



Uitwerkingen opgaven leerboek

2.1 INTRODUCTIE

Opgave 1

- a Niet waar: De standaardeenheid van snelheid is m/s.
- b Waar
- c Niet waar: $100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$ of $10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$.
- d Waar

Opgave 2

- a Traject 1: 101 km in 8 uur is 12,6 km/h
Traject 2: 90 km in 8 uur is 11,3 km/h
Traject 3: 33 km in 3 uur is 11,0 km/h
- b Traject 1: $\frac{12,6}{3,6} = 3,5 \text{ m/s}$
Traject 2: $\frac{11,3}{3,6} = 3,1 \text{ m/s}$
Traject 3: $\frac{11,0}{3,6} = 3,1 \text{ m/s}$
- c Fietsend gaat het makkelijk, hardlopend houd je het niet lang vol.

Opgave 3

- a Eerste halffuur: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t} = \frac{15}{0,5} = 30 \text{ km/h}$; tweede halffuur: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t} = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ km/h}$
Hele tocht: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t} = \frac{25}{1} = 25 \text{ km/h}$
- b Heenreis: $t = \frac{s}{v} = \frac{15}{25} = 0,60 \text{ h} = 36 \text{ min}$
- c Terugreis: $t = \frac{s}{v} = \frac{15}{15} = 1,0 \text{ h} = 60 \text{ min}$
- d $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t} = \frac{2 \times 15}{(0,60 + 1,0)} = 18,8 \text{ km/h}$
- e Over de terugweg doet hij langer, dus dat telt zwaarder mee.

2.2 KRACHT VERANDERT SNELHEID

Opgave 4

- a Waar
- b Waar
- c Waar
- d Niet waar: Bij een eenparige beweging is de nettokracht nul.
- e Niet (helemaal) waar: Als de nettokracht nul is, blijft het voorwerp stil staan, of het beweegt met constante snelheid.
- f Niet waar: Als de nettokracht maar lang genoeg werkt, wordt de snelheid steeds groter.

Opgave 5

- a Bij een constante nettokracht naar voren neemt de snelheid gelijkmatig toe.
- b Bij een constante nettokracht naar achteren neemt de snelheid gelijkmatig af.
- c Om met constante snelheid te fietsen, moet je de tegenwerkende krachten precies opheffen, zodat de nettokracht nul is.



Opgave 6

- a Direct na de start is de nettokracht het grootst (en vooruit), doordat er dan nog geen tegenwerkende luchtweerstand is.
- b De tegenwerkende kracht (luchtweerstand) is het grootst als de topsnelheid is bereikt, dus na ongeveer 20 s.
- c In de laatste 100 m loopt de snelheid terug. De nettokracht is dan naar achteren gericht.

Opgave 7

- a Bij foto B is de afstand tussen de posities constant (en ook de tussentijd), dus daar is de snelheid constant.
- b Om de snelheid te bepalen meet je de afstand tussen de eerste en de laatste positie van het voorwerp, en deel je deze afstand door de tijd die verstreken is tussen de eerste en de laatste flits. Je moet dus de schaal van de foto weten en de afstand opmeten. Ook moet je de flitsfrequentie (aantal lichtflitsen per s) weten en de tussenpozen tellen om de tijd te kunnen bepalen die is verstreken tussen de eerste en de laatste opname.
- c Bij foto B is de nettokracht nul, want daar is de snelheid constant.
- d Bij foto A is de nettokracht naar rechts, want de afgelegde afstand per constante tussentijd wordt naar rechts steeds groter.
- e De beweging op foto A is versneld want het voorwerp beweegt naar rechts en de tussenafstanden nemen toe terwijl de tussenpozen gelijk zijn.

Opgave 8

- a Diagram B hoort bij een eenparige beweging, daar is de snelheid constant.
- b Diagrammen A en D horen bij een constante nettokracht, daar neemt de snelheid gelijkmatig toe.
- c In diagram C is de beweging eerst versneld, dan neemt de snelheid toe. Daarna is de beweging eenparig, dan blijft de snelheid constant.
- d In diagram C is de nettokracht eerst constant, zolang de grafiek recht is. Dan neemt de nettokracht af, de grafiek gaat steeds minder steil lopen. En na de bocht is de nettokracht steeds nul, de grafiek loopt horizontaal, de snelheid blijft constant.

Opgave 9

- a Bij tekening 1 hoort diagram B van figuur 11, want de afstand tussen de beeldjes is constant, dus is de snelheid constant. Dat de snelheid gelijk blijft, zie je ook in diagram B
- b In tekening 2 en 4 is, terugkijkend tot de start, de afstand tussen de beeldjes steeds kleiner, tot aan bijna nul.
- c Bij tekening 4 hoort diagram C, want bij tekening 4 wordt de snelheid uiteindelijk constant, net als in diagram C. Bij tekening 2 blijft de snelheid toenemen net als in diagram A. Bovendien neemt de snelheid na de start in tekening 4 sneller toe dan bij tekening 2 en hetzelfde zie je aan de diagrammen. Bij tekening 3 is de beginsnelheid niet nul en neemt de snelheid gelijkmatig toe.

Opgave 10

Eigen antwoord.

Opgave 11

$54,8 \text{ km/h} = 15,2 \text{ m/s}$. De tijd van de laatste 400 meter is: $t = \frac{s}{v} = \frac{400}{15,2} = 26,3 \text{ s}$.

De eindtijd is dus $10,1 + 26,3 = 36,4 \text{ s}$.

Opgave 12

a $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5,0}{4,0} = 1,3 \text{ m/s}^2$

b $\Delta v = 65 \text{ km/h} = 18,1 \text{ m/s} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{18,1}{4,5} = 4,0 \text{ m/s}^2$

c $\Delta v = a \cdot \Delta t = 1,8 \times 3,0 = 5,4 \text{ m/s}$ dus $v = 5,4 \text{ m/s}$.

d Elke seconde komt er 2,5 m/s bij, dus dat duurt $\frac{12,5}{2,5} = 5,0 \text{ s}$ (of met $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{12,5}{2,5}$).

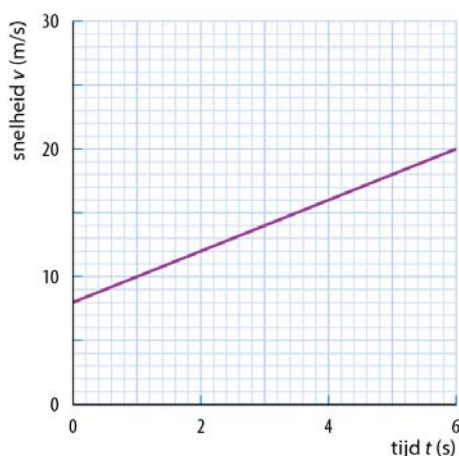


Opgave 13

- a Bij een versnelling van $2,0 \text{ m/s}^2$ neemt de snelheid elke seconde toe met $2,0 \text{ m/s}$.
- b Na 3 seconden is de snelheid: $3,0 \times 2,0 = 6,0 \text{ m/s}$.
- c $36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$. Het duurt dan $\frac{10}{2,0} = 5,0 \text{ s}$.
- d De grafiek loopt steeds minder steil.

Opgave 14

- a Zie figuur.



- b In 6 seconden neemt de snelheid gelijkmatig 12 m/s toe (van $8,0 \text{ m/s}$ tot 20 m/s). Per seconde komt er dus $2,0 \text{ m/s}$ bij. Dus is de versnelling $2,0 \text{ m/s}^2$.
- c De snelheid neemt gelijkmatig toe van $8,0 \text{ m/s}$ tot 20 m/s . De gemiddelde snelheid is dus 14 m/s .

Opgave 15

- a In diagram A is de snelheid constant.
- b In diagram B wordt op $t = 0 \text{ s}$ gestart met een snelheid van 0 m/s , dus vanuit stilstand. Het is een rechte grafiek die schuin omhoog loopt, dus de versnelling is constant en positief.
- c De versnelling bij grafiek B is: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8,0}{24} = 0,33 \text{ m/s}^2$
- d De beweging bij diagram C is 'met vliegende start' van 5 m/s en een constante versnelling.
- e De versnelling is: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(15 - 5,0)}{20} = \frac{10}{20} = 0,50 \text{ m/s}^2$

Opgave 16

- a $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{17,5}{6,0} = 2,9 \text{ m/s}^2$
- b $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15}{6} = 2,5 \text{ m/s}^2$
- c Op $t = 4,0 \text{ s}$ is de versnelling van auto A 0 m/s^2 want de grafiek loopt daar horizontaal.



Opgave 17

- a De takelwagen legt 9 m af in de tweede seconde en 7 m in de derde seconde.
- b De afgelegde afstand per seconde neemt steeds met 2 m af.
- c De snelheid neemt in die seconde af van 12 naar 10 m/s. De gemiddelde snelheid is dus 11 m/s.
- d Zie figuur.

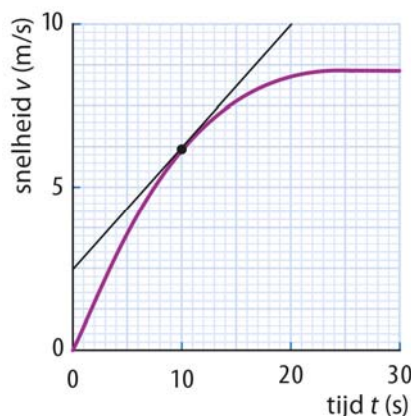


e $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{6,0} = 2,0 \text{ m/s}^2$

Opgave 18

- a De luchtweerstand wordt steeds groter, zodat de nettokracht en daarmee ook de versnelling steeds kleiner wordt.
- b De nettokracht is het grootst op $t = 0 \text{ s}$, want dan loopt de grafiek het steilst en is de versnelling maximaal.
- c De gemiddelde versnelling tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 25 \text{ s}$ is: $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8,5}{25} = 0,34 \text{ m/s}^2$
- d De raaklijn aan de grafiek bij 10 s, gaat op $t = 0 \text{ s}$ door $v = 2,5 \text{ m/s}$ en op $t = 20 \text{ s}$ door $v = 10 \text{ m/s}$. De versnelling is dan

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{(10 - 2,5)}{20} = \frac{7,5}{20} = 0,38 \text{ m/s}^2$$



- e Na $t = 25 \text{ s}$ is de versnelling 0 m/s^2 , de grafiek loopt daar horizontaal, de snelheid blijft gelijk. (De tegenwerkende kracht is even groot als de voorwaartse kracht, want de snelheid is constant geworden.)

