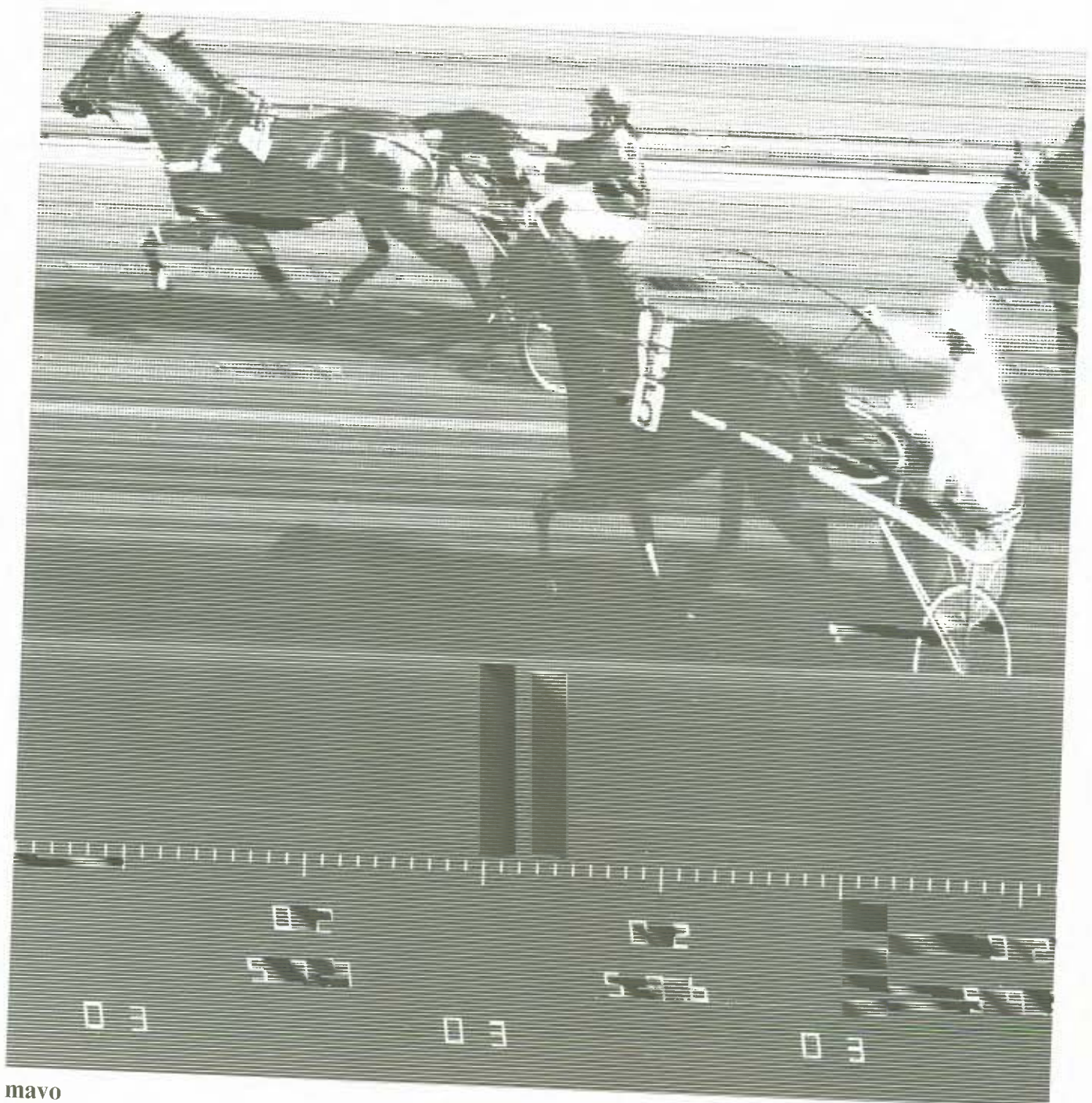


Blok 15 | Mechanika (1)



Blok 15 Mechanika 1

Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
P 2. Meten aan bewegingen	5
P 3. Eenparige rechtlijnige beweging	8
P 4. Eenparig versnelde beweging	11
T 1. Krachten en bewegingen	15
T 2. Meten aan bewegingen	15
T 3. Eenparige rechtlijnige beweging	16
T 4. Eenparig versnelde beweging	17
W 1. Krachten en bewegingen	20
W 2. Meten aan bewegingen	21
W 3. Eenparige rechtlijnige beweging	22
W 4. Eenparig versnelde beweging	23

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken is:

W 1, T 1, P 2, T 2, W 2, P 3, T 3, W 3, P 4, T 4, W 4.

Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1 Snelheid en versnelling	26
H 2 Het maken van vraagstukken	28
H 3 Diagrammen bij bewegingen	31
H 1 Antwoordblad	33
H 2 Antwoordblad	33
H 3 Antwoordblad	35

Hieronder staan de extra stof bladen, die je kunt doen na dit blok.

Wil je meer weten over de inhoud, lees dan de catalogus .

Extra stof bij je eigen lesmateriaal

136. Zelf een snelheidsmeter maken	37
137. De horizontale worp	40

Extra stof die los in de klas aanwezig is

138. De filmkamera als snelheidsmeter	
139. Nogmaals de tijdtikker	
140. Galileï	

Blok 15 Leerdoelen

Wat moet je kunnen aan het eind van blok 15

	Te vinden in:
1 Je moet weten, dat een kracht de grootte van de snelheid en de richting van de snelheid kan veranderen.	T 1
2 Je moet weten dat een kracht een voorwerp kan versnellen en vertragen.	T 1
3 Je moet weten waarom het dikwijls nodig is om over de gemiddelde snelheid te spreken en wanneer dat niet hoeft.	P 2, T 2
4 Je moet een meting met de tijdtikker kunnen doen.	P 2
5 Je moet weten dat als de stippen op de strook van een tijdtikker verder uit elkaar liggen de snelheid groter is.	P 2
6 Je moet de strook van een tijdtikker zo kunnen verwerken dat je een diagram krijgt van de snelheid tegen de tijd.	W 2, P 4
7 Je moet de snelheid kunnen berekenen uit de afstand en de tijd.	P 2, T 2
8 Je moet weten dat de eenheid van snelheid de m/s of de km/h is.	T 3
9 Je moet m/s kunnen omrekenen in km/h en andersom.	T 3
10 Je moet weten wat een eenparige rechtlijnige beweging is.	P 3, T 3
11 Je moet weten hoe het s-t-diagram en het v-t-diagram van een eenparige rechtlijnige beweging er uit ziet.	P 3, T 3
12 Je moet weten dat je uit het v-t-diagram de afgelegde weg kunt berekenen door het oppervlak onder de grafiek te berekenen.	P 3, T 3
13 Je moet de formule voor de afgelegde weg bij een eenparige rechtlijnige beweging kennen.	P 3, T 3
14 Wanneer bij een eenparige rechtlijnige beweging van de grootheden afgelegde weg, tijd en snelheid, er twee gegeven zijn, moet je de derde kunnen berekenen.	W 3
15 Je moet weten wat een eenparig versnelde beweging is.	P 4, T 4
16 Je moet weten hoe de versnelling gedefinieerd is.	P 4, T 4
17 Je moet weten dat de eenheid van versnelling m/s ² is.	T 4

18

Je moet weten hoe het v-t-diagram van een eenparig versnelde beweging eruit ziet.

P 4, T 4

19

Je moet de formules voor de afgelegde weg en de snelheid bij een eenparig versnelde beweging kennen.

T 4

20

Je moet sommen kunnen maken over de eenparig versnelde beweging, zoals je die vindt in W 4.

W 4

21

Je moet van een gegeven situatie kunnen zeggen of er sprake is van een eenparige of van een eenparig versnelde of vertraagde beweging.

W 4

Blok 15 Praktikum

P 2 Meten aan bewegingen

Inleiding

In T 1 hebben we gezien dat krachten veranderingen tot gevolg hebben: de snelheid van een beweging verandert bijvoorbeeld.

In dit blok gaan we onderzoeken hoe snelheden veranderen als er een kracht werkt. Daarvoor moeten we meer over de snelheid weten. We moeten ook snelheden kunnen meten. In deze paragraaf zullen we een manier leren om snelheden te meten.

1

Een beweging waarmee je waarschijnlijk iedere dag te maken hebt, is de fiets-, bus- of wandeltocht van huis naar school en weer terug.

Schat hoe ver je huis van school staat: km.

Schat hoe lang je rijdt of loopt van huis naar school: minuten.

Je kunt nu je snelheid berekenen tijdens het fietsen. Dat doe je als volgt:

Stel de afstand is 2 km en je doet er 5 minuten over. Je legt dus 2 km in 5 minuten af. In 60 minuten leg je dan $12 \times 2 = 24$ km af.

Je snelheid is 24 km/uur.

Bereken je snelheid tijdens de tocht van school naar

huis: km/uur. Tijdens je fietstocht heb je misschien moeten stoppen voor een auto of voor een stoplicht. Misschien heb je een stuk pal tegen de wind in moeten fietsen.

Is je snelheid op elk moment van de fietstocht even groot geweest?

....., want

De snelheid die je berekend hebt, noemen we de **gemiddelde snelheid**.

Snelheid meten

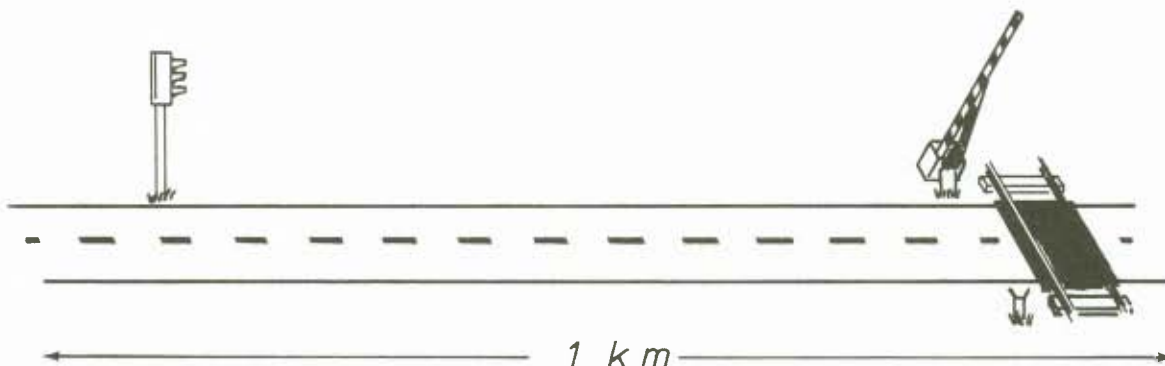
2

a. Snelheid kun je aflezen op een snelheidsmeter zoals die in een auto en op een brommer zit. In extra stofblad 136 kun je lezen over de snelheidsmeter.

b. Het wordt wat lastiger wanneer je geen snelheidsmeter hebt. Bedenk voor je verder leest een manier om de snelheid dan te meten.

