verplaatsing en de tijd.



De afstand tussen de stippen neemt toe.

De tijd tussen twee opvolgende opnames is dezelfde.

b De snelheid volgt uit de steilheid van de raaklijn aan een (*x*,*t*)-grafiek.

De grafiek gaat steeds steiler lopen.

**Uitwerkingen opgave 9**

a De snelheid in figuur 5 volgt uit de steilheid van de (*x*,*t*)-grafiek.

In de periode *t* = 1 s tot *t* = 2 s is de (*x*,*t*)-grafiek een rechte lijn.

De steilheid heeft dan telkens dezelfde waarde.

De (*v*,*t*)-grafiek is een horizontale lijn.

b De verplaatsing in figuur 6 volgt uit de oppervlakte onder de (*v*,*t*)-grafiek.

Vergelijk de periode *t* = 0 s tot *t* = 0,5 s met de periode *t* = 0 s tot *t* = 1,0 s.

De tijdsduur is twee keer zo groot geworden maar de oppervlakte is meer dan twee keer zo groot geworden. De (*x*,*t*)-grafiek is dan toenemend stijgend: een kromme lijn.

**Uitwerkingen opgave 10**

a De snelheid volgt uit de steilheid van de (*x*,*t*)-grafiek.





*v* = 6,15 m/s (Dat komt overeen met de waarde die je afleest in het (*v*,*t*)-diagram.)

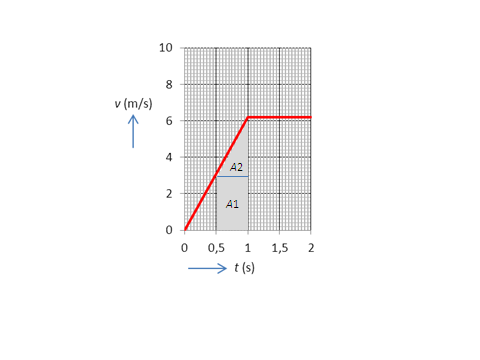
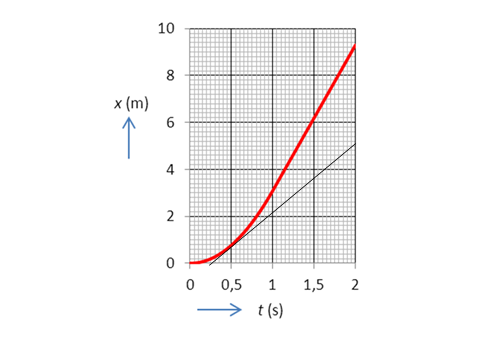
b De snelheid volgt uit de steilheid van de raaklijn aan de (*x*,*t*)-grafiek. Zie figuur 7.





*v* = 2,97 m/s

Dat komt overeen met *v* = 3,0 m/s. die je afleest in het (*v*,*t*)-diagram van figuur 6 bij opgave 9.

**Figuur 7 Figuur 8**

c De verplaatsing volgt uit de oppervlakte onder de (*v*,*t*)-grafiek.

Zie figuur 8.

Δ*x* = *A*1 +*A*2

Δ*x* = (3,0 – 0,0) × (1,0 – 0,5) + 0,5 × (6,0 – 3,0) × (1,0 – 0,5)

Δ*x* = 2,25 m

Uit figuur 5 bij opgave 9 volgt voor de verplaatsing Δ*x* = 3,15 – 0,85 = 2,3 m.

Dat klopt dus.

**Uitwerkingen opgave 11**

a De gemiddelde snelheid volgt uit de verplaatsing en de tijd.





*v*gem = 4,675 m/s

Afgerond: *v*gem = 4,7 m/s

b De gemiddelde snelheid volgt uit de verplaatsing en de tijd.

De verplaatsing volgt uit de oppervlakte onder het (*v*,*t*)-diagram.

De tijd is 2,0 s.

Vervolgens gebruik je de formule .

**2.4 Versnelde beweging**

**Uitwerkingen opgave 12**

a De vertraging volgt uit de steilheid van het (*v*,*t*)-diagram.

De grafieklijn van auto A is steiler dan die van auto B.

Dus de vertraging van auto A is groter dan die van auto B.

b De remweg volgt uit de oppervlakte onder de (*v*,*t*)-grafiek.