Opgave 19

- a De helling van de lijn van voertuig A is: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{3,0} = 6,7 \text{ m/s}^2$ en dat is meer dan de wettelijke eis van $5,2 \text{ m/s}^2$, dus auto A voldoet aan deze eis.
- b Om aan de eis te voldoen had auto B stil moeten staan binnen $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{15}{5,2} = 2,9 \text{ s}$.
- c Door de kleinere remvertraging hebben brommers een langere remweg dan auto's voor hen. Zij kunnen dus op een remmende auto voor hen botsen.

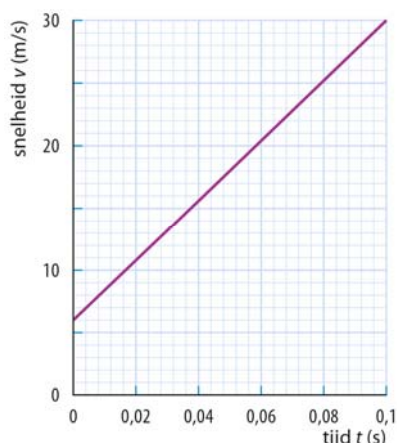


Opgave 20

a De nettokracht is constant dus neemt de snelheid gelijkmatig toe: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(6,0 + 30)}{2} = 18 \text{ m/s}$.

b $t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} = \frac{1,80}{18} = 0,10 \text{ s}$

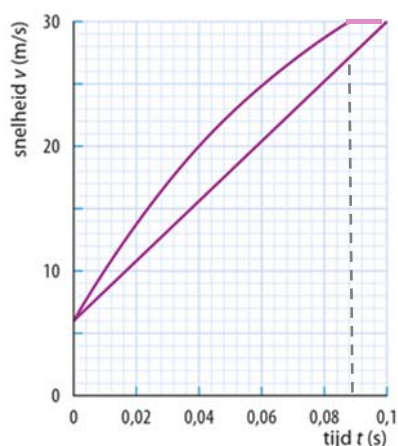
c Zie figuur.



d Door de grotere nettokracht aan het begin van de push zal de grafiek in het begin steiler lopen (en aan het eind vlakker). De grafiek zal dus boven de rechte lijn uitkomen en dus is de gemiddelde snelheid groter dan 18 m/s.

e Omdat de gemiddelde snelheid groter is, zal de contacttijd korter zijn.

f Zie figuur. De kromme grafiek loopt na het bereiken van 30 m/s verder horizontaal. En wat je nog niet kunt weten omdat dat pas in paragraaf 2.4 ter sprake komt: de bovenste grafiek zal zo zijn dat de oppervlakte tussen beide (paarse) grafieken even groot is als de oppervlakte rechts van de stippellijn onder de rechte grafiek.



2.3 VERSNELLEN EN VERTRAGEN

Opgave 21

a Waar

b Niet waar: Bij een constante vertraging is de voorwaartse kracht kleiner dan het totaal van de tegenwerkende krachten samen. De nettokracht is achteruit gericht en constant van grootte.

c Niet waar: De versnelling is evenredig met de nettokracht en omgekeerd evenredig met de massa.

d Waar

e Niet waar: In rul zand is je traagheid even groot als op asfalt, maar de weerstand(skracht) is in rul zand veel groter dan op asfalt.

f Niet waar: Een slak heeft een kleinere traagheid dan een schildpad (want zijn massa is kleiner).



Opgave 22

- a Het gaat om de verhouding van motorkracht en massa. Bij de linker auto is deze 3,0, bij de middelste auto 3,4 en bij de rechter auto 2,5. De middelste auto heeft dus de grootste motorkracht per kg en zal het snelst optrekken. De rechter auto trekt het langzaamst op.
- b Nee, want je weet niet hoe groot de tegenwerkende krachten van de auto's zijn.
- c Nee, want je weet niet hoe groot de remkracht van de auto's is.
- d De middelste auto heeft de grootste traagheid, want deze heeft de grootste massa.
- e Als een voorwerp een grote traagheid heeft, is er een grote of langdurende nettokracht nodig om de snelheid van dat voorwerp te veranderen. Een grote massa betekent ook een grote traagheid.

Opgave 23

- a De grafiek in het v,t -diagram is een rechte lijn door de oorsprong.
- b Het is een eenparig versnelde beweging, want de snelheid neemt gelijkmatig toe.
- c Bij een eenparig versnelde beweging is de versnelling constant. De nettokracht is evenredig met de versnelling en is dus ook constant.

Opgave 24

- a Nee, de remkracht van de vrachtwagen is veel groter, doordat de massa veel groter is.
- b De beginsnelheid en de remvertraging zijn gelijk, dus ook de remtijd. En doordat de beginsnelheid en de remtijd hetzelfde zijn is de remweg ook gelijk.

Opgave 25

- a Je kunt de traagheid van een voorwerp alleen veranderen door de massa te veranderen.
- b De trein rijdt met constante snelheid. Je merkt pas iets van de traagheid als de snelheid verandert.
- c Het opvangen van een zware bowlingbal kost meer moeite dan het opvangen van een tennisbal. Als je langzaam aan het papier van de wc-rol trekt rolt de wc-rol verder af, maar als je met een ruk aan het papier trekt scheurt het papier af.
- d Het gewicht van een voorwerp is de kracht die het voorwerp op zijn ondergrond uitoefent. Deze kracht wordt veroorzaakt doordat de zwaartekracht het voorwerp naar beneden trekt, tegen de grond aan.
- e Met een weegschaal meet je gewicht. De aanduiding in kg is in de schaalverdeling omgerekend vanuit de kracht in N.

Opgave 26

- a Als je de hamer met de steel op de ondergrond slaat, komt de kop van de hamer steviger op de steel te zitten. De steel loopt een beetje taps toe (wordt een beetje dunner naar het einde toe), waardoor de kop steviger op de steel klemt als hij iets verder doorschiet. De kop heeft een grote massa en dus een grote traagheid. De steel wordt plotseling afgeremd, zodat de kop doorschiet en stevig op de steel komt te zitten.
- b Bij een zachte ondergrond verandert de snelheid van de steel van de hamer minder snel, waardoor het afremmen langer duurt. De vertraging van de kop en dus de 'remkracht' op de kop is kleiner, waardoor hij minder ver op de steel komt te zitten.
- c Als je een korte ruk geeft zal de kracht door de trage massa van de kogel niet of nauwelijks worden doorgegeven naar het bovenste touwtje. De grootste kracht komt op het onderste touwtje, dat zal breken.
- d Als je langzaam aan het touwtje trekt is de kracht op het bovenste touwtje groter, omdat je dan voor het bovenste touwtje bij de trekkracht het gewicht van de kogel moet optellen.

Opgave 27

Eigen antwoord.



Opgave 28

- a $F_{\text{res}} = m \cdot a = 2,5 \times 140 = 3,5 \cdot 10^2 \text{ N}$
- b $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{150}{25} = 6,0 \text{ m/s}^2$
- c $\Delta v = 25 \text{ km/h} = 6,94 \text{ m/s} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6,94}{2,5} = 2,78 \text{ m/s}^2 \rightarrow$
 $F_{\text{res}} = m \cdot a = 1,3 \cdot 10^3 \times 2,78 = 3,6 \cdot 10^3 \text{ N}$
- d $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow m = \frac{F_{\text{res}}}{a} = \frac{40}{55} = 0,73 \text{ kg}$

Opgave 29

- a $\Delta v = 80 \text{ km/h} = 22,2 \text{ m/s} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{22,2}{0,10} = 2,22 \cdot 10^2 = 2,2 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$
- b $F_{\text{res}} = m \cdot a = 0,450 \times 2,22 \cdot 10^2 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ N}$
- c $F_{\text{w}} = F_{\text{res}} = m \cdot a = 0,450 \times 3,0 = 1,4 \text{ N}$
- d $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{13}{3,0} = 4,3 \text{ s}$
- e $\Delta v = a \cdot \Delta t = 3,0 \times 1,4 = 4,2 \text{ m/s}$
 De snelheid begint met 13 m/s en neemt in 1,4 s af met 4,2 m/s $\rightarrow v_{\text{eind}} = 13 - 4,2 = 8,8 \text{ m/s}$

Opgave 30

- a De versnelling bij de start is de steilheid van de raaklijn op $t = 0 \text{ s}$: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{10} = 1,0 \text{ m/s}^2$.
- b $F_{\text{voorw}} = m \cdot a = 2,4 \cdot 10^2 \times 1,0 = 2,4 \cdot 10^2 \text{ N}$
- c $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(9,6 - 4,8)}{25} = 0,192 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res}} = m \cdot a = 2,4 \cdot 10^2 \times 0,192 = 46 \text{ N}$
 $F_{\text{res}} = F_{\text{voorw}} - F_{\text{tegen}} \text{ dus } F_{\text{tegen}} = F_{\text{voorw}} - F_{\text{res}} = 2,4 \cdot 10^2 - 46 = 1,9 \cdot 10^2 \text{ N}$

Opgave 31

- a Bij een botsing is Δt heel klein en daardoor de versnelling heel groot. Daarmee is de kracht heel groot.
- b De tijd Δt wordt $2,5 \times$ zo groot. Dan worden de versnelling a en dus ook de kracht F $2,5 \times$ zo klein.
- c Andere veiligheidsmaatregelen om de botstijd voor inzittenden te vergroten zijn de airbag en de veiligheidsgordel. In beide gevallen begint de afremming van de inzittenden meteen bij het begin van de botsing en niet pas als ze tegen het stuur, het dashboard of de voorruit knallen.

Opgave 32

- a $\Delta v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}, \Delta t = 0,080 \text{ s} \rightarrow a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25}{0,080} = 3,1 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$
- b $F_{\text{res,gem}} = m \cdot a = 1450 \times 3,1 \cdot 10^2 = 4,5 \cdot 10^5 \text{ N}$
- c $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25}{0,25} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res,gem}} = m \cdot a = 75 \times 1,0 \cdot 10^2 = 7,5 \cdot 10^3 \text{ N} = 7,5 \text{ kN}$

Opgave 33

- a $F_{\text{res}} = m \cdot a = 60 \times 8,0 = 4,8 \cdot 10^2 \text{ N}$
- b Dat komt overeen met het tillen van een massa van ongeveer 50 kg, dus dat zou kunnen.
- c 18 km/h is $5,0 \text{ m/s} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5,0}{0,10} = 50 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res}} = m \cdot a = 60 \times 50 = 3,0 \cdot 10^3 \text{ N}$
- d Nee, je kunt geen 300 kg omhoog drukken.