Een manier om de snelheid dan te meten gaat als volgt:

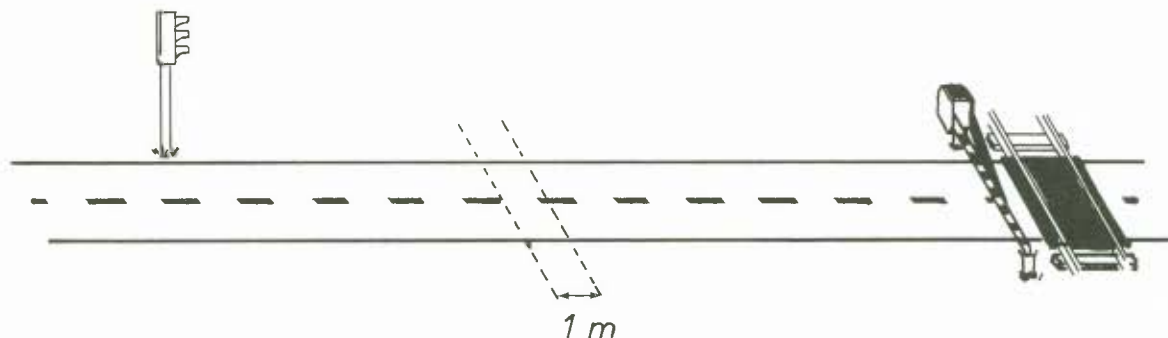
Je kijkt hoe lang je doet over een stuk weg van 1 km. Je doet daar bijvoorbeeld 4 minuten over. Een km in vier minuten, betekent 15 km in 60 minuten (= 1 uur). Je snelheid is dus 15 km/uur.



Stel je voor dat op die ene km een stoplicht en een spoorwegovergang staan. Dan is je gemiddelde snelheid wel 15 km/uur, maar je hebt op sommige momenten harder en zachter gereden.

Hoe bepaal je nauwkeurig de snelheid op een bepaald moment? Bedenk eerst zelf een manier.

Een manier is om niet over de hele kilometer te kijken, maar over een klein stukje, bijvoorbeeld één meter tussen het stoplicht en de spoorbomen.



Denk je dat je snelheid dan erg verandert op de stukje? Ja/nee want

Omdat de afstand, waarover je nu kijkt zo klein is, dat de snelheid nauwelijks verandert, hoef je niet meer te spreken over de **gemiddelde snelheid**, maar mag je gewoon over de **snelheid** spreken.

3

We gaan nu de snelheid meten met een tijdtikker. Dat is een apparaat dat per seconde een vast aantal stippen zet op een papierstrook. Je maakt de papierstrook vast aan het bewegende voorwerp. De afstand tussen de stippen zegt iets over de grootte van de snelheid van dat voorwerp.

We gaan eerst onderzoeken hoeveel stippen de tijdtikker per seconde maakt. Je hebt daarvoor nodig: een tijdtikker, een strook papier van ongeveer 1,5 meter lengte en een stopwatch.

Eén persoon trekt langzaam de papierstrook door de tijdtikker. Dan pas schakelt de ander tegelijk de stopwatch en de tijdtikker in. Als de papierstrook bijna door de tijdtikker heen is, schakelt hij tijdtikker en stopwatch, weer tegelijk, uit. Hou dan pas op met de papierstrook te bewegen.

Lees op de stopwatch de tijd af: tijd = s.

Tel het aantal stippen: stippen.

Bereken het aantal stippen per seconde:

$\frac{\text{..... stippen}}{\text{..... seconde}} = \text{..... stippen per seconde}$

Vergelijk jouw antwoord met dat van je klasgenoten.

Vraag aan je leraar of het antwoord klopt met de gegevens van de tijdtikker.

De tijdtikker zet stippen per seconde.

4

Neem nu twee papierstroken van ongeveer één meter lengte. De ene trek je langzaam, de ander snel door de tijdtikker. Hierbij zet je de tijdtikker aan, voordat je aan de papierstrook gaat trekken. Daardoor ontstaan er op het begin van de strook veel stippen dichtbij elkaar. Dit stukje kun je dus niet gebruiken. Wat valt je op aan de afstand tussen twee stippen bij beide stroken?

Konklusie:

Hoe groter de is, des te groter is ook de afstand tussen de stippen.

5

Zet een plank met het ene uiteinde op wat boeken. Zet de tijdtikker boven aan de helling. Haal het begin van een papierstrook door de tijdtikker. De papierstrook moet iets langer zijn dan de plank. Maak het begin vast aan een karretje. Zet er een B op, zodat je later kunt zien, wat het begin van de strook was.

Zet de tijdtikker aan. Laat dan het karretje los. Vang het onderaan de helling op. Zet de tijdtikker weer uit.

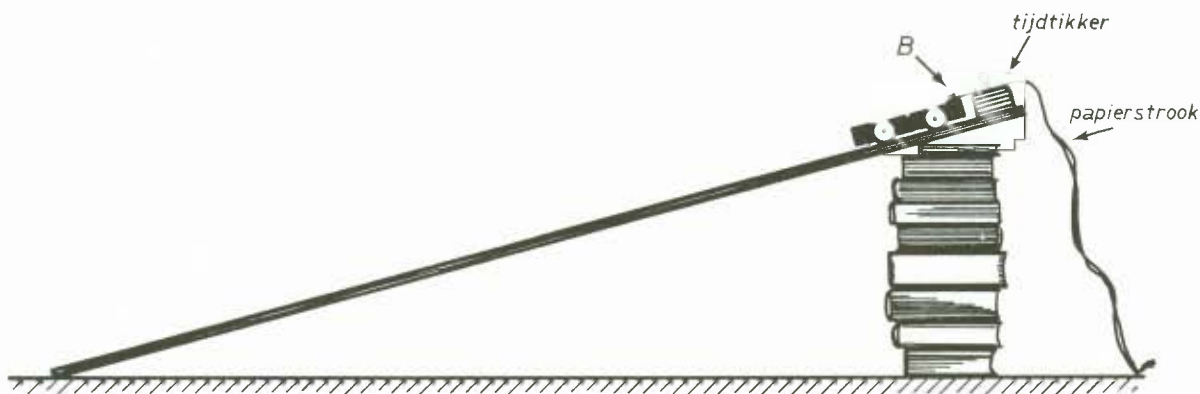
Bekijk nu op drie plaatsen de papierstrook: even na het begin, in het midden en op het eind.

Waarom kun je het begin en het eind niet gebruiken?

Wat valt je op aan de afstand tussen de stippen?

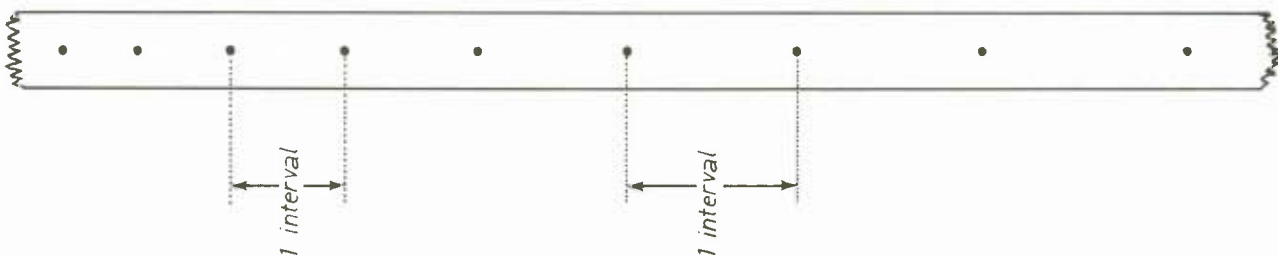
Konklusie:

De snelheid wordt



Je gaat nu de snelheden berekenen op drie tijdstippen: vlak na het begin, in het midden en op het eind. Daarvoor meten we de lengte van een aantal intervallen.

Een interval is hier het stukje tussen 2 stippen:



Welke tijd is er verstreken tussen 2 stippen?

Meet de afstand van 5 intervallen als de tijdtikker 50 stippen zet per seconde. Neem 10 intervallen als hij 100 stippen zet per seconde. Meet drie maal 5 of 10 intervallen: in het begin, het midden en aan het einde. Zet je resultaten in de tabel op de volgende bladzijde.

Ook willen we de tijd weten, die nodig is om zo'n afstand van vijf of tien intervallen af te leggen.

De tijdsduur van vijf of tien intervallen is s.

Je kunt nu de snelheid aan het begin, in het midden en aan het eind berekenen. Je weet de afstand (= lengte van 5 of 10 intervallen) en je weet de tijd (= tijdsduur van 5 of 10 intervallen).

Om de snelheid te krijgen, moet je deze afstand delen door de tijd.

Voorbeeld:

Als je stukje van 5 of 10 intervallen 5 cm lang is, is er 5 cm in

$\frac{1}{10}$ seconde afgelegd. In 1 seconde is dat $10 \times$ zoveel. In 1 s wordt dus

50 cm afgelegd. De snelheid is dus 50 cm/s.

	lengte 5 (10) intervallen (cm)	tijdsduur (s)	snelheid (cm/s)
begin			
midden			
eind			

Opmerking:

Je moet de papierstrook goed bewaren. In het werkblad W 2 moet je hem weer gebruiken.

Vragen:

Is de snelheid aan het begin even groot als in het midden of aan het einde?

Je hebt de snelheid aan het begin gemeten door de afstand van 5 of 10 intervallen te meten en te delen door de tijd. Denk je dat de snelheid in dat tijdje veranderde? (Kijk naar de strook!)