De oppervlakte onder beide grafieken is even groot: 

Het maakt daarbij niet uit welke eenheden langs de assen staan.

**Uitwerking opgave 13**

Voor de gemiddelde versnelling geldt 

Je bepaalt de snelheid op *t* = 0 s en de snelheid op *t* = 2 s.

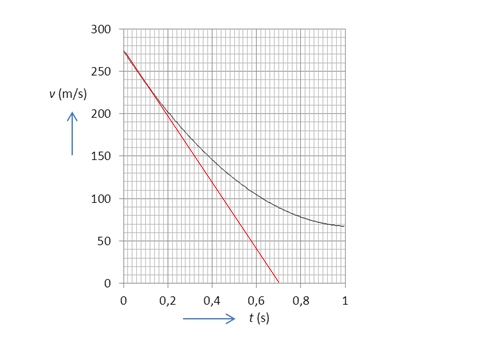
De snelheid op *t* = 0 s bepaal je met de steilheid van de raaklijn aan de (*x*,*t*)-grafiek.

De snelheid op *t* = 2 s bepaal je met de steilheid van de grafieklijn tussen *t* = 1,0 s en *t* = 2,0 s.

**Uitwerking opgave 14**

a De vertraging volgt uit de steilheid van de raaklijn aan de (*v*,*t*)-grafiek.

Zie figuur 12.



**Figuur 12**





*a* = −388 m/s2

De vertraging is afgerond 3,9∙102 m/s2

b De gemiddelde vertraging volgt uit de steilheid van de snijlijn.





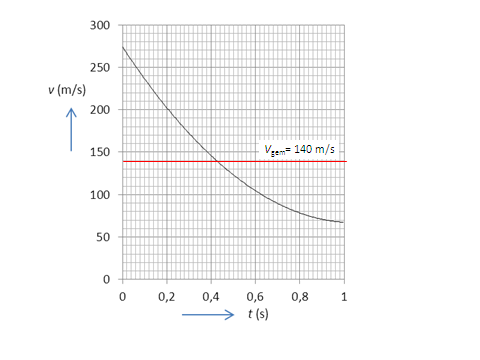
*a* = −204 m/s2

De gemiddelde vertraging is afgerond 2,0∙102 m/s2

c De remweg volgt uit de oppervlakte onder het (*v*,*t*)-diagram.

Je moet dan eerste de gemiddelde snelheid schatten.

De gemiddelde snelheid is 140 m/s. Zie figuur 13.



**Figuur 13**

De remweg is Δ*x* = 140 ×1,0 = 140 m.

Afgerond: Δ*x* = 1,4∙102 m

**2.5 Gebruik van diagrammen**

**Uitwerkingen opgave 15**

a De hoogte volgt uit de oppervlakte onder een (*v*,*t*)-diagram.

Is de hoogte dezelfde dan moet dus de oppervlakte ook gelijk zijn.

b Voor elk tijdstip geldt dat de snelheid op de aarde zes keer zo groot is als de snelheid op de maan.

De oppervlakte onder de grafiek op aarde is dan veel groter dan de oppervlakte onder de grafiek op de maan.

Dus de snelheid op aarde moet minder dan zes keer zo groot zijn op aarde om ervoor te zorgen dat de oppervlaktes aan elkaar gelijk zijn.

c Is het tijdstip op aarde zes keer zo klein is als het tijdstip op de maan, dan zijn de snelheden aan elkaar gelijk. Vergelijk *t* = 2 s voor de aarde met *t* = 12 s voor de maan: *v* = 20 m/s.

De oppervlakte onder de (*v*,*t*)-grafiek op de aarde is na *t* = 2 s veel kleiner dan de oppervlakte onder de (*v*,*t*)-grafiek op de maan na *t* = 12 s.

Dus de tijdstip op de aarde is minder dan zes keer zo klein als de tijdstip op de maan.

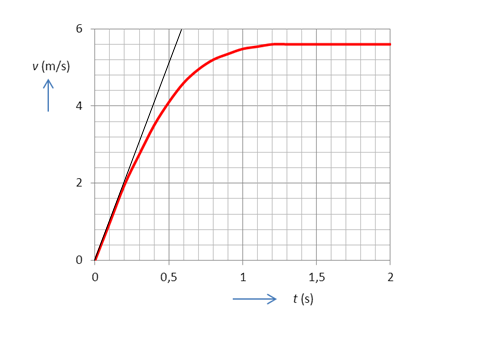
**Uitwerkingen Opgave 16**

De valversnelling volgt uit de steilheid van het (*v*,*t*)-diagram.