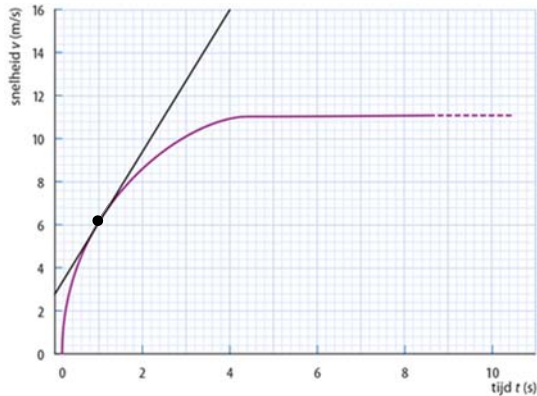
Opgave 34

- a $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11}{0,0040} = 2,8 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$
- b $F_{\text{res}} = m \cdot a = 5,0 \times 2,8 \cdot 10^3 = 1,4 \cdot 10^4 \text{ N}$
- c Δt is $5 \times$ zo lang, dus de versnelling is $5 \times$ zo klein. Dan is de nettokracht ook $5 \times$ zo klein.
- d De valhelm verspreidt de kracht over een grotere oppervlakte van het hoofd.



Opgave 35

- a $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11,2}{5,0} = 2,2 \text{ m/s}^2$
- b Raaklijn tekenen en helling bepalen:



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(16 - 2,8)}{4,0} = 3,3 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res}} = m \cdot a = 70 \times 3,3 = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N}$$

- c Je ziet dat de atleet op $t = 1,0 \text{ s}$ minder versnelt dan daarvoor, dus is de nettokracht kleiner geworden. Aannemende dat de voorwaartse kracht van de atleet even groot is als eerder, is er nu een tegenwerkende kracht op de atleet waardoor de nettokracht kleiner is dan de voorwaartse kracht.

Opgave 36

- a De grafiek loopt na het schakelen minder steil dan vóór het schakelen.
- b De snelheid neemt met $0,2 \text{ m/s}$ af in $0,7 \text{ s} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,2}{0,7} = 0,286 \text{ m/s}^2 \rightarrow$
 $F_{\text{wrijving}} = F_{\text{res}} = m \cdot a = 1,2 \cdot 10^3 \times 0,286 = 3,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

2.4 AFSTAND EN BEWEGING

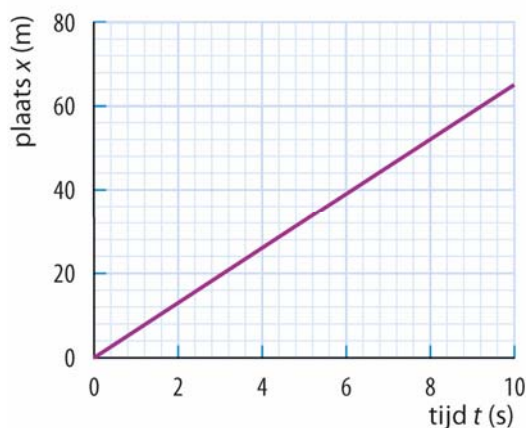
Opgave 37

- a Waar
- b Waar
- c Niet waar: Bij een constante snelheid is de grafiek in het x, t -diagram een rechte lijn, maar niet horizontaal.
- d Waar
- e Niet waar: Alleen waar als de beweging eenparig vertraagd is, zodat de grafiek in het v, t -diagram een rechte lijn is.



Opgave 38

- a Op $t = 4,0$ s is de plaats: $x = v \cdot t = 6,5 \times 4,0 = 26$ m
en op $t = 10$ s is de plaats: $x = v \cdot t = 6,5 \times 10 = 65$ m
- b Zie figuur.



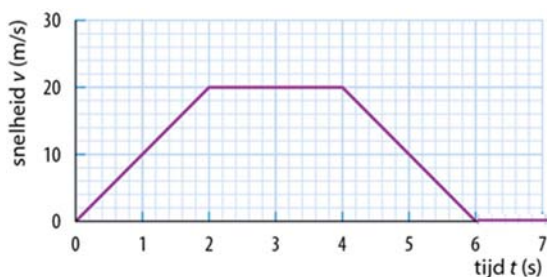
- c De steilheid van de grafiek is $6,5$ m/s

Opgave 39

- a De grafiek gaat steeds steiler lopen, dus wordt de snelheid steeds groter.
- b Op $t = 0$ s loopt de grafiek horizontaal, dus is de beginsnelheid nul.
- c Na 25 s is de verplaatsing 25 m, de gemiddelde snelheid is dus $1,0$ m/s.
- d Op $t = 25$ s loopt de grafiek steiler dan gemiddeld (tussen begin- en eindpunt), dus is de snelheid dan groter dan de gemiddelde snelheid.

Opgave 40

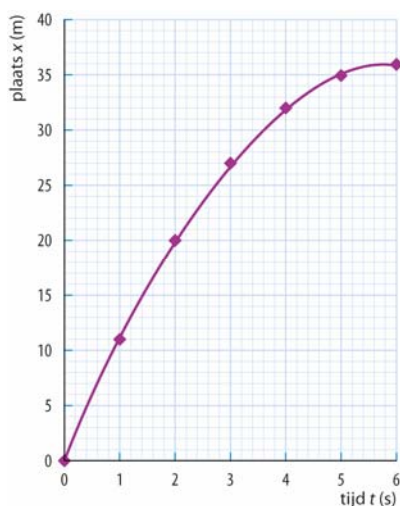
- a Bij een versnelling gaat de grafiek steeds steiler lopen, bij een vertraging steeds minder steil.
- b Tussen $6,0$ en $7,0$ s is de plaats constant, de grafiek loopt hier horizontaal.
- c Tussen $2,0$ en $4,0$ s is de snelheid constant, de grafiek is hier recht (en schuin omhoog, de helling is constant.)
- d Van 0 tot 2 s en van 4 tot 6 s verandert de snelheid, hier loopt de grafiek krom. Volgens het gegeven dat de snelheid of de versnelling constant is, is de versnelling dus constant van 0 tot 2 s en van 4 tot 6 s.
- e De snelheid is dan gelijk aan het hellingsgetal: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(60 - 20)}{(4,0 - 2,0)} = 20$ m/s.
- f De gemiddelde snelheid van 0 tot $7,0$ s is: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(80 - 0)}{(7,0 - 0)} = 11$ m/s.
- g Zie figuur.



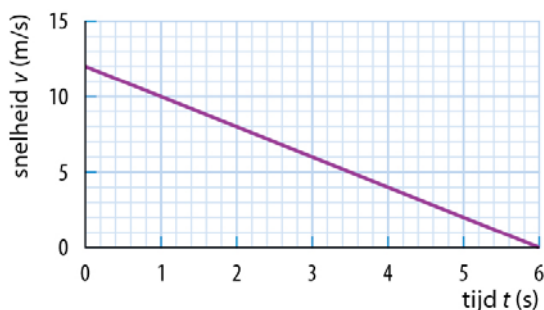


Opgave 41

- a Op $t = 4,0$ s is de positie 32 m, op $t = 5,0$ s is de positie 35 m en op $t = 6,0$ s is de positie 36 m.
 b Op $t = 2,0$ s is de positie 20 m en op $t = 3,0$ s is de positie 27 m. Zie figuur.



- c Zie bovenstaande figuur.
 d Er wordt 36 m afgelegd in 6,0 s, dus $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{36}{6,0} = 6,0$ m/s.
 e Zie figuur.



- f De snelheid neemt af van 12 m/s naar 0 m/s in 6,0 s. De remvertraging is dus $2,0$ m/s².

Opgave 42

- a De grafiek is recht, dus kun je de begin- en eindsnelheid middelen: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(8 + 26)}{2} = 17$ m/s.
 b De snelheid neemt in 6,0 s gelijkmatig toe van 8,0 m/s tot 26 m/s.
 De versnelling is dus $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(26 - 8,0)}{6,0} = 3,0$ m/s².
 c Met een gemiddelde snelheid van 17 m/s gedurende 6,0 s is de afgelegde afstand:
 $\Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 17 \times 6,0 = 1,0 \cdot 10^2$ m

Opgave 43

- a Haar snelheidstoename is: $\Delta v = a \cdot \Delta t = 1,8 \times 5,0 = 9,0$ m/s, dus zij bereikt een snelheid van 9,0 m/s.
 b Haar gemiddelde snelheid is $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(0 + 9,0)}{2} = 4,5$ m/s dus is de afstand die zij na 5,0 s heeft afgelegd: $\Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 4,5 \times 5,0 = 22,5 = 23$ m.



Opgave 44

- a Bij diagram 2 is de versnelling nul, de grafiek is een rechte lijn.
- b Bij diagram 3 is de versnelling het grootst, de helling van de grafiek neemt het meeste toe, dus neemt de snelheid het meeste toe.
- c De totale afstand en de tijd zijn gelijk voor alle vier de grafieken, dus is de gemiddelde snelheid gelijk.
- d Bij diagram 3 is de beginsnelheid nul, de raaklijn aan de grafiek loopt daar horizontaal, de helling is daar nul.
- e De beginsnelheid is het grootst bij diagram 4, daar is op $t = 0$ s de helling van de raaklijn het grootst.
- f De eindsnelheid is het grootst bij diagram 3, daar is op $t = 6,0$ s de helling van de raaklijn het grootst.
- g Bij diagram 4 is de nettokracht naar achteren gericht, de helling van de grafiek neemt steeds meer af, dus neemt de snelheid af.

Opgave 45

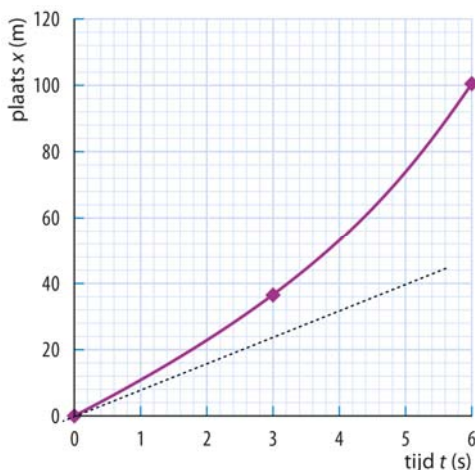
Eigen antwoord.