Mag je zeggen dat je de snelheid aan het begin gemeten hebt?

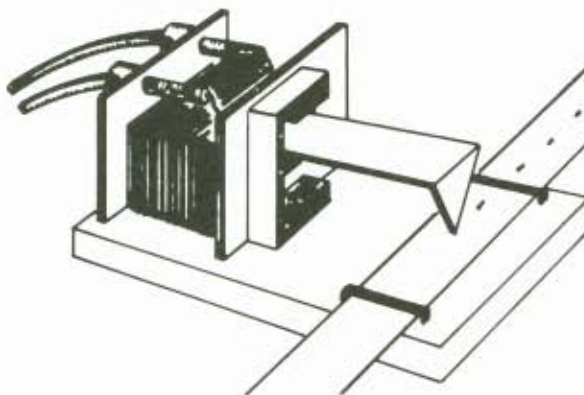
P 3 Eenparige rechtlijnige beweging

We gaan in dit praktikum de tijdtikker gebruiken om de snelheid van een speelgoedautootje te bepalen.

Het speelgoedautootje is aan de achterzijde verbonden met een strook die in de tijdtikker zit. De strook is ongeveer 1,5 meter lang. Merk weer het begin met een B.

We laten eerst het autootje even op gang komen en zetten dan de tijdtikker aan.

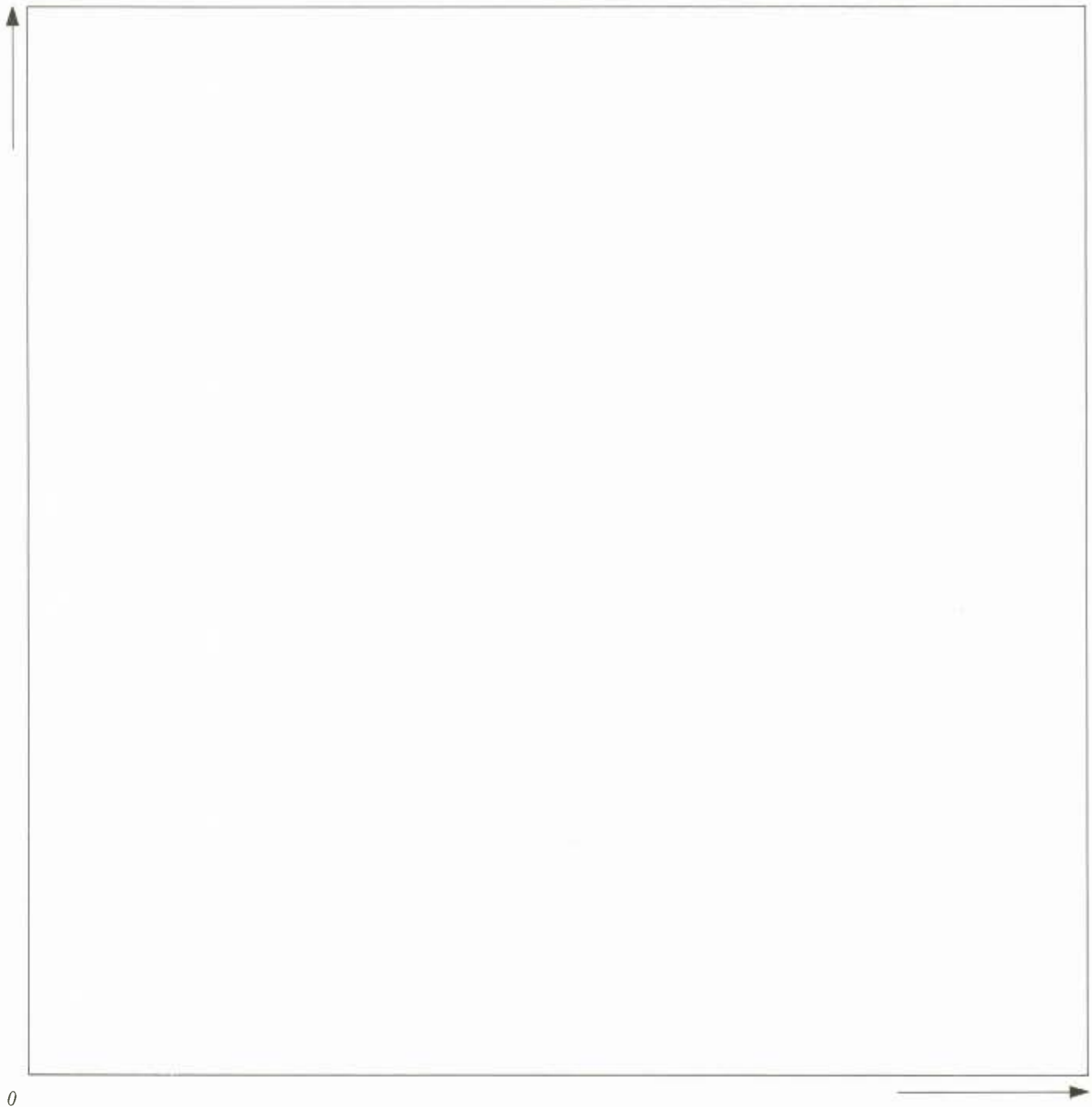
Voer de proef uit.



Verwerking van de strook

1

- a. Knip de strook in stukjes die overeenkomen met een tijdsduur van 0,1 s. Plak ze in onderstaand assenstelsel. Let er op dat helemaal links het eerste stukje van de strook komt.



- b. Zet zelf de grootheden bij de assen en maak een goede schaalverdeling.
- c. De lijn, die de bovenkanten van de strookjes met elkaar verbindt, is de grafiek van de snelheid tegen de tijd. Voor de snelheid gebruiken we het symbool v (van velocity) en voor de tijd t .

We gaan nu de snelheden uitrekenen.

Vul de volgende tabel in:

	lengte (cm)	tijd (t)	snelheid (cm/s)
1e stukje			
2e stukje			
3e stukje			
4e stukje			
5e stukje			
6e stukje			
7e stukje			
8e stukje			
9e stukje			
10e stukje			
11e stukje			
12e stukje			
13e stukje			
—			
—			
—			
—			

a. Wat valt je op aan de snelheid van het wagentje?

.....

b. Is het in dit geval nog nodig om over de gemiddelde snelheid te spreken?

.....

Waarom wel/niet?

.....

3

a. Als je de strookjes niet naast, maar achter elkaar plakt, dan kun je zien welke afstand de auto heeft afgelegd.

Tel de lengten van de strookjes op.

De auto heeft afgelegd cm

b. In het v-t-diagram zijn de strookjes naast elkaar geplakt. Zij bedekken een bepaald oppervlak. We laten nu zien dat de oppervlakte onder de grafiek overeenkomt met de afgelegde weg. Het oppervlak onder de grafiek is een rechthoek. Het oppervlak van een rechthoek is

..... ×

Bereken nu de oppervlakte onder jouw grafiek:

de lengte is s.

de breedte is cm/s.

Je moet nu de lengte (de tijd) vermenigvuldigen met de breedte (de grootte van de snelheid).

Ook de eenheden van snelheid en tijd moet je met elkaar vermenigvuldigen:

eenheid van snelheid \times eenheid van tijd = cm/s \times s = cm

In jouw geval:s \times cm/s = $\frac{.....s \timescm}{s}$
= cm.

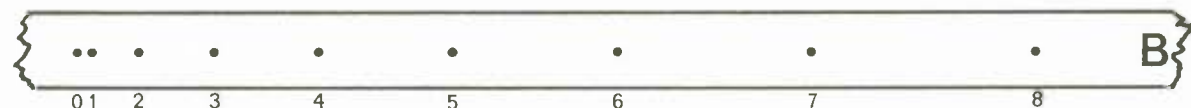
Vergelijk dit antwoord met dat van 3a.

Je vindt hier dat een oppervlakte gelijk is aan een afgelegde weg. Maar oppervlakte heeft als eenheid cm² en afgelegde weg cm. Hoe kan dat nu? cm² is toch niet gelijk aan cm?

In dit geval echter heb je de 'lengte' van de rechthoek in s en de 'breedte' in cm/s. Daarom wordt de eenheid van de oppervlakte in dit geval $\frac{cm}{s} \cdot s = cm$.

P 4 Eenparig versnelde beweging

1



Hierboven zie je twee strookjes uit een tijdtikker. Ze zijn gemaakt van verschillende bewegingen.

Wat kan je zeggen van beweging A?

Wat kun je zeggen van beweging B?

Een beweging als bij A vind je in P 3, proef 1.

De afstand tussen de stippen is steeds even groot en dus ook de snelheid. We hebben zo'n beweging een eenparige rechtlijnige beweging genoemd.

Een beweging als bij B vind je in P 2, proef 3.

De afstand tussen de stippen neemt daar steeds toe. De snelheid wordt dus steeds groter. Dit is een versnelde beweging.

We gaan nu proberen regelmaat te ontdekken in de stippen van strook B. Dat doen we door steeds de snelheid op elk stukje tussen twee stippen te berekenen.

De tijd tussen 2 stippen bedraagt bij de gebruikte tikker steeds 0,02 s.

Vul nu de volgende tabel in:

interval tussen de stippen	tijd (in s)	afstand (in mm)	snelheid (in mm/s)
0-1	0,02		
1-2	0,02		
2-3	0,02		
3-4	0,02		
4-5	0,02		
5-6	0,02		
6-7	0,02		
7-8	0,02		

Welke regelmaat zie je bij de getallen in de laatste kolom?