De grafieklijn van *t* = 0 s tot *t* = 0,25 s lijkt een rechte lijn. Zie figuur 16.

De versnelling verandert nauwelijks. De invloed van de luchtweerstand is verwaarloosbaar.

Dus is de valbeweging op te vatten als een vrije val



**Figuur 16**

*Opmerking*





*a* = 10 m/s2

Dit komt goed overeen met de valversnelling 9,81 m/s2.

**Uitwerking Opgave 17**

a De diepte van de put volgt uit de oppervlakte onder een (*v*,*t*)-grafiek.

Bij een val zonder luchtweerstand is de grafiek een rechte lijn door de oorsprong.

De snelheid bereken je met de versnelling en de tijd.



*a* = 9,81 m/s2 (Er is geen luchtweerstand)

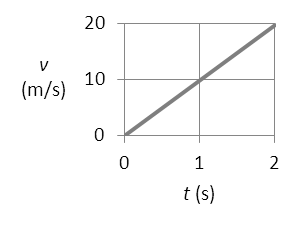
Δ*t* = 2,0 s



Δ*v* = 19,61 m/s

Omdat de snelheid op *t* = 0 gelijk is aan 0 m/s is de snelheid op *t* = 2,0 s gelijk aan 19,61 m/s.

Het (*v*,*t*)-diagram staat in figuur 17.

****

**Figuur 17**

Δ*x* = 0,5 × 19,16 × 2,0 = 19,62 m

Afgerond: Δ*x* = 20 m

b Voor de tijd geldt *t* = *t*val + *t*geluid.

De tijd *t*geluid bereken je met de geluidssnelheid en de diepte van de put.

*s* = *v*geluid ∙ *t*geluid

*s* = 20 m

*v*geluid = 0,343∙103 m/s (Zie BINAS tabel 15A)

20 =0,343∙103 × *t*geluid

*t*geluid = 0,058 s

*t* = 2,0 + 0,058 = 2,058 s

Afgerond: *t* = 2,1 s.

**Uitwerking opgave 18**

a Het remtijd bereken je met de vertraging en de snelheidsverandering.



*a* = 8,0 m/s2

Δ*v* = *v*eind – *v*begin

*v*eind = 0 m/s

*v*begin = 108 km/h = 



Δ*t* = 3,75 s

Op *t* = 0 s begint auto A te remmen dus op *t* = 3,75 s staat hij stil.

b De reactietijd die verloopt voordat het remmen begint, is de tijd voordat de bestuurder actie onderneemt (0,60 s) plus de tijd nodig om de rem te activeren (0,20 s).

c De stoptijd is de reactietijd plus de remtijd.

De remtijd bereken je met de vertraging en de snelheidsverandering.



*a* = 5,5 m/s2

Δ*v* = *v*eind – *v*begin

*v*eind = 0 m/s

*v*begin = 108 km/h = 



Δ*t* = 5,45 s

De remtijd is 5,45 s.

Dan staat auto B stil op *t* = 0,80 + 5,45 = 6,25 s.

d De afstand tussen A en B als beide auto’s stilstaan, hangt af van drie dingen:

I de afstand tussen de auto’s tijdens het rijden met een snelheid van 108 km/h.

II de stopafstand van auto A

III de stopafstand van auto B

I De afstand tijdens het rijden bereken je met snelheid en twee-seconderegel.

*s* = *v* ∙ *t*

*v* = 30 m/s

*t* = 2,0 s

*s* = 30 × 2,0 = 60 m

II De stopafstand van auto A volgt uit de oppervlakte onder (*v*,*t*)-diagram.

*s*A = 0,5 × 3,75 × 30 = 56,25 m

III De stopafstand van auto B volgt uit de oppervlakte onder (*v*,*t*)-diagram.

*s*B = 0,80 × 30 + 0,5 × (6,25 – 0,80) × 30 = 105,75 m

Tijdens het stoppen legt auto B 105,75 – 56,25 = 49,50 m meer af dan auto A.

Auto A lag 60 m voor op auto B.

Als beide auto’s stilstaan is de afstand tussen A en B 60 – 49,50 = 10 m.