Opgave 46

- a $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(90 + 65)}{2} = 77,5 \text{ km/h} = 21,5 \text{ m/s} \rightarrow \Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 21,5 \times 2,5 = 54 \text{ m}$
- b $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{50}{5,0} = 10 \text{ m/s}$. De eindsnelheid is twee keer zo groot want
 $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(0 + v_{\text{eind}})}{2} = 10 \text{ m/s}$, dus $v_{\text{eind}} = 20 \text{ m/s}$.
- c $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(54 + 90)}{2} = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s} \rightarrow \Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 20 \times 5,0 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ m}$
- d $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(108 + 0)}{2} = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s} \rightarrow \Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 15 \times 4,0 = 60 \text{ m}$

Opgave 47

- a De grafiek is recht, dus: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(8 + 17)}{2} = 12,5 \text{ m/s} \rightarrow \Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 12,5 \times 3,0 = 37,5 = 38 \text{ m}$
- b $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{(17 + 26)}{2} = 21,5 \text{ m/s} \rightarrow \Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 21,5 \times 3,0 = 64,5 = 65 \text{ m}$
- c De totale afstand na 6,0 s is $37,5 + 64,5 = 102 \text{ m}$. De grafiek in het x, t -diagram is dus een deel van een parabool door de punten $(0 \text{ s}, 0 \text{ m})$, $(3,0 \text{ s}, 38 \text{ m})$ en $(6,0 \text{ s}, 102 \text{ m})$. De snelheid bij $t = 0$ s is 8 m/s, de steilheid van de grafiek in het x, t -diagram begint dus bij 8 m/s. De raaklijn aan de x, t -grafiek gaat in de oorsprong dientengevolge ook door het punt: $(5 \text{ s}, 40 \text{ m})$.



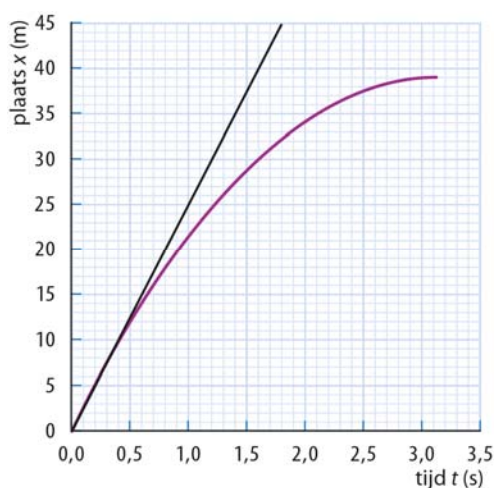


Opgave 48

- a $x_{\text{rem}} = 32 \text{ m}$ en $v_{\text{gem}} = \frac{x_{\text{rem}}}{t_{\text{rem}}} = \frac{32}{4,0} = 8,0 \text{ m/s}$.
- b De beginsnelheid is twee keer zo groot als de gemiddelde snelheid dus $v_{\text{begin}} = 2 \times 8,0 = 16 \text{ m/s}$.
- c $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{16}{4,0} = 4,0 \text{ m/s}^2$

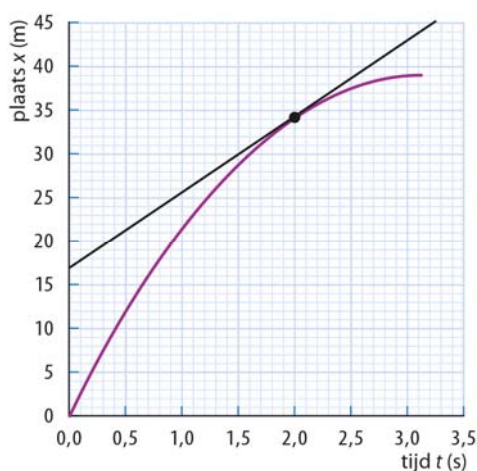
Opgave 49

- a $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25}{3,1} = 8,1 \text{ m/s}^2$
- b Halverwege het remmen (op $t = 1,55 \text{ s}$) is de snelheid $12,5 \text{ m/s}$. Dan is de gemiddelde snelheid over de eerste helft van de remsijd: $v_{\text{gem}} = \frac{(25 + 12,5)}{2} = 18,8 \text{ m/s}$ en de afgelegde afstand $\Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 18,8 \times 1,55 = 29 \text{ m}$. Dit lees je ook af in het x, t diagram.
- c Zie figuur. De helling van de raaklijn op $t = 0 \text{ s}$ is $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{45}{1,8} = 25 \text{ m/s}$.



- d Over de hele remsijd is $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{39}{3,1} = 12,6 \text{ m/s}$. Uit het v, t -diagram volgt $v_{\text{gem}} = \frac{(25 + 0)}{2} = 12,5 \text{ m/s}$.
- e Zie figuur. Teken een raaklijn bij $t = 2,0 \text{ s}$. De helling van de raaklijn is $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(45 - 17)}{3,25} = 8,6 \text{ m/s}$.

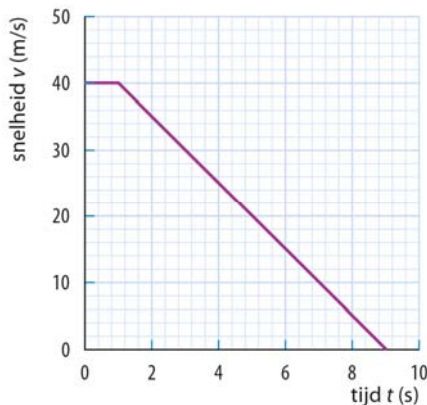
In het v, t -diagram lees je af $v = 9,0 \text{ m/s}$.





Opgave 50

- a Tijdens de eerste seconde is de snelheid constant en de afgelegde afstand dus: $s = v \cdot t = 20 \times 1,0 = 20 \text{ m}$
- b De gemiddelde snelheid tijdens het remmen is 10 m/s dus is de remweg $x_{\text{rem}} = v_{\text{gem}} \cdot t = 10 \times 4,0 = 40 \text{ m}$
- c De grafiek begint bij 40 m/s. De remvertraging blijft gelijk, dus vanaf $t = 1,0 \text{ s}$ loopt de lijn met dezelfde helling naar beneden. De remtijd is dan $2 \times$ zo lang (8,0 s), dus de auto staat stil op $t = 9,0 \text{ s}$.



- d De beginsnelheid is $2 \times$ zo groot en de reactietijd blijft gelijk, dus is de reactieafstand ook $2 \times$ zo groot.
- e De beginsnelheid is $2 \times$ zo groot, dus is de gemiddelde snelheid tijdens het remmen ook $2 \times$ zo groot. Maar de remtijd is ook $2 \times$ zo groot geworden, dus is de remweg met factor 4 toegenomen.

Opgave 51

- a $30 \text{ km/h} = 8,33 \text{ m/s} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{8,33}{2} = 4,17 \text{ m/s}$ dus de remtijd is: $t = \frac{x}{v_{\text{gem}}} = \frac{5,0}{4,17} = 1,2 \text{ s}$.
- b $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8,33}{1,2} = 6,9 \text{ m/s}^2$
- c $60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s}$ dus de remtijd is: $t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{16,7}{6,9} = 2,4 \text{ s}$ en $v_{\text{gem}} = \frac{16,7}{2} = 8,33 \text{ m/s}$.
De remweg is: $v_{\text{gem}} \cdot t = 8,33 \times 2,4 = 20 \text{ m}$ (een verdubbeling van de snelheid levert een $4 \times$ zo grote remweg).

Opgave 52

$$v_{\text{gem}} = 40 \text{ km/h} = 11,1 \text{ m/s}$$

$$\text{Met caravan: } x_{\text{rem}} = v_{\text{gem}} \cdot t = 11,1 \times 8,0 = 89 \text{ m.}$$

$$\text{Zonder caravan: } x_{\text{rem}} = v_{\text{gem}} \cdot t = 11,1 \times 5,0 = 56 \text{ m.}$$

Het verschil in remweg is 33 m.

Opgave 53

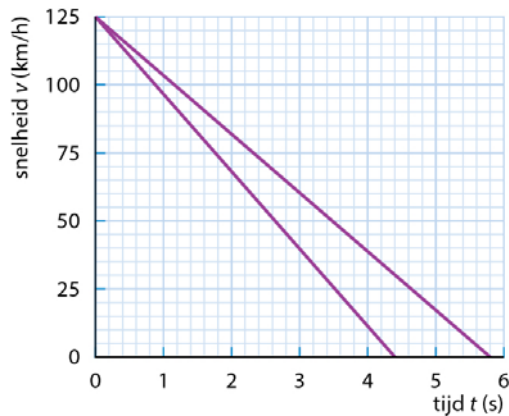
- a $100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$. De gemiddelde snelheid is dus 13,9 m/s.
- b De remweg is 50 m. Met een gemiddelde snelheid van 13,9 m/s is de remtijd dus $\frac{50}{13,9} = 3,6 \text{ s}$. De remvertraging is dan $\frac{27,8}{3,6} = 7,7 \text{ m/s}^2$.
- c Nee, want de beginsnelheden zijn niet gelijk.
- d De remweg is evenredig met het kwadraat van de beginsnelheid. Als bij de koude voetrem de beginsnelheid $2 \times$ zo klein wordt, wordt de remweg $4 \times$ zo klein. Dus bij 50 km/h wordt de remweg $\frac{50}{4} = 12,5 \text{ m}$. Dat is al minder dan de remweg van de handrem bij 40 km/h. De voetrem zorgt dus duidelijk voor een grotere remvertraging. De auto remt dus het best met de voetrem.

Opgave 54

- a $v_{\text{begin}} = 34,7 \text{ m/s}$ en $v_{\text{gem}} = 17,4 \text{ m/s}$
 voorste auto: $t_{\text{rem}} = \frac{v_{\text{begin}}}{a} = \frac{34,7}{8,0} = 4,3 \text{ s}$ en $s_{\text{rem}} = v_{\text{gem}} \cdot t_{\text{rem}} = 17,4 \times 4,3 = 75 \text{ m}$
 achterste auto: $t_{\text{rem}} = \frac{34,7}{6,0} = 5,8 \text{ s}$ en $s_{\text{rem}} = 17,4 \times 5,8 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ m}$



b Zie figuur.

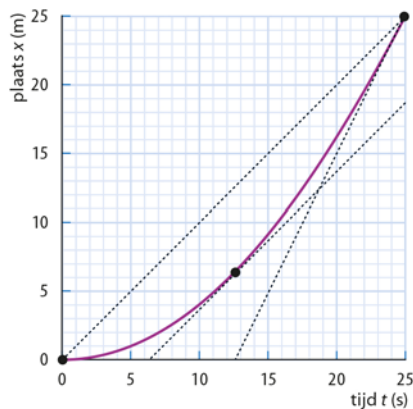


c In 0,8 s legt de achterste bestuurder nog $34,7 \times 0,8 = 28$ m af. Samen met het verschil in remweg is een veilige afstand dus minimaal $(100 - 75) + 28 = 53$ m.