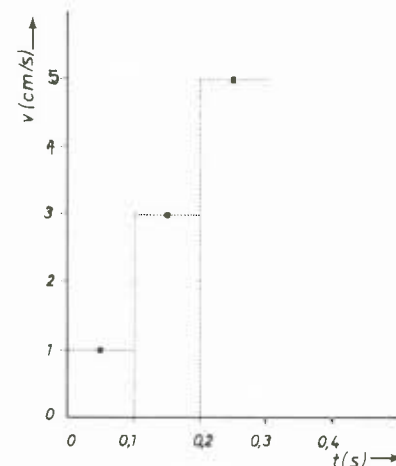
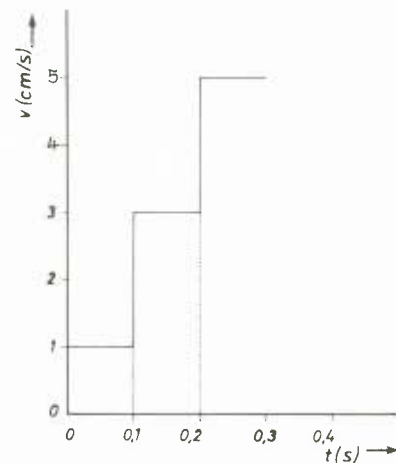
2

- a. Bekijk nog eens P 2, proef 3 en de strookjes die je van deze proef in W 3 hebt opgeplakt.
 Als je nu de bovenkanten van de strookjes met elkaar verbindt zoals je in P 3 hebt gedaan, krijg je een grafiek als hiernaast getekend is.
 Nu lijkt het dat op $t = 0,1$ s de snelheid verspringt van 1 cm/s naar 3 cm/s.
 Gebeurt dat in werkelijkheid ook?

De snelheid aan het begin van het eerste interval zal wel wat kleiner zijn dan 1 cm/s.

Waarom?

We nemen aan dat in het midden de snelheid 1 cm/s is. Als je een grafiek gaat maken van de snelheid tegen de tijd moet je **in het midden van het strookje** een stip zetten op de juiste hoogte (zie tekening).

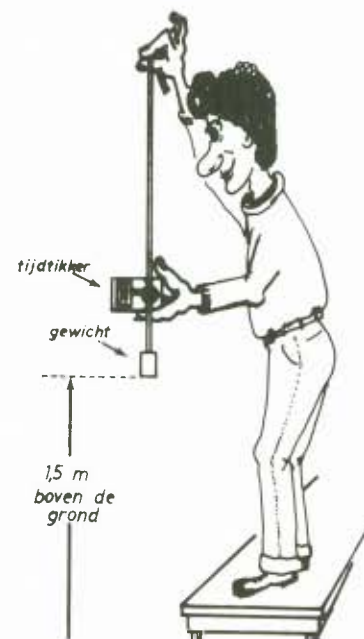


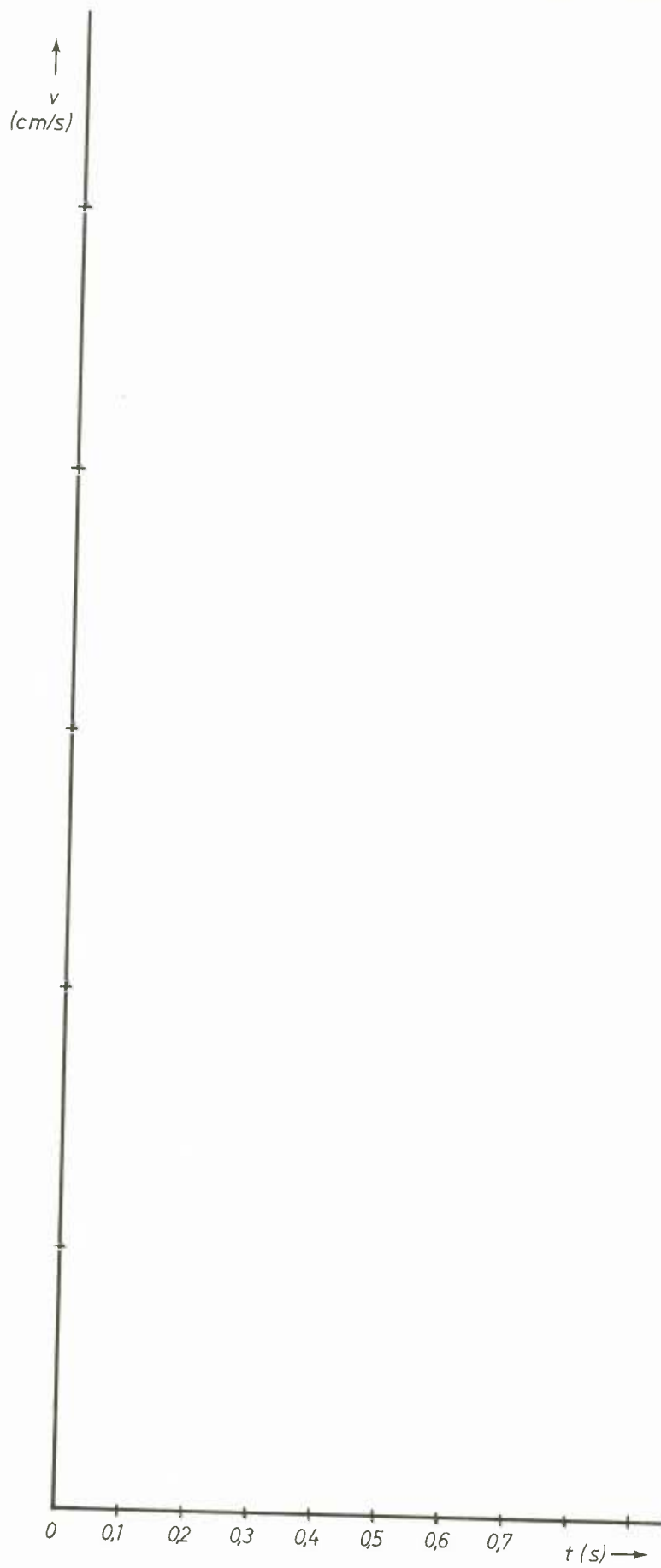
- b. We gaan nu de beweging onderzoeken van een vallend voorwerp. Ook hier gaan we proberen regelmaat te vinden in de snelheid van het voorwerp.

Aan een strook papier maak je een zwaar voorwerp vast. Haal de strook door de tijdtikker en houd hem vertikaal (zonder knikken en krullen). Ga op een bank staan. Zorg ervoor dat het voorwerp ongeveer 1,5 m kan vallen. Zet de tikker aan en laat het voorwerp vallen.

Knip de strook daarna in stukjes van 5 intervallen, (bij 0,02 s per interval) of in stukjes van 10 intervallen (bij 0,01 s per interval). Plak ze in de goede volgorde op de volgende bladzijde.

Verbind ook hier de middens van de bovenkanten van de strookjes.





Vul onderstaande tabellen in

strookje	tijd (in s)	afgelegde weg (in m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Lees bij elk strookje uit de grafiek de gemiddelde snelheid af. Bereken de toename van de snelheid. Van het eerste naar het tweede, van het tweede naar het derde en van het derde naar het vierde strookje. Vul de resultaten in in de onderstaande tabel.

strookje	v (m/s)	snelheidstoename (m/s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Is de snelheidstoename regelmatig?

De snelheidstoename in 0,1 is m/s.

De snelheidstoename in 1 s is dus m/s.

We noemen nu de snelheidstoename in 1 s de **versnelling**.

In dit geval was de versnelling dus m/s^2 (waar die eenheid m/s^2 vandaan komt, kun je in T 4 lezen).

Er zitten in je meting nogal wat onnauwkeurigheden, bijvoorbeeld de wrijving van de strook in de tijdtikker.

Als je heel precies de versnelling van een vallend voorwerp zou meten, zou er $9,8 \text{ m/s}^2$ uitkomen.

Vaak ronden we de valversnelling af op 10 m/s^2 .

Voor de valversnelling wordt als symbool meestal g in plaats van a gebruikt. Dus $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Vraag:

Teken de grafiek van het v-t-diagram op de vorige bladzijde. (Verbind de middens van de bovenkanten van de stroken.)

Wat valt je op?

T 1 Krachten en bewegingen

Inleiding

In blok 2 hebben we gekeken naar bepaalde veranderingen. In veel gevallen bleek, dat de oorzaak van de verandering een kracht was. We hebben in dat blok met enkele krachten kennis gemaakt. Als je gaat fietsen gebruik je spierkracht om de fiets in beweging te zetten. Als je ophoudt met trappen, brengt de wrijvingskracht de fiets tot stilstand. De zwaartekracht houdt je fiets stevig op de grond. Als je een propje met een elastiekje wegschiet, gebruik je de veerkracht van het elastiekje. Valt het propje in het water, dan zorgt de opwaartse kracht ervoor dat het blijft drijven.

Door de magnetische kracht blijft een spijker aan een magneet hangen. Een propje papier blijft aan een opgewreven kam hangen door de elektrische kracht.

Bij het fietsen zorgen de spierkracht en de wrijvingskracht voor een verandering.

Krachten kunnen tot gevolg hebben dat:

- een voorwerp in beweging wordt gezet;
- de snelheid van een beweging verandert.

De richting en de grootte van de snelheid kunnen veranderen.

Als de snelheid groter wordt, spreek je van versnelling.

Als de snelheid kleiner wordt, spreek je van vertraging.

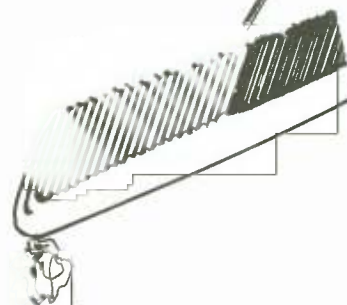
Als voorbeeld nog even terug naar het fietsen. De spierkracht kan de snelheid van je fiets groter maken. Dan is er sprake van versnelling. De wrijvingskracht verkleint de snelheid en zorgt dus voor vertraging. Door harde zijwind kun je van de weg af raken, zodat je in de berm terecht komt. In dat geval verandert de richting van de snelheid.



Spierkracht



Magnetische kracht



Elektrische kracht

T 2 Meten aan bewegingen

De trein van Amsterdam naar Eindhoven moet een afstand van 100 km afleggen. Hij doet daar 1 uur over. Zijn snelheid is dan 100 km/uur. Onderweg stopt de trein twee keer: in Utrecht en in Den Bosch. Op dat moment is de snelheid van de trein geen 100 km/uur, maar 0 km/uur. Je moet dus eigenlijk zeggen: de **gemiddelde** snelheid van de trein is 100 km/uur.