Opgave 55

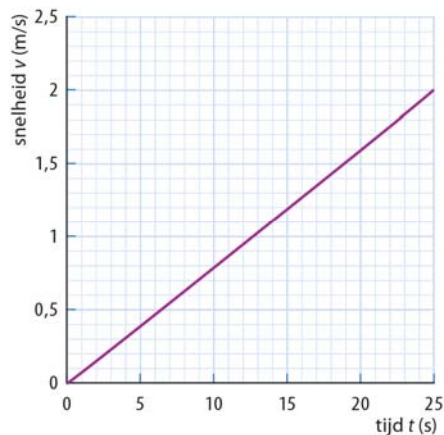
a $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{25}{25} = 1,0$ m/s

b Zie figuur. Op $t = 12,5$ s: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{18,7}{(25 - 6,5)} = 1,0$ m/s en op $t = 25$ s: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{25}{(25 - 12,5)} = 2,0$ m/s.



c Dan is de snelheid op $t = 0$ s gelijk aan 0 m/s. want $v_{\text{gem}} = \frac{(2,0 + v_{\text{begin}})}{2} = 1,0$ m/s. Ook in het diagram is goed te zien dat de lijn van de gemiddelde snelheid evenwijdig loopt aan de raaklijn op 12,5 s.

d



e $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2,0}{25} = 0,080$ m/s²



Opgave 56

- a Vóór $t = 1,15$ s is de snelheid positief (dus omhoog) en daarna negatief (dus omlaag), dus bevindt de bal zich op het tijdstip $t = 1,15$ s in het hoogste punt.
- b De hoogte is de oppervlakte onder de grafiek in het v,t -diagram tussen $t = 0,65$ s en $t = 1,15$ s.
- c De snelheid is de helling van de raaklijn aan de grafiek in het x,t -diagram vlak vóór $t = 1,15$ s.
- d De grafiek in het v,t -diagram bestaat uit rechte stukken, en de maximale snelheid omhoog is gelijk aan de maximale snelheid omlaag (tussen twee stuiten in).
- e $\Delta v = 11$ m/s (van -6 m/s naar $+5$ m/s)
 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11}{0,0069} = 1,59 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{netto}} = m \cdot a = 0,430 \times 1,59 \cdot 10^3 = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$



Uitwerkingen opgaven leerboek

2.5 VALLEN

Opgave 57

- a Niet waar: Alle voorwerpen op aarde vallen met dezelfde versnelling: de valversnelling $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
- b Waar
- c Niet waar: Op de maan is de valversnelling ongeveer $6 \times$ zo klein als op aarde.
- d Niet (helemaal) waar: De zwaartekracht op een voorwerp is niet overal op aarde precies even groot (het varieert van $9,78 \text{ N/kg}$ tot $9,83 \text{ N/kg}$).
- e Niet waar: Bij een vrije val is de versnelling constant.
- f Waar

Opgave 58

- a Bij een vrije val neemt de snelheid gelijkmatig toe, elke seconde met $9,81 \text{ m/s}$.
- b Bij een vrije val is de versnelling constant, doordat de nettokracht constant is. Maar de snelheid neemt toe.
- c Als er wel luchtweerstand is, neemt de luchtweerstand toe als de snelheid van het vallende voorwerp toeneemt. Door de toename van de luchtweerstand zal de nettokracht afnemen. Daardoor zal de snelheidstoename van het voorwerp kleiner worden, totdat de luchtweerstand gelijk is aan de zwaartekracht op het voorwerp. Vanaf dat moment is de nettokracht nul en zal het voorwerp met constante snelheid verder vallen.

Opgave 59

- a De luchtweerstand is evenredig met de oppervlakte en bij de veer daardoor groot vergeleken met de zwaartekracht, die evenredig is met de massa. Al bij een kleine snelheid zijn de luchtweerstand en de zwaartekracht in evenwicht en is de valsnelheid constant.
- b Van een normale hoogte zal de appel geen constante snelheid bereiken (het duurt een behoorlijke tijd tot de luchtweerstand even groot is als de zwaartekracht), maar wel bij een val van grote hoogte.
- c Als er geen luchtweerstand is, zal de nettokracht niet afnemen maar gelijk blijven. De appel en de veer zullen blijven vallen met dezelfde versnelling en de snelheid zal blijven toenemen.

Opgave 60

- a De luchtweerstand neemt toe maar de zwaartekracht blijft gelijk, dus wordt de nettokracht kleiner en daardoor ook de versnelling.
- b De zwaartekracht op de loden kogel is veel groter dan op de houten kogel maar hij ondervindt dezelfde luchtweerstand als de houten kogel. Dus duurt het bij de loden kogel langer totdat de krachten in evenwicht zijn en neemt de snelheid van de loden kogel langer toe. De snelheid wordt bij de loden kogel groter en het evenwicht wordt alleen bereikt als de loden kogel van heel hoog valt.
- c De loden kogel is eerder op de grond, want bij de loden kogel duurt het langer voordat er een constante snelheid bereikt wordt, dus neemt zijn snelheid meer en langer toe.

Opgave 61

- a $F_{\text{netto}} = F_z$ is $10 \times$ zo groot en m ook. Dus blijft $a = \frac{F}{m}$ hetzelfde.
- b $9,81 \text{ m/s}^2$
- c $9,81 \text{ m/s}^2$

Opgave 62

- a Een vrije val volgens de natuurkunde is een val zonder luchtweerstand. De parachutist heeft wel luchtweerstand.
- b Even later is de snelheid groot geworden. De parachutist voelt zich 'gedragen' door de luchtweerstand. De parachutist 'ligt' op de luchtstroom om hem heen.

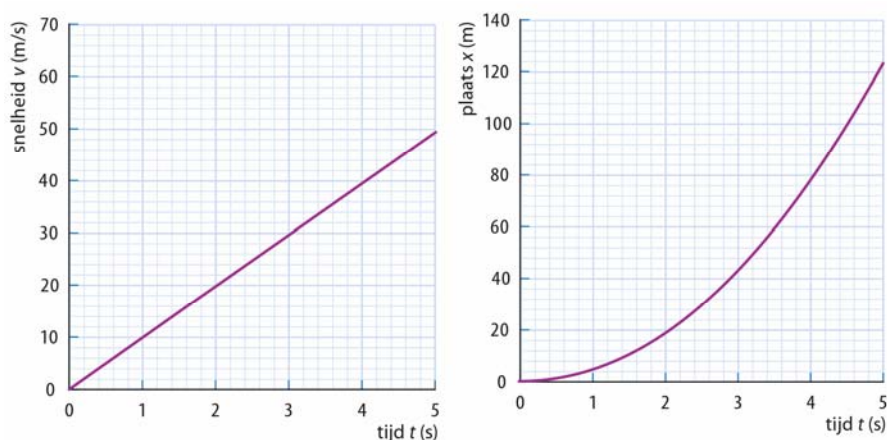


Opgave 63

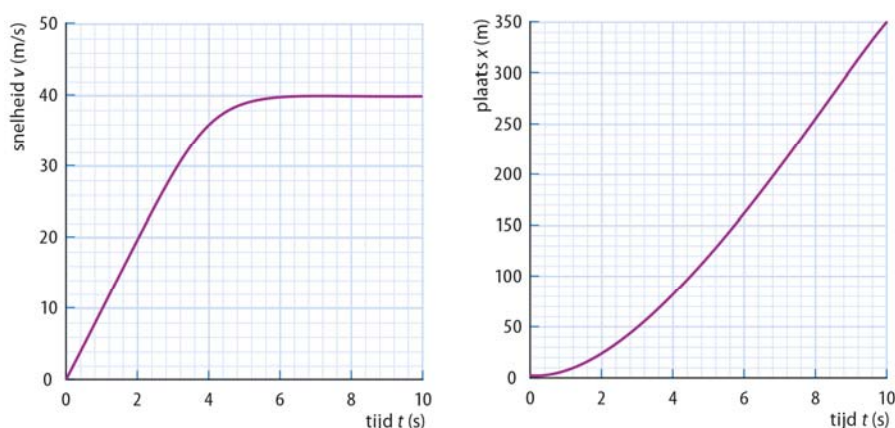
- a Direct na het loslaten speelt de luchtweerstand nog geen rol en is de versnelling van de drie bollen gelijk.
- b De grootste bol heeft de grootste massa, maar ook de grootste luchtweerstand. Voor de massa speelt volume een rol (evenredig met r^3), voor de luchtweerstand de oppervlakte van de doorsnede (evenredig met r^2). De massa telt dus meer mee en de grootste bol zal de grootste snelheid krijgen.

Opgave 64

- a Zie figuren. Een vrije val is een eenparig versnelde beweging.



- b Teken de raaklijn aan de grafiek in het x,t -diagram op het bewuste tijdstip en bepaal de helling van die raaklijn. Dat is de snelheid op dat moment.
- c Zie figuren. Bij een val met luchtweerstand is de beweging eerst versneld. Vervolgens neemt de versnelling echter af, totdat er een constante snelheid bereikt wordt.



Opgave 65

Eigen antwoord..

Opgave 66

- a $v_{\text{eind}} = g \cdot t = 9,81 \times 1,1 = 10,8 = 11 \text{ m/s}$ en $v_{\text{gem}} = \frac{(0 + 10,8)}{2} = 5,4 \text{ m/s}$
- b $h = v_{\text{gem}} \cdot t = 5,4 \times 1,1 = 5,9 \text{ m}$
- c $t = \frac{v_{\text{eind}}}{g} = \frac{28}{9,81} = 2,85 = 2,9 \text{ s}$ en $v_{\text{gem}} = \frac{(0 + 28)}{2} = 14 \text{ m/s}$



d $h = v_{\text{gem}} \cdot t = 14 \times 2,85 = 40 \text{ m}$

Opgave 67

a $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{54}{3,0} = 18 \text{ m/s}^2$

b $v_{\text{gem}} = \frac{(0 + 54)}{2} = 27 \text{ m/s}$

c $h = v_{\text{gem}} \cdot t = 27 \times 3,0 = 81 \text{ m}$

Opgave 68

a Op $t = 6,0 \text{ s}$ is de snelheid 59 m/s .