De snelheid op een moment kun je bepalen door over een klein stukje te meten, bijvoorbeeld over één meter ergens tussen Utrecht en Den Bosch. Op dat kleine stukje verandert de snelheid niet. In dat geval hoef je niet meer te praten over gemiddelde snelheid, maar mag je gewoon zeggen: de **snelheid** van de trein was daar 120 km/uur.

De tijdtikker

In P 2 heb je leren werken met de tijdtikker. Dat is een apparaatje dat steeds per seconde 50 of 100 stippen op een strook papier zet. De afstand tussen de stippen wordt groter, naarmate de strook sneller door de tikker getrokken wordt. We nemen aan dat de tijd tussen 2 stippen zo kort is, dat we niet hoeven te spreken over de **gemiddelde** snelheid, maar gewoon over de **snelheid**.

T 3 Eenparige rechtlijnige beweging

In bepaalde gevallen verandert de grootte van de snelheid van een voorwerp niet. Een voorbeeld daarvan heb je in P 3 gezien: de snelheid van het speelgoedautootje was steeds hetzelfde.

Men noemt zo'n beweging een **eenparige** beweging.

Ook de richting van de snelheid verandert niet.

Deze beweging wordt daarom **eenparige rechtlijnige beweging** genoemd.

De grafiek die het verband aangeeft tussen tijd en snelheid, is bij deze beweging een horizontale rechte lijn (kijk nog maar eens naar de grafiek die je zelf in P 3 hebt gemaakt). We noemen die grafiek een v-t-diagram.

Dat diagram ziet er voor de eenparige beweging uit zoals hieronder getekend is:

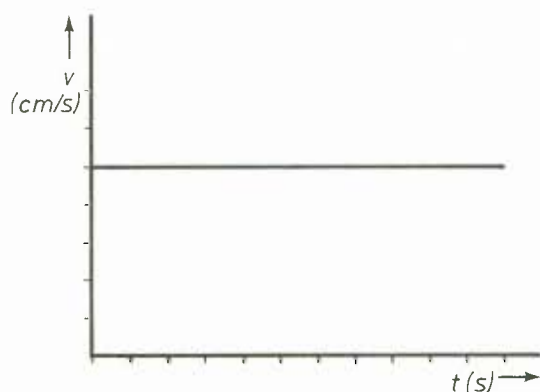


fig. 1

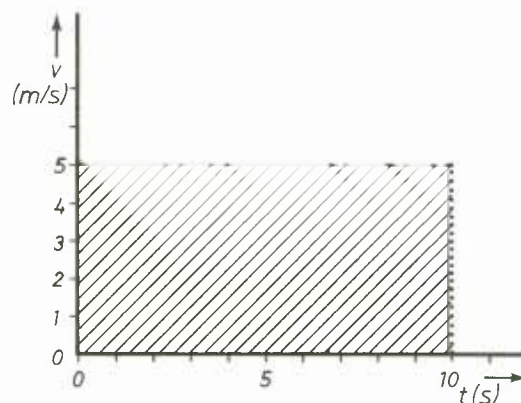


fig. 2

Uit zo'n diagram kunnen we de afgelegde weg te weten komen. Je moet dan de oppervlakte onder de grafiek uitrekenen.

In het geval van figuur 2 is de afgelegde weg in 10 seconden

$5 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} = 50 \text{ m}$.

Voor afgelegde weg gebruiken we het symbool s (van space).

Je kunt die afgelegde weg ook nog op een andere manier berekenen.

Voorbeeld: De snelheid van een fietser is 5 m/s . Na 1 s heeft hij 5 m afgelegd.

Na 2 s heeft hij $5 \times 2 = 10$ meter afgelegd.

Na $t \text{ s}$ heeft hij $5 \times t$ meter afgelegd.

Als je voor de snelheid niet 5 m/s neemt maar $v \text{ m/s}$, dan heeft hij na t seconde $v \times t$ meter afgelegd.

Om voor een eenparige rechtlijnige beweging de afgelegde weg (s) te vinden in t seconde, moet je de snelheid (v) met de tijd (t) vermenigvuldigen.

In formule: $s = v \cdot t$

Je kunt deze formule ook anders schrijven: $v = \frac{s}{t}$

De eenheid van v is dus $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

(de eenheid van s (meter) gedeeld door de eenheid van t (seconde)).

Je kunt een grafiek maken van s tegen t .

Je krijgt dan het diagram van figuur 3.

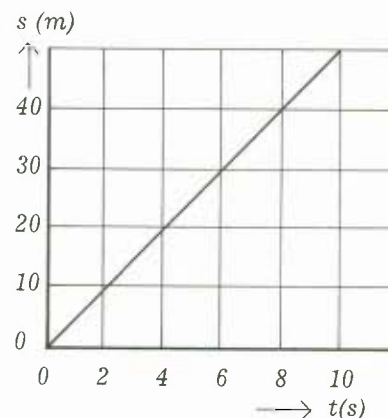


fig. 3

Het omrekenen van eenheden

De eenheid van snelheid is de m/s.

In het dagelijks leven wordt vaak de eenheid km/h gebruikt. (h is de afkorting van het Engelse woord hour = uur).

Je moet km/h kunnen omrekenen in m/s en omgekeerd.

Hieronder zie je in 2 voorbeelden hoe dat gaat.

Voorbeeld 1:

Reken 108 km/h om in m/s.

108 km/h betekent 108 km in 1 uur.

108 km in 1 uur komt overeen met 108.000 m in 3.600 s.

$$\text{Dus } 108 \text{ km/h} = \frac{108.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 30 \text{ m/s}$$

Voorbeeld 2

Reken 5 m/s om in km/h.

5 m/s betekent 5 m per 1 seconde.

In 1 uur wordt afgelegd:

$$5 \times 3.600 \text{ m.}$$

De snelheid is dus 18.000 m per uur = 18 km/h.

T 4 Eenparig versnelde beweging

In deze paragraaf gaan we voor bewegingen als in P 4 enkele formules afleiden. De kopjes in de paragraaf geven steeds aan voor welke grootte we de formule afleiden.

Symbool en eenheid van versnelling

In P 4 hebben we gezien dat een snelheid kan toenemen. Als dat het geval is, spreken we van **versnelling**.

Als elke seconde de snelheid evenveel toeneemt, spreken we van **eenparig versnelde** beweging. (Eenparig omdat de snelheid regelmatig toeneemt).

Stel dat de snelheid van een fietser elke seconde 2 m/s groter wordt. Zijn snelheidstoename is dan 2 m/s per s. De eenheid van versnelling

is dus: $\frac{\text{m/s}}{\text{s}}$. We schrijven dit als m/s² (spreek uit: meter per seconde kwadraat).

Het symbool voor versnelling is de letter a (van acceleratie).

Eindsnelheid zonder beginsnelheid

Aan de hand van een voorbeeld gaan we de formule voor de eindsnelheid van een versnelde beweging bepalen.

Een bromfiets trekt op nadat hij voor een stoplicht heeft stilgestaan. Zijn beginsnelheid is dus 0 m/s.

We willen nu de snelheid van de bromfiets na een bepaalde tijd berekenen. Stel, dat de brommer een versnelling krijgt van 2 m/s². Dat betekent dus dat zijn snelheid elke seconde 2 m/s groter wordt. Het tijdstip waarop hij begint te versnellen, noemen we t = 0 s.

Op t = 0 s is de snelheid nog 0 m/s.

Na 1 s is de snelheid met 2 m/s toegenomen: v₁ = 2 m/s. (v₁ betekent de snelheid na 1 s.).

Na 2 s is de snelheid twee keer met 2 m/s toegenomen:

$$v_2 = 2 \times 2 = 4 \text{ m/s.}$$

Na t s is de snelheid t keer met 2 m/s toegenomen: v_t = 2 × t m/s.

Als je voor de versnelling niet 2 m/s² neemt, maar a m/s² is de snelheid na t s: v_t = a · t m/s².

$$\text{In formule: } v_t = a \cdot t \quad (1)$$

(v_t is de snelheid na t seconde; v₂ is dus de snelheid na 2 s).

Eindsnelheid met beginsnelheid

Stel nu, dat de bromfiets niet stil staat als hij begint te versnellen, maar al een snelheid heeft. Dat is zo als de bromfiets gaat inhalen.

Ook nu willen we de snelheid meten op een bepaald tijdstip.

Voor de beginsnelheid (snelheid op het tijdstip $t = 0$ s) gebruiken we nu het symbool v_0 . Als voorbeeld nemen we $v_0 = 5$ m/s.

De versnelling is weer 2 m/s² en hij begint te versnellen op $t = 0$ s.

Op $t = 0$ is de snelheid nog 5 m/s.

Na 1 s is de snelheid 2 m/s groter geworden: $v_1 = 5 + 2 = 7$ m/s.

Na 2 s is de snelheid 2 keer 2 m/s groter geworden: $v_2 = 5 + 2 \times 2 = 9$ m/s.

Na t s is de snelheid t keer 2 m/s groter geworden: $v_t = 5 + 2 \times t$ m/s.

Schrijven we nu voor de beginsnelheid v_0 m/s in plaats van 5 m/s, dan:

$$v_t = v_0 + 2 \times t \text{ m/s.}$$

Schrijven we voor de versnelling niet 2 m/s² maar a m/s² dan:

$$v_t = v_0 + a \times t \text{ m/s.}$$

$$\text{In formule: } v_t = v_0 + a \cdot t \quad (2)$$

Nog een voorbeeld:

Een auto rijdt met een konstante snelheid van 20 m/s. Om een andere auto in te halen gaat hij versnellen. Het tijdstip waarop hij begint te versnellen noemen we weer $t = 0$ en de versnelling is 2 m/s². Wat is dan de snelheid na 10 s?

Met de formule $v_t = v_0 + a \times t$ is dit probleem snel opgelost.

Je weet dat $v_0 = 20$ m/s; $a = 2$ m/s² en $t = 10$ s. Invullen geeft:

$$v_t = v_0 + a \times t = 20 + 2 \times 10 = 40 \text{ m/s.}$$

Afgelegde weg zonder beginsnelheid

We gaan nu weer terug naar het voorbeeld van de brommer, die zonder beginsnelheid gaat versnellen. We hebben al uitgerekend hoe groot de snelheid na t s is. We willen nu ook nog weten hoe groot de weg is die hij in t s aflegt.

Dat doen we op de volgende manier:

Uit T 3 weet je: afgelegde weg is gelijk aan snelheid maal tijd.

$$s_t = v \cdot t$$

De afgelegde weg kun je in een v - t -diagram terugvinden als de oppervlakte onder de grafiek. Dat heb je in T 3 gezien.

In P 4 heb je gezien hoe het v - t -diagram van een eenparig versnelde beweging eruit ziet.

De oppervlakte onder de grafiek is de afgelegde weg.

De oppervlakte onder de grafiek is de oppervlakte van een driehoek.

De oppervlakte van een driehoek is $\frac{1}{2} \times \text{basis} \times \text{hoogte}$

De basis van de driehoek is t s. De hoogte is v m/s.

De oppervlakte is dus $\frac{1}{2} \times v \times t$ m. Dus voor de afgelegde weg geldt:

$$s_t = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t$$

In formule (1) heb je al gezien dat $v_t = a \cdot t$.

Als je dit invult in de vorige formule krijg je:

$$s_t = \frac{1}{2} \cdot t \cdot t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \text{ a } t$$

$$\text{In formule: } s_t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (3)$$

Afgelegde weg met beginsnelheid

Hierboven hebben we de afgelegde weg berekend bij een versnelde beweging. Het voorwerp heeft daarbij vóór de versnelling geen snelheid. Je krijgt dan een v - t diagram als figuur 1.

Stel dat je een voorwerp hebt dat al een snelheid heeft op het moment dat het versneld wordt. (Bijvoorbeeld de bromfiets die gaat versnellen om in te halen.) Je krijgt dan een v - t diagram als hiernaast getekend is. Je ziet uit het diagram dat de snelheid op $t = 0$ al v_0 m/s is.

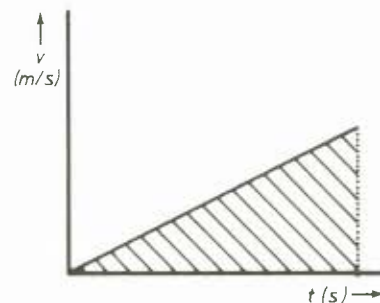


fig. 1

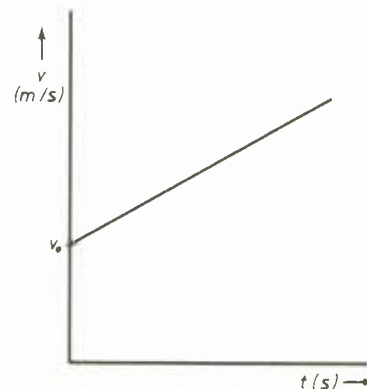


fig. 2

Na $t = 0$ neemt de snelheid gelijkmatig toe.

Wat is nu de afgelegde weg na t s?

Ook nu meet je weer de oppervlakte onder de grafiek.

Je kunt dat oppervlak opsplitsen in twee gedeelten: een driehoek en een rechthoek (zie fig. 3).

De oppervlakte van de rechthoek is lengte \times breedte. De lengte is t s.

De breedte is v_0 m/s.

De oppervlakte van de rechthoek is dus $v_0 \times t$ m.

De oppervlakte van de driehoek is $\frac{1}{2} \times$ basis \times hoogte. De basis is t s.

De hoogte is het stuk dat de snelheid is toegenomen in t s. Je weet inmiddels dat dat gelijk is aan $a \cdot t$, want per seconde neemt de snelheid a m/s toe.

De oppervlakte is dus $\frac{1}{2} \cdot a \cdot t \cdot t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

De totale oppervlakte is de som van de oppervlakte van de driehoek en die van de rechthoek: $v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$. Dit is weer de afgelegde weg.

$$\text{In formule: } s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (4)$$

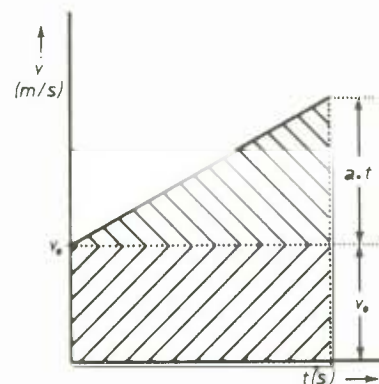


fig. 3

Voorbeeld:

Een auto rijdt met een snelheid van 10 m/s. Hij versnelt met een versnelling van 2 m/s². Hoeveel m legt hij af in 5 s tijdens het versnellen? $v_0 = 10$ m/s; $t = 5$ s; $a = 2$ m/s².

Invullen: $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 10 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 = 75$ m.

De vertraging

Tot nu toe hebben we steeds gekeken naar een voorwerp, dat versneld wordt. Hoe zit het nu met een voorwerp dat vertraagd wordt?

In dat geval wordt de snelheid niet een bepaald bedrag groter per seconde, maar kleiner. De versnelling is dan niet positief, maar negatief. De formule (1) tot en met (4) gelden ook dan. Voor a moet je dan wel een negatief getal invullen.

Voorbeeld:

Een auto rijdt met een snelheid van 20 m/s.

Hij gaat op $t = 0$ remmen.

Zijn vertraging bedraagt 5 m/s². Wat is zijn snelheid na 2 s?

We gebruiken formule (2): $v_t = v_0 + at$.

$v_0 = 20$ m/s

$a = -5$ m/s² (vertraging!)

$t = 2$ s

Invullen: $v_t = 20 + -5 \cdot 2$ m/s = $20 - 10$ m/s = 10 m/s.

W 1 Krachten en bewegingen

In de volgende opgaven werkt er op een voorwerp steeds één of meer krachten. Zeg eerst welke krachten er werken. Zeg daarna of ze de grootte van de snelheid veranderen (versnellen of vertragen) en of ze de richting van de snelheid veranderen.

1

Een knikker rolt over een ruwe vloer. Welke krachten werken er?

Verandert de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

2

Iemand laat een stalen kogeltje over een tafel rollen en houdt een magneet onder de tafel.

Welke krachten werken er?

Verandert de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

3

Iemand houdt een geladen perspex staaf bij een dun straaltje water.

Welke krachten werken er?

Wordt de grootte van de snelheid veranderd?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

4

Een blok hout wordt diep onder water losgelaten. Welke krachten werken er?

Verandert de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

5

Een voorwerp danst aan een veer of een elastiekje. Welke krachten werken er?

Verandert de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

6

Een biljartbal stuit tegen de rand van de biljarttafel. Welke krachten werken er?

Verandert de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

7

Iemand laat een steen van een toren vallen. Welke krachten werken er?

Is de beweging versneld of vertraagd?

Verandert de richting van de beweging?

8

Een automobilist in een rijdende auto, trapt op de rem. Welke krachten werken er?

Verandert de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

9

Iemand laat een uitgerekt elastiekje los. Welke krachten werken er?

Verandert de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de beweging?

10

Iemand slingert een emmer in 't rond. Welke kracht oefent hij uit?

Verandert die kracht de grootte van de snelheid?

Zo ja, is er sprake van versnelling of vertraging?

Verandert de richting van de snelheid?

W 2 Meten aan bewegingen

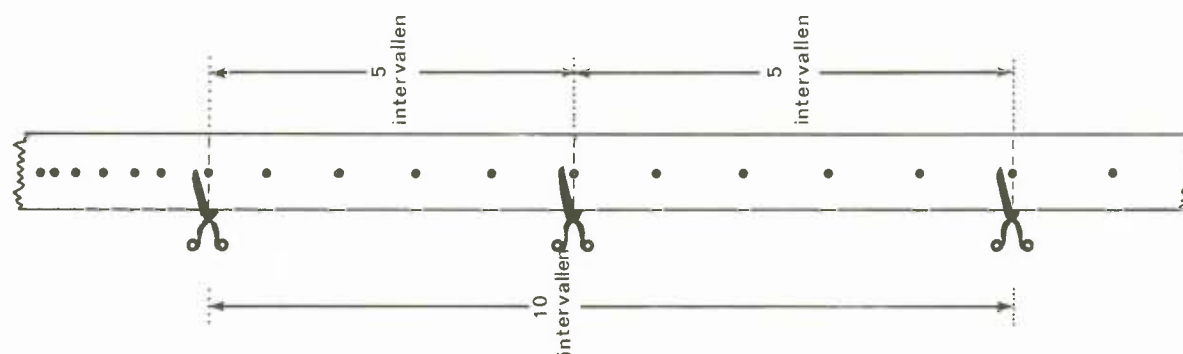
We gaan de papierstrook van P 2, proef 3 verder verwerken.

Hij moet in stukjes geknipt worden. Je knipt hem in strookjes van vijf intervallen als de tijdtikker 50 stippen per seconde zet. Je knipt hem in strookjes van 10 intervallen als de tijdtikker 100 stippen per seconde zet.

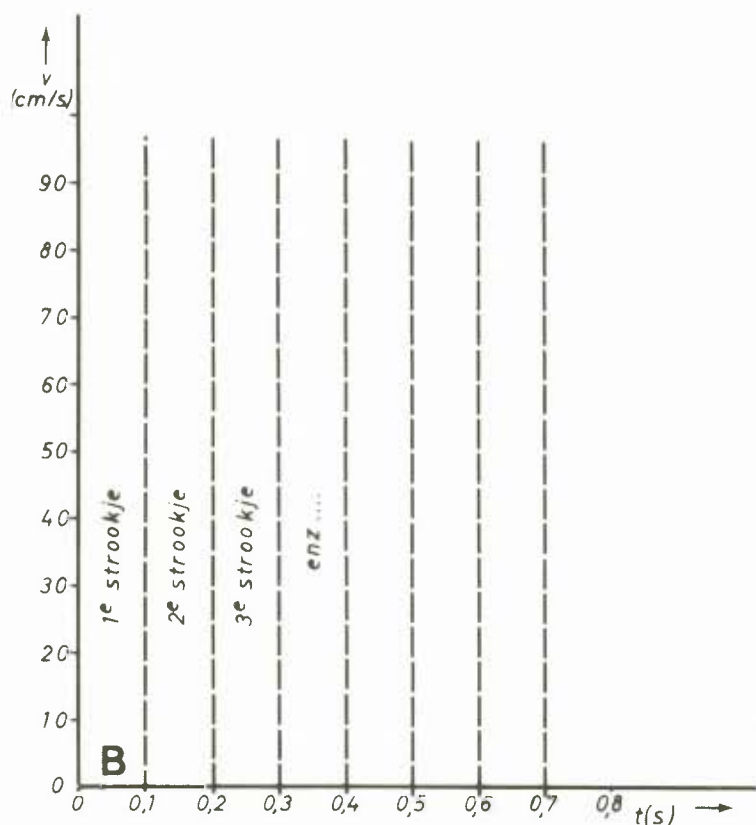
Een interval was het stukje tussen twee stippen in.