Dus $h =$ oppervlakte van de driehoek onder de grafiek $= \frac{1}{2} \times 6,0 \times 59 = 1,8 \cdot 10^2 \text{ m}$.

b Op $t = 12,0 \text{ s}$ is de snelheid 118 m/s . De tijd en de snelheid zijn $2 \times$ zo groot dus is de afstand $4 \times$ zo groot:
 $h = \frac{1}{2} \times 12 \times 118 = 7,1 \cdot 10^2 \text{ m}$ (verschillen ontstaan door afrondingen).

c g is de helling van de grafiek, dus op tijdstip t geldt $v(t) = g \cdot t$.

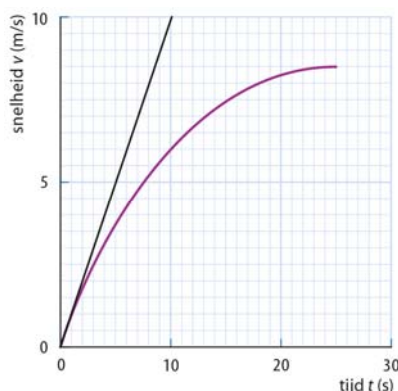
d $x(t) = v_{\text{gem}} \cdot t$; $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}}$ en $v_{\text{eind}} = g \cdot t$ dus

$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eind}} \cdot t = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t \cdot t = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

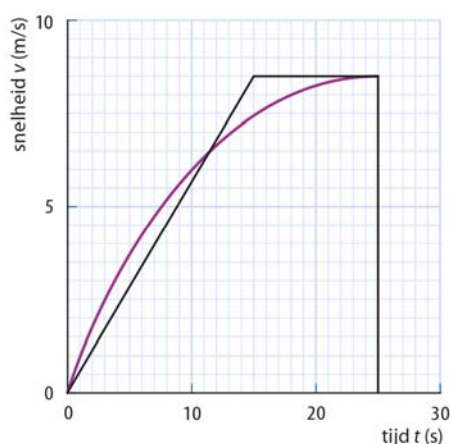
Opgave 69

a Zie figuur. Bepaal de helling van de raaklijn aan de grafiek in $(0,0)$:

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{10}{10} = 1,0 \text{ m/s}^2$$



b Bepaal de oppervlakte onder de grafiek tot $t = 25 \text{ s}$, bijvoorbeeld door een lijn te tekenen van de oorsprong naar het punt $(15 \text{ s}, 8,5 \text{ m/s})$. De oppervlaktes van die driehoek en die rechthoek samen zijn op het oog even groot als de oppervlakte onder de grafiek.



Dus: $x = \frac{1}{2} \times 15 \times 8,5 + 10 \times 8,5 = 149 \text{ m} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{x}{t} = \frac{149}{25} = 6,0 \text{ m/s}.$

Opgave 70

a Op de maan is geen atmosfeer, dus is er ook geen luchtweerstand.

b $g_{\text{maan}} = \frac{9,81}{6} = 1,64 \text{ m/s}^2 \rightarrow v = g_{\text{maan}} \cdot t = 1,64 \times 3,0 = 4,9 \text{ m/s}$

c $x = v_{\text{gem}} \cdot t = \frac{4,9}{2} \times 3,0 = 7,4 \text{ m}$

Opgave 71

a Met dit, door vele miljoenen bekeken, experiment werd bevestigd dat als er geen luchtweerstand is, de val van elk voorwerp precies gelijk is (maar op de maan veel langzamer dan op aarde).

b $v_{\text{gem}} = \frac{x}{t} = \frac{1,5}{1,36} = 1,1 \text{ m/s} \rightarrow v_{\text{eind}} = 2 \cdot v_{\text{gem}} = 2 \times 1,1 = 2,2 \text{ m/s} \rightarrow$

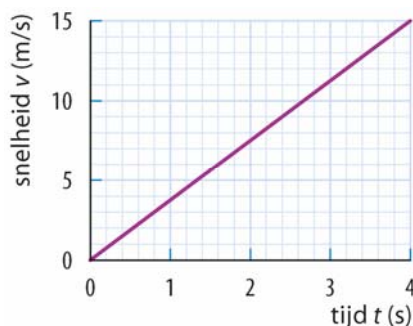
$g_{\text{maan}} = \frac{v_{\text{eind}}}{t} = \frac{2,2}{1,36} = 1,62 = 1,6 \text{ m/s}^2$

c Binas: $g_{\text{maan}} = 1,62 \text{ m/s}^2$ dus de waarden komen overeen.

Opgave 72

a $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{22}{3,0} = 7,3 \text{ m/s}$

b Een rechte lijn vanaf de oorsprong door ($t = 2,0 \text{ s}$, $v = 7,3 \text{ m/s}$), die doorloopt tot $t = 4,0 \text{ s}$.



c $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7,3}{2,0} = 3,7 \text{ m/s}^2$

d Mercurius of Mars.



Opgave 73

- a $v_{\text{eind}} = g \cdot t = 9,81 \times 1,1 = 10,8 \text{ m/s} = 39 \text{ km/h}$ (dus bijna 40 km/h)
Na 1,1 s is de snelheid $v_{\text{eind}} = 10,8 \text{ m/s}$. De gemiddelde snelheid is dan 5,4 m/s en de afstand $x = v_{\text{gem}} \cdot t = 5,4 \times 1,1 = 5,9 = 6 \text{ m}$.
- b Als de eindsnelheid 2 × zo groot wordt, is de gemiddelde snelheid 2 × zo groot en wordt de valtijd ook 2 × zo groot ($v_{\text{eind}} = g \cdot t$). Dus dan wordt de valhoogte 4 × zo groot ($h = v_{\text{gem}} \cdot t$).

Opgave 74

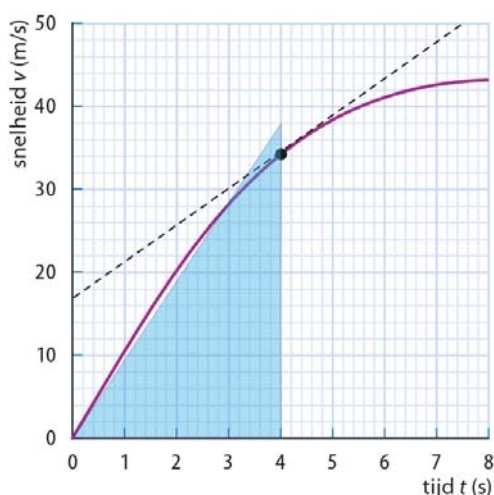
- a $F_{w,l} = 0,00050 \cdot v^2 = 0,00050 \times 15^2 = 0,11 \text{ N}$
- b $F_z = m \cdot g = 0,058 \times 9,81 = 0,57 \text{ N}$, dus $F_{\text{res}} = 0,57 - 0,11 = 0,46 \text{ N}$
- c Als de snelheid constant is, is er evenwicht, dus $F_z = F_{w,l}$. Dat geeft $0,57 = 0,00050 \cdot v^2$ en $v = \sqrt{\frac{0,57}{0,00050}} = 34 \text{ m/s} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ km/h}$.

Opgave 75

- a In het diagram hebben de grafieken na het openen van de parachute dezelfde helling dus is de snelheid gelijk.
- b Bepaal de helling van het tweede gedeelte: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-700}{184} = -3,80 \text{ m/s}$
- c Bepaal de helling van het eerste gedeelte: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(1000 - 5000)}{56} = -71 \text{ m/s}$

Opgave 76

- a De helling van de grafiek is in de eerste seconde: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{1,0} = 10 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$
- b De versnelling is de helling van de raaklijn in $t = 4,0 \text{ s}$: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(50 - 17)}{7,5} = 4,4 \text{ m/s}^2$
- c $F_{\text{res}} = m \cdot a = 85 \times 4,4 = 3,7 \cdot 10^2 \text{ N}$ en $F_z = m \cdot g = 85 \times 9,81 = 8,3 \cdot 10^2 \text{ N} \rightarrow$
- d $F_{w,l} = F_z - F_{\text{res}} = 8,3 \cdot 10^2 - 3,7 \cdot 10^2 = 4,6 \cdot 10^2 \text{ N}$
- d Bepaal de oppervlakte onder de grafiek, bijvoorbeeld met een driehoek met op het oog dezelfde oppervlakte: $x = \frac{1}{2} \times 4,0 \times 38 = 76 \text{ m}$ (dit is ongeveer, want de oppervlaktes zijn op het oog gelijk genomen).





2.6 VERDIEPING

Opgave 77

- a De zwaartekracht verandert niet, ook niet op het hoogste punt, dus de valversnelling ook niet. De snelheid is in het hoogste punt heel even nul, maar blijft voortdurend veranderen.
- b Bij de beweging omhoog vertraagt het voorwerp. Omdat vertragen een negatieve versnelling is, is de versnelling dan omlaag gericht. Tijdens het vallen is de versnelling ook omlaag gericht.

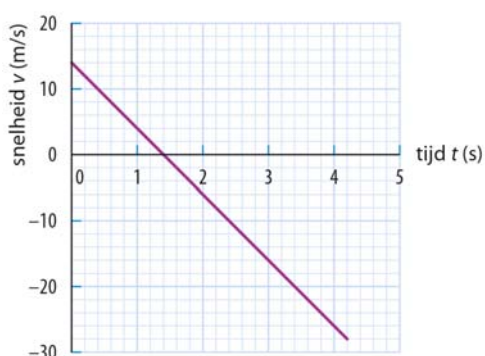
Opgave 78

- a Tijdens de beweging omhoog is de versnelling $-9,81 \text{ m/s}^2$
- b Het hoogste punt is bereikt als de snelheid nul is: $g = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{g} = \frac{(0 - 29,4)}{-9,81} = 3,00 \text{ s}$.
- c Het voorwerp valt 3,0 s later op de grond, want de versnelling is weer $9,81 \text{ m/s}^2$ (in bewegingsrichting) dus duurt het vallen ook 3,0 s.
- d De val naar beneden verloopt precies omgekeerd. De snelheid begint bij 0 en neemt toe tot $29,4 \text{ m/s}$, als de bal na 3,0 s weer terug bij het beginpunt is.

Opgave 79

- a $50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$ en $100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$. De snelheid neemt af van $+13,9 \text{ m/s}$ naar $-27,8 \text{ m/s}$ in

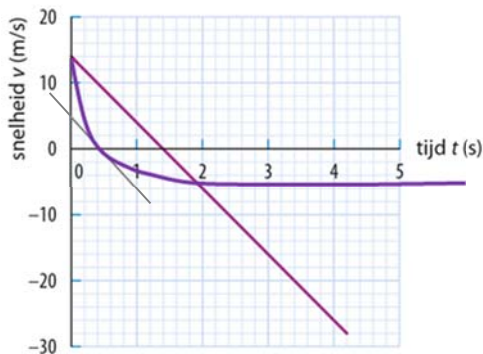
$$\Delta t = \frac{\Delta v}{g} = \frac{(-27,8 - 13,9)}{-9,81} = 4,2 \text{ s}$$



- b Na 1,4 s is de snelheid van de steen nul geworden en is hij dus op het hoogste punt. Op $t = 2,8 \text{ s}$ komt de steen weer bij Jaap langs en op $t = 4,2 \text{ s}$ is de snelheid $-27,8 \text{ m/s}$ en plonst hij in zee. De oppervlakte onder de grafiek tussen 2,8 en 4,2 s is de hoogte van de rots.

De gemiddelde snelheid is daar $\frac{(13,9 + 27,8)}{2} = 20,8 \text{ m/s}$ dus de hoogte is $h = v_{\text{gem}} \cdot t = 20,8 \times 1,4 = 29 \text{ m}$.

- c $50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$ en $20 \text{ km/h} = 5,6 \text{ m/s}$. De snelheid neemt af van $+13,9 \text{ m/s}$ naar $-5,6 \text{ m/s}$. Door de luchtweerstand zal de snelheid veel sneller afnemen bij het omhoog gaan. De tijd dat de shuttle in de lucht is tot hij het hoogste punt heeft bereikt is korter. Ook is de oppervlakte onder de grafiek kleiner, dus de shuttle komt veel minder hoog dan de steen. Na het hoogste punt valt de shuttle eerst even versneld naar beneden, maar zal al gauw zijn eindsnelheid van $5,6 \text{ m/s}$ bereiken. Over de hoogte van 29 m tussen Jaap en het water beneden hem, zal de shuttle dus ongeveer 5 s doen.



- d Als de snelheid nog ongeveer 0 m/s is, dus op het hoogste punt, is de luchtweerstand verwaarloosbaar en is de helling van de raaklijn aan de grafiek gelijk aan de valversnelling (zie de dunne raaklijn aan de shuttlegrafiek).

Opgave 80

- a De grafiek is symmetrisch en de eindsnelheid is net zo groot als de beginsnelheid. Dat zie je aan de helling van de grafiek bij de start en bij het eind.
- b $x(4,0) = -4,9 \times 4,0^2 + 19,6 \times 4,0 = 0$ m dus de bal is op $t = 4,0$ s weer terug op de grond.
- c $v(t) = x'(t) = -2 \times 4,9 \cdot t + 19,6 = -9,8 \cdot t + 19,6$
- d $v(0) = -9,8 \times 0 + 19,6 = 19,6$ m/s volgens de formule en ook volgens de helling van de grafiek.
- e Volgens de formule neemt de snelheid elke seconde toe met 9,8 m/s.

Opgave 81

- a $F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0,046 \times \frac{70}{0,50 \cdot 10^{-3}} = 6,4 \cdot 10^3$ N
- b De snelheid zal misschien niet eenparig toenemen, maar een afchatting geeft:
 $v_{\text{gem}} = \frac{70}{2} = 35$ m/s $\rightarrow s = v_{\text{gem}} \cdot t = 35 \times 0,50 \cdot 10^{-3} = 1,75 \cdot 10^{-2}$ m = 1,8 cm
- c De kracht en de contacttijd is voor bal en golfclub gelijk, en $F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Dus als de massa van de golfclub veel groter is, is de snelheidsverandering veel kleiner.
- d Voor voorwerp 1 geldt: $F_1 = m_1 \cdot \frac{\Delta v_1}{\Delta t}$ en voor voorwerp 2 geldt: $F_2 = m_2 \cdot \frac{\Delta v_2}{\Delta t}$. Omdat $F_1 = F_2$ levert dit:
 $m_1 \cdot \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = m_2 \cdot \frac{\Delta v_2}{\Delta t} \rightarrow m_1 \cdot \Delta v_1 = m_2 \cdot \Delta v_2 \rightarrow \Delta v_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \Delta v_1$. Als het balletje m_2 is en de club m_1 , zie je aan deze formule dat het balletje veel harder wegschiet dan dat de club afremt.

Opgave 82

- a Op de bal en het racket werkt dezelfde wederzijdse kracht. De bal versnelt door de kracht van het racket op de bal. Het racket vertraagt door de kracht van de bal op het racket.
- b De tijdsduur Δt is de contacttijd tussen bal en racket. Deze is dus gelijk voor beide voorwerpen.
- c De kracht en de contacttijd zijn voor bal en racket gelijk: $F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Dus als de massa van het racket veel groter is, is de snelheidsverandering veel kleiner.
- d $F_1 = m_1 \cdot \frac{\Delta v_1}{\Delta t}$ en $F_2 = m_2 \cdot \frac{\Delta v_2}{\Delta t}$. Omdat $F_1 = F_2$ geldt: $m_1 \cdot \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = m_2 \cdot \frac{\Delta v_2}{\Delta t} \rightarrow m_1 \cdot \Delta v_1 = m_2 \cdot \Delta v_2$. Het racket is 5 × zo zwaar als de bal, dus $\Delta v_{\text{bal}} = 5 \times \Delta v_{\text{racket}} = 5 \times 30 = 1,5 \cdot 10^2$ km/h.
- e $v_{\text{bal}} = 60 - 150 = -90$ km/h. De bal beweegt na de slag met een snelheid van 90 km/h van de speler af.



2.7 AFSLUITING

Opgave 83

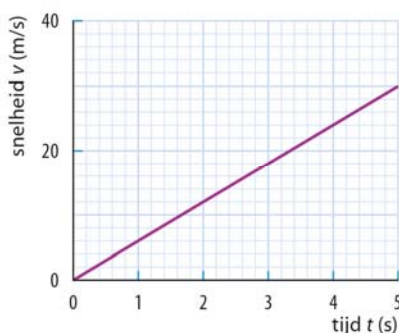
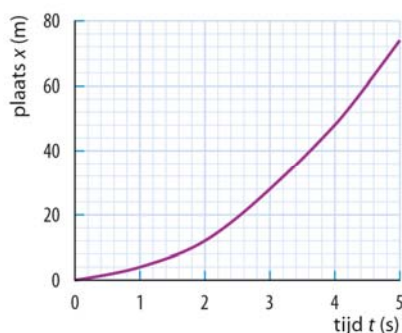
- a Eigen antwoord
- b Eenparige bewegingen en eenparig versnelde bewegingen.
- c Bewegingen waarbij de kracht verandert tijdens de beweging op een andere manier dan volgens de formule van de luchtweerstand. En bewegingen die niet langs een rechte lijn gaan.

Opgave 84

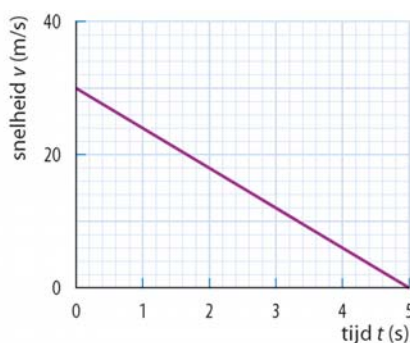
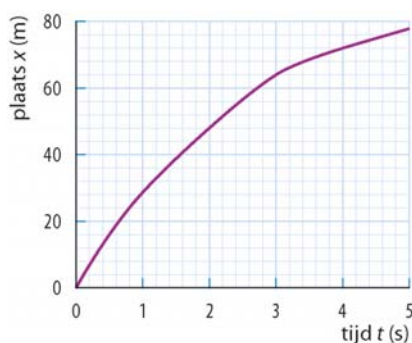
- a Als er een constante nettokracht in de bewegingsrichting werkt (die niet nul is), zal de snelheid van het voorwerp gelijkmatig toenemen. We noemen dit een eenparig versnelde beweging.
- b Bij een *eenparig vertraagde beweging* neemt de snelheid elke seconde evenveel af.
- c Als de snelheid constant is, is de nettokracht nul.
- d Bij een eenparige rechtlijnige beweging verandert de snelheid niet van richting en grootte en is de nettokracht nul.
- e De gemiddelde snelheid is de totaal afgelegde afstand gedeeld door de tijdsduur waarin die afstand is afgelegd. Voor een eenparig versnelde beweging geldt dat de gemiddelde snelheid het gemiddelde is van de beginsnelheid en de eindsnelheid: $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2}$.
- f De versnelling is de toename van de snelheid per seconde.
- g Een eenparig versnelde of vertraagde beweging is een beweging met een constante versnelling of vertraging.
- h Bij een eenparige rechtlijnige beweging is de totale voorwaartse kracht even groot als de tegenwerkende kracht(en), de nettokracht is nul.

Bij een eenparig versnelde of vertraagde beweging is de nettokracht constant. Het verschil tussen de totale voorwaartse kracht en de totale tegenwerkende kracht(en) is constant en ongelijk aan nul.