Let erop dat je precies over een stip heen knipt (zie tekening).

Het allereerste stukje van de strook waar de stippen te dicht op elkaar staan om ze te tellen gebruik je niet.



We gaan nu de strookjes in het onderstaand assenstelsel plakken. Het eerste stuk, dat je gemerkt hebt met een B, plak je helemaal links in het assenstelsel op (zie tekening). Dan plak je het tweede stukje van 5 tot 10 intervallen daarnaast en zo ga je door tot je de hele strook gehad hebt.



Nu moeten we uitzoeken, wat er op beide assen uitstaat.

Eerst de horizontale:

Na elk strookje is er 0,1 s verstreken.

Op de horizontale as staat de tijd dus uit.

De verticale as is wat moeilijker: daar heb je te maken met de lengte van de strookjes. We hebben al gezien dat die lengte een maat is voor de snelheid.

De snelheid staat dus op de verticale as uit.

Stel dat je een strookje van 1 cm hebt. Dat stukje is in 0,1 s door de tijdtikker gegaan. 1 cm in 0,1 s betekent 10 cm in 1 s. De lengte van dat strookje komt dus overeen met een snelheid van 10 cm/s.

Als een stukje 2 cm lang is, betekent dat: 2 cm afgelegd in 0,1 s, dus 20 cm in 1 s. Met andere woorden de snelheid is 20 cm/s. Voor elke strook kun je zo de snelheid uitrekenen.

Bereken nu zelf de snelheid van een aantal stroken en controleer de eenheden op de assen.

Vraag:

De afstand van Utrecht naar Amersfoort is 20 km. De stoptrein doet 20 minuten over deze afstand. Tussen Amersfoort en Utrecht liggen vier stations.

- Denk je dat de snelheid van de trein steeds even groot is?
- Waarom kun je niet spreken over de snelheid van de trein, maar moet je spreken over de gemiddelde snelheid?

W 3 Eenparige rechtlijnige beweging

1

Reken 10 m/s om in km/h.

2

Reken 800 km/h om in m/s.

3

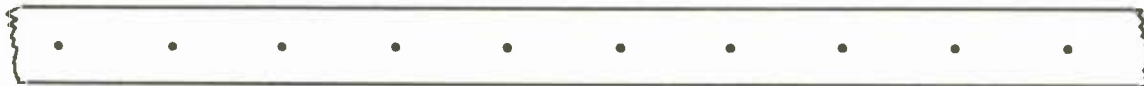
Reken 17,5 m/s om in km/h.

4

Reken 0,25 m/s om in km/h.

5

Een beweging duurt 10 s. Een tijdtikker maakt van die beweging een strookje waarvan hier een gedeelte is afgebeeld. De tijdtikker zet 50 stippen in 1 s.



- Welke afstand wordt afgelegd in 1 s?
- Hoe groot is de snelheid?
- Wat voor soort beweging is het?
- Maak het v-t-diagram in figuur 1 af. Zet de juiste getallen bij de verticale as.

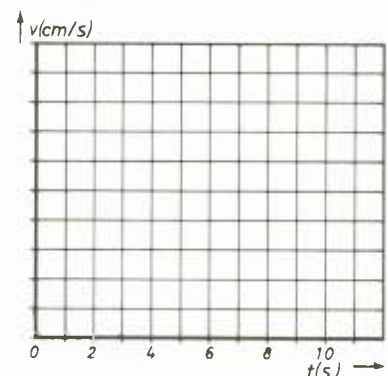
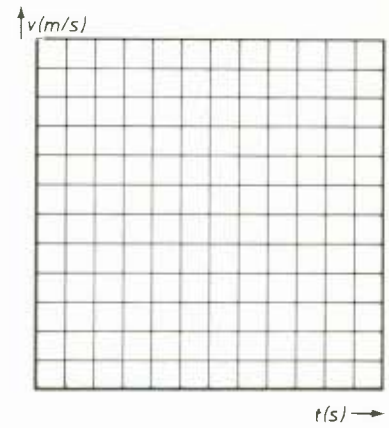


fig. 1

6

Een auto rijdt met een konstante snelheid van 90 km/h op de snelweg.

- Bereken zijn snelheid in m/s.
- Maak hiernaast een v-t-diagram van de beweging van de auto.
- Bereken met de formule $s = v \cdot t$ de afstand die hij aflegt in 8 s.
- Arceer in het diagram deze afstand.

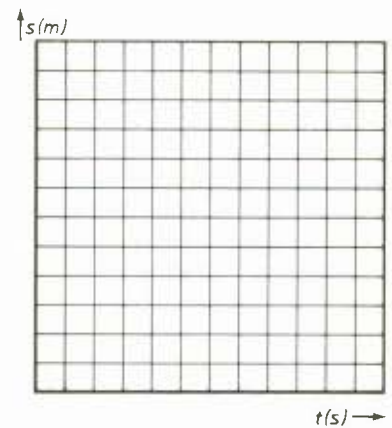


7

Iemand maakt van een beweging nevenstaande tabel.

- Teken hiernaast een diagram die het verband aangeeft tussen tijd en afstand (een s-t diagram).
- Is dit een eenparige beweging?
- Breid de tabel uit met een derde kolom voor de snelheid. Bereken alle waarden en zet ze in deze kolom.
- Is je antwoord bij vraag b juist?

tijd (s)	afstand (m)	
0	0	
2	16	
4	32	
6	48	
8	64	
10	80	
12	96	



W 4 Eenparig versnelde beweging

1

Vul in de tabel hiernaast de formules in.
Kontroleer daarna je antwoord (T 4).

2

Een auto start vanuit stilstand met een versnelling van $a = 5 \text{ m/s}^2$.

- Wat is de snelheid van de auto na 1 s?
- Wat is de snelheid van de auto na 2 s?
- Wat is de snelheid van de auto na 8 s?
- Bereken de afstand die de auto in die 8 s heeft afgelegd.

3

Een voorwerp bereikt vanuit stilstand in 5 s een snelheid van 20 m/s.
De versnelling is eenparig.

- Wat is de versnelling van dat voorwerp?
 - Wat is zijn afgelegde weg na 5 s?
- Ook na 5 s blijft het voorwerp versnellen.
- Wat zal de afgelegde weg na 10 s zijn?
 - Bereken de afstand die in de tiende seconde wordt afgelegd.

4

Een fietser begint te rijden en legt de eerste honderd meter van zijn fietstocht af in 10 s. Wat is de versnelling van de fietser op de eerste honderd meter als de versnelling eenparig is.

Eenparig versnelde beweging

	v_t	s_t
zonder beginsnel- heid		
met beginsnel- heid		

5

Een auto heeft een beginsnelheid van 5 m/s. Op tijdstip $t = 0$ krijgt die auto een versnelling van $a = 3 \text{ m/s}^2$.

- Bereken de snelheid van de auto na 6 s.
- Bereken de afgelegde weg na 6 s.

6

Een auto heeft een snelheid van 72 km/h. Op het moment dat de auto in gaat halen, drukken we de stopwatch in. Na 10 s is de snelheid van de auto 90 km/h. Deze snelheid blijft gedurende de rest van de inhaalpoging konstant. De inhaalpoging duurt 20 s.

- Wat is de beginsnelheid in m/s?
- Wat is de eindsnelheid in m/s?
- Welke versnelling heeft de auto gedurende de eerste 10 s?
- Welke weg wordt gedurende de eerste 10 s afgelegd?
- Welke weg wordt gedurende de laatste 10 s afgelegd?
- Wat is de totaal afgelegde weg op de linker rijbaan?

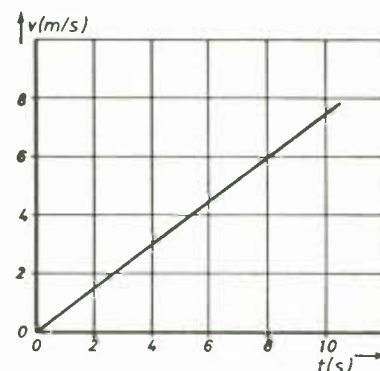
In de verte nadert tijdens de inhaalpoging een tegenligger met een snelheid van 90 km/h.

- Hoe ver moet de tegenligger bij het begin van de inhaalpoging verwijderd zijn om geen botsing te krijgen?
- Bij lichte mist is het zicht ongeveer 250 m. Is een dergelijke inhaalpoging dan verantwoord?

7

Hiernaast staat een diagram van de beweging van een blikje dat van een helling rolt.

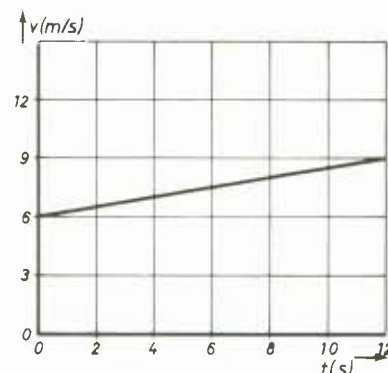
- Wat is na 8 s de afgelegde weg?
- Wat is de versnelling?



8

Bekijk de grafiek hiernaast.

- Wat is na 12 s de afgelegde weg?
- Wat is de beginsnelheid?
- Wat is de versnelling?



9

Iemand laat een pakje vallen van een 45 m hoge flat. De versnelling van het pakje is 10 m/s^2 .

- Hoe lang duurt het voor het pakje beneden is?
- Met welke snelheid bereikt het pakje de grond?

10

- Hoe lang kan een kogel, die met een snelheid van 50 m/s vertikaal omhoog wordt geschoten, stijgen? Je weet dat hij dan een vertraging van 10 m/s^2 krijgt. (De aarde trekt aan de kogel)
- Welke hoogte bereikt de kogel?
- Met welke snelheid bereikt de kogel weer de grond? (De aarde versnelt hem met 10 m/s^2)

11

Een automobilist rijdt door een woonwijk met een snelheid van 46,8 km/h.