- i Eenparig versnelde beweging:

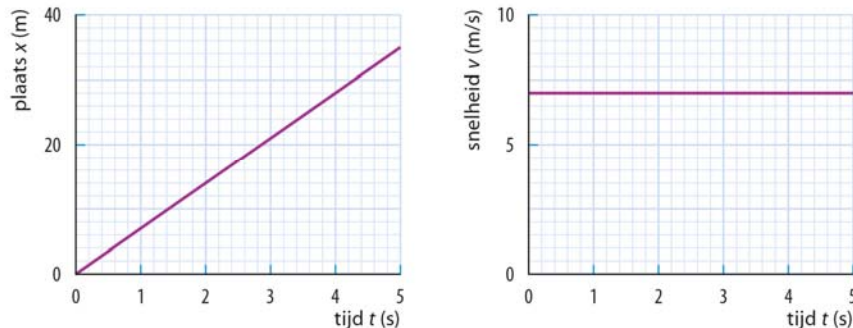


Eenparig vertraagde beweging:





Eenparige beweging:



- j $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ Hierin is a de versnelling (in m/s^2), Δv de snelheidstoename (in m/s) en Δt de tijd (in s) waarin de snelheid toeneemt,
- k Eerste wet van Newton: Een voorwerp waarop de nettokracht nul is, beweegt met constante snelheid in een rechte lijn of blijft stilstaan.
Tweede wet van Newton: $a = \frac{F_{\text{res}}}{m}$, F_{res} is de nettokracht (in N) en m is de massa (in kg). Een nettokracht die niet nul is geeft een voorwerp een versnelling of een vertraging, evenredig met de grootte van de nettokracht en omgekeerd evenredig met de massa:
- l Een voorwerp met een grote massa heeft een grote traagheid. De snelheid van dat voorwerp is dan moeilijk te veranderen. Dat is goed te zien aan de formule bij de tweede wet van Newton: $F = m \cdot a$. Als de massa groot is, is ook een grote kracht nodig om dezelfde versnelling te krijgen. Traagheid en massa zijn dus eigenlijk twee verschillende woorden voor dezelfde grootte.
- m Bij een botsing is sprake van een heel korte remweg en remtijd. Met behulp van de tweede wet van Newton: $F = m \cdot a$ en $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ is de kracht te berekenen. Een kleine botstijd Δt geeft een grote vertraging a en dus ook een grote kracht.
- n Het gewicht van een voorwerp is de kracht die het voorwerp op zijn ondergrond uitoefent. Als het voorwerp stil ligt, wordt het gewicht alleen veroorzaakt door de zwaartekracht, die te berekenen is met de tweede wet van Newton: $F_z = m \cdot g$ met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Vertraagt of versnelt het voorwerp verticaal tijdens het contact met de ondergrond, dan is het gewicht groter (of kleiner) dan de zwaartekracht.
- o Als de nettokracht tweemaal zo groot wordt bij gelijkblijvende massa, wordt de versnelling ook tweemaal zo groot.
- p Als de massa tweemaal zo groot wordt en de nettokracht blijft gelijk, wordt de versnelling tweemaal zo klein.
- q Als twee voorwerpen met verschillende massa's in vacuüm vallen, is de toename van de snelheid per seconde bij beide massa's hetzelfde.
- r In een v,t -diagram is de gemiddelde versnelling de toename van de snelheid gedeeld door de tijd waarin de snelheid is toegenomen. De versnelling op één bepaald tijdstip is de helling van de raaklijn in dat punt.
- s De afgelegde afstand is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek in het v,t -diagram.
- t De gemiddelde snelheid is te berekenen door de afgelegde afstand uit het v,t -diagram (de oppervlakte onder de grafiek) te delen door de tijd waarin die afstand is afgelegd. Als de grafiek een rechte lijn is, kun je de gemiddelde snelheid ook bepalen door het gemiddelde van de beginsnelheid en de eindsnelheid te berekenen volgens:
$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2}$$
- u In een x,t -diagram is de gemiddelde snelheid de toename van de afstand gedeeld door de tijd waarin de afstand is toegenomen. De snelheid op één bepaald tijdstip is de helling van de raaklijn aan de grafiek in dat punt.
- v Bij een vrije val is er geen luchtweerstand. De snelheid van het voorwerp zal steeds gelijkmatig blijven toenemen met de valversnelling (in formule: $v = g \cdot t$ waarbij g de valversnelling is).
Bij een valbeweging met luchtweerstand is de luchtweerstand evenredig met het kwadraat van de snelheid. De luchtweerstand neemt (snel) toe als de snelheid toeneemt. Hierdoor wordt de nettokracht op het voorwerp kleiner en neemt de snelheid steeds minder snel toe. Er ontstaat evenwicht als de luchtweerstand even groot is geworden als de zwaartekracht op het voorwerp, het voorwerp valt dan verder met zijn (constante) eindsnelheid.



Opgave 85

- a Op $t = 0$ s is haar snelheid 0.
- b In deel A is de grafiek een rechte lijn die schuin omhoog loopt.
- c In deel A is de versnelling constant, dus is ook de nettokracht constant.
- d Op deel C is de snelheid constant, dus de versnelling is nul. Dan is de nettokracht nul en de trapkracht en tegenwerkende kracht zijn aan elkaar gelijk. Doordat de snelheid constant is, zal de luchtweerstand ook constant zijn en dus is ook de trapkracht constant.
- e Tijdens het uitrollen is de trapkracht nul. De tegenwerkende kracht wordt steeds kleiner, doordat de snelheid steeds kleiner wordt. De vertraging is dus niet constant en daardoor neemt de snelheid niet gelijkmatig af.
- f Je kunt de afgelegde weg alleen berekenen met het gemiddelde van de begin- en eindsnelheid als de snelheid gelijkmatig afneemt en de grafiek een rechte lijn is. Dat is hier niet zo. Wil je de afstand uit dit diagram bepalen, dan moet je de oppervlakte onder de grafiek bepalen.

Opgave 86

- a Bij voertuig A loopt de grafiek het steilst, dus heeft voertuig A de grootste remvertraging.
- b Bij voertuig B is de oppervlakte onder de grafiek het grootst, dus heeft B de grootste remweg.
- c Voertuig A: $x = v_{\text{gem}} \times 3,0 = 10 \times 3,0 = 30$ m
Voertuig B: $x = v_{\text{gem}} \times 6,0 = 7,5 \times 6,0 = 45$ m
Het verschil in remweg is 15 m.

Opgave 87

- a De stuwkracht neemt af doordat de druk in de raket afneemt en de massa neemt af doordat er water uit de raket verdwijnt. Tijdens de lancering neemt de massa sneller af dan dat de stuwkracht afneemt, dus $\frac{F}{m}$ neemt toe $\rightarrow$ de versnelling neemt toe.
- b Bij heel veel water in de fles is de waterraket bij de start zwaarder, waardoor de versnelling bij de start kleiner is. De waterraket begint met een kleinere versnelling, waardoor de raket niet heel hoog zal komen. Bovendien neemt de druk van de lucht in de fles veel sneller af doordat er minder lucht in zat, het water wordt met gemiddeld kleinere kracht uitgespoten.
- c Als er heel weinig water in de fles zit, kan er ook maar weinig water naar buiten worden gespoten, dat duurt maar kort. De aandrijving duurt dan ook maar kort.

Opgave 88

- a $a_I = \frac{2,0}{0,6 - 0,4} = 10 \text{ m/s}^2$
- b $a_{II} = \frac{1,35 - 2,0}{1,1 - 0,6} = -1,3 \text{ m/s}^2$
 $F = m \cdot a = 78 \times 1,3 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ N}$
- c De weerstand tijdens periode III is groter dan de weerstand tijdens het uitdrijven, doordat de zwemmer zijn benen en armen tegen de bewegingsrichting in naar voren brengt. De grafiek daalt daardoor sneller.
- d Eén zwembeweging duurt $1,30 - 0,40 = 0,90$ s. Hij moet $\frac{100}{1,2} = 83,3$ zwembewegingen maken. Daar doet hij $83,3 \times 0,90 = 75$ s over.



Opgave 89

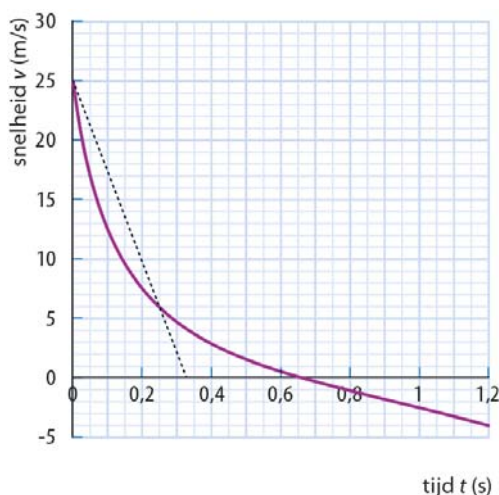
- a De reactietijd is 1,0 s. De remvertraging is $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{2,65} = 7,5 \text{ m/s}^2$.
- b De reactieafstand is $1,0 \times 20 = 20 \text{ m}$. De remweg is $\frac{1}{2} \times 20 \times 2,65 = 27 \text{ m}$.
De stopafstand is $20 + 27 = 47 \text{ m}$.
- c $F_{\text{max}} = m \cdot a = 800 \times 7,5 = 6,0 \cdot 10^3 \text{ N}$
- d De beginsnelheid blijft gelijk, dus de reactieafstand blijft ook gelijk. We hoeven dus alleen naar het verschil in remweg te kijken. De massa wordt 1200 kg dus de vertraging is $a = \frac{F_{\text{max}}}{m} = \frac{6,0 \cdot 10^3}{1200} = 5,0 \text{ m/s}^2$.
De remtijd is dan $t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{20}{5,0} = 4,0 \text{ s}$ en de remafstand $x = \frac{1}{2} \times 20 \times 4,0 = 40 \text{ m}$.
De stopafstand is dus $40 - 27 = 13 \text{ m}$ langer.

Opgave 90

- a $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(90 - 20)}{(4,0 - 2,0)} = 35 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res}} = m \cdot a = 600 \times 35 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ N} = 21 \text{ kN}$
- b De oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 2,0$ en $t = 24,0 \text{ s}$ is:
 $x = \frac{(90 + 20)}{2} \times 2,0 + 20 \times 2,0 + 20 \times 6,0 + \frac{(90 + 20)}{2} \times 5,0 = 5,5 \cdot 10^2 \text{ m}$
- c Max is 22 s in de pitstraat. Raikkonen legt in die tijd $x = v \cdot t = 90 \times 22 = 1,98 \cdot 10^3 \text{ m}$ af en ligt nu dus $1,98 \cdot 10^3 - 5,5 \cdot 10^2 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ m}$ voor.

Opgave 91

- a De shuttle bereikt zijn hoogste punt als de snelheid nul is (op 0,67 s). Bepaal de oppervlakte onder de grafiek tussen $t = 0$ en $t = 0,67 \text{ s}$, bijvoorbeeld met een driehoek onder de schuine lijn van $(t = 0 \text{ s}, v = 25 \text{ m/s})$ naar $(t = 0,32 \text{ s}, v = 0 \text{ m/s})$:
 $x = \frac{1}{2} \times 0,32 \times 25 = 4,0 \text{ m}$.



- b Na de lancering beweegt de shuttle omhoog, dus zijn zowel de zwaartekracht als de luchtweerstand naar beneden gericht. De nettokracht is dan groter dan de zwaartekracht.
- c $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(-2,0 - 2,0)}{(0,9 - 0,5)} = -10 \text{ m/s}^2$
- d De snelheid is dan zeer klein (bijna nul), dus is de luchtweerstand te verwaarlozen en er werkt alleen nog de zwaartekracht. Bij de zwaartekracht hoort de valversnelling van $9,81 \text{ m/s}^2$.
- e De shuttle beweegt dan omlaag, dus zijn de zwaartekracht en de luchtweerstand tegengesteld gericht. De nettokracht is dan kleiner dan de zwaartekracht (en de snelheid daalt veel minder snel dan in het begin).