- Wat is de snelheid van de auto in m/s?
- De vertraging van de auto doordat hij remt bedraagt op zijn hoogst $5,5 \text{ m/s}^2$. Plotseling steekt 20 m voor de auto een kind over. De automobilist heeft één seconde nodig om te gaan remmen (reaktietijd).
- Hoeveel s heeft de auto nodig om tot stilstand te komen?
 - Hoeveel meter legt hij af in de reaktietijd?
 - Staat hij tijdig stil?

12

Bij een eenparige beweging is er geen versnelling. De snelheid neemt niet toe. Je zou kunnen zeggen: de snelheid neemt per s met m/s toe. De versnelling is dus: m/s².
Vul nu deze versnelling in in de formule die je in T 4 geleerd hebt voor de eenparig versnelde beweging:

$$v_t = v_o + at = v_t + t =$$

$$\text{en ook } s_t = v_o \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 = v_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot t^2 =$$

Vergelijk deze laatste formule eens met de formule die je in T 3 geleerd hebt voor de eenparige rechtlijnige beweging. Wat zie je?

H 1 Snelheid en versnelling

In dit herhaalblad zetten we nog eens overzichtelijk alle begrippen, formules en grafieken van dit blok op een rijtje.

De begrippen van dit blok

De **gemiddelde snelheid**: Stel dat een bus in 20 minuten zijn route van 6 km rijdt. Hij zou dan in een uur 18 km gereden hebben. We zeggen dat zijn snelheid **gemiddeld** 18 km/h is. Dat betekent niet dat zijn snelheid op ieder moment 18 km/uur is. Hij kan best voor een stoplicht gewacht hebben. Op dat moment is zijn snelheid 0 km/uur.

De **snelheid**: Nu volgen we de bus niet de hele rit maar een klein stukje, bijvoorbeeld 1 meter tussen twee haltes in. Op dat kleine stukje verandert de snelheid nauwelijks. Stel dat hij die meter in 0,1 s aflegt. 1 meter in 0,1 s betekent 10 m in 1 s. We zeggen dat zijn **snelheid** 10 m/s is. We hoeven niet over de gemiddelde snelheid te spreken want zijn snelheid verandert toch niet op die ene meter.

De **afgelegde weg**: Dat is de afstand die de bus na een bepaalde tijd heeft afgelegd. Aan het eind van zijn route is de afgelegde weg 6 km.

De **versnelling**: Als de bus zo optrekt dat zijn snelheid elke s 2 m/s toeneemt, zeggen we dat zijn versnelling $2 \frac{\text{m/s}}{\text{s}}$ is, ofwel 2 m/s^2 is.

De **eenparige rechtlijnige beweging**: We spreken van een eenparig rechtlijnige beweging als de snelheid op elk moment even groot is en dezelfde richting heeft.

De **eenparig versnelde beweging**: We spreken van een eenparig versnelde beweging als de snelheid elke s evenveel toeneemt.

Overzicht van de grootheden en eenheden

Hieronder zetten we kort alle grootheden en eenheden op een rijtje met hun symbolen.

Grootheid	Symbool	Eenheid
afgelegde weg	s_t	m
tijd	t	s
snelheid	v_t	m/s
beginsnelheid	v_o	m/s
versnelling	a	m/s^2

s_t is de afgelegde weg na t s.

v_t is de snelheid na t s.

Voorbeeld:

v_1 is de snelheid na 1 s.

s_{10} is de afgelegde weg na 10 s.

Omrekenen van eenheden

In het dagelijks leven wordt voor de eenheid van snelheid ook wel de km/h gebruikt in plaats van de m/s. Je moet deze eenheden in elkaar om kunnen rekenen.

Dat gaat als volgt:

Stel dat je een snelheid van 36 km/h moet omrekenen in m/s.

Dan maak je eerst van kilometers meters: $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$.

Dan maak je van uur seconde: $1 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$.

$$\text{Dus } 36 \text{ km/h} = \frac{36 \text{ km}}{1 \text{ uur}} = \frac{36.000 \text{ m}}{1 \text{ uur}} = \frac{36.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 10 \text{ m/s.}$$

En nu andersom: Reken 15 m/s om in km/h.

15 m/s betekent 15 × 3.600 meter in 3.600 sekonde (= 1 uur). Dat is 54.000 m/h en dat is gelijk aan 54 km/h.

Opgaven:

1

Reken 900 km/h om in m/s.

2

Reken 12 m/s om in km/h.

3

Reken 3,6 km/h om in m/s.

4

Reken 0,35 m/s om in km/h.

Overzicht van de relaties

soort beweging	formule
eenparige rechtlijnige beweging	$s_t = v \cdot t$
eenparig versnelde beweging zonder beginsnelheid	$s_t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $v_t = a \cdot t$
met beginsnelheid	$s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $v_t = v_0 + a \cdot t$

(s_t betekent: de afgelegde weg na t s.

v_t betekent: de snelheid na t s).

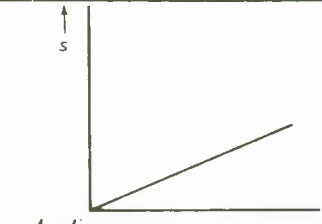
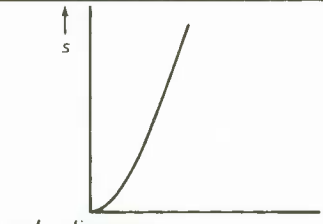
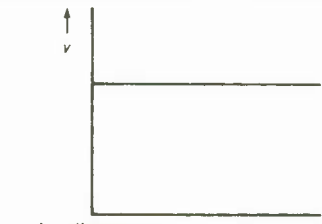
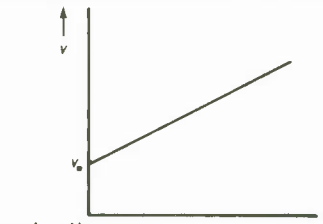
Het is verstandig om alleen de laatste 2 formules uit je hoofd te leren.

Als je in die formules voor de beginsnelheid $v_0 = 0 \text{ m/s}$ invult, krijg je de formules voor de eenparig versnelde beweging zonder beginsnelheid.

Als je voor de versnelling 0 m/s^2 invult, krijg je de formules voor de eenparig rechtlijnige beweging.

Overzicht van de grafieken

Hieronder zijn s-t en v-t diagrammen getekend.

Eenparige rechtlijnige beweging	Eenparig versnelde beweging
 <p>s-t diagram</p>	 <p>s-t diagram</p>
 <p>v-t diagram</p>	 <p>v-t diagram</p>

Oefensommen

Maak de volgende opgaven. Gebruik daarbij de formules uit het overzicht.

5

Een fietser rijdt met een konstante snelheid van 3 m/s. Hoeveel m heeft hij na 180 s afgelegd?

6

Een bromfiets trekt op vanuit stilstand met een versnelling van 2 m/s².

- Hoe groot is zijn snelheid na 3 s?
- Hoe groot is de afgelegde weg na 4 s?

7

Een auto rijdt met een snelheid van 15 m/s op een weg. Om een andere auto in te halen, versnelt hij gedurende 5 s met een versnelling van 3 m/s².

- Hoe groot is zijn snelheid na het versnellen?
- Hoeveel m legt hij tijdens het versnellen af?



H 2 Het maken van vraagstukken

Als je de begrippen en formules van dit blok nog niet kent of begrijpt, moet je in elk geval H 1 doen.

Als je wel de formules en begrippen beheerst, maar je hebt moeite met de sommen, doe dan alleen dit herhaalblad. In dit blad gaan we steeds volgens dezelfde methode vraagstukken oplossen.

Hoe pak je een vraagstuk aan?

Aan de hand van voorbeelden zie je hoe je een mechanika-som moet oplossen. Eerst staat wat je moet doen, daarnaast een voorbeeld.

Wat moet je doen

1

Het vraagstuk **goed** doorlezen.

Schrijf op wat er gegeven is en wat er gevraagd wordt.

Zet de gegevens in de juiste eenheden.

Wat voor beweging is het?

In welke formule komt het gevraagde voor?
Vul de gegevens in

Zijn er nog grootheden onbekend?

Zo ja, in welke formule komen die voor?

Vul in wat je weet.

Vul de onbekende in in de formule waar je hem nodig hebt.

Kontroleer je antwoord:
klopt de eenheid?
is het een redelijk getal?
heb je geen rekenfouten gemaakt?

Voorbeeld 1

Een auto trekt op vanuit stilstand. Na 10 s is zijn snelheid 72 km/h. Zijn snelheid neemt gelijkmatig toe. Wat is de afgelegde weg na 10 s?

Gegevens: $v_0 = 0$ m/s (vanuit stilstand).

$v_{10} = 72$ km/h = 20 m/s.

Gevraagd: s_{10} (de afgelegde weg na 10 s)

Het is een eenparig versnelde beweging.

Formule: $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

Invullen: $s_{10} = 0 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 10^2$

Ja, je weet a nog niet.

Formule: $v_t = a \cdot t$

We weten dat $v_t = 20$ m/s op $t = 10$ s.

Invullen: $v_{10} = a \cdot 10$

Daaruit volgt dat $a = 2$ m/s²

Invullen: $s_{10} = 0 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^2 = 100$ m.

De eenheid klopt: m is de eenheid van s
100 m is een redelijk getal.
alle berekeningen zijn goed.

2

Lees de opgave goed door.

Schrijf op wat gegeven is en wat gevraagd wordt. Zet de gegevens in de juiste eenheden.

Wat voor beweging is het?

In welke formule komt het gevraagde voor?

Invullen.

Zijn er nog grootheden onbekend?

Zo ja, in welke formule komt die voor?

Vul in wat je weet.

Vul de onbekende grootte in in de formule waar je hem nodig hebt.

Kontroleer je antwoord:
klopt de eenheid?
is het een redelijk getal?
heb je geen rekenfouten gemaakt?

Voorbeeld 2

Een auto heeft een snelheid van 54 km/h.
Hij remt met een vertraging van 3 m/s^2 (de vertraging is eenparig).
Bereken de remweg.

Gegeven: $v_0 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$.
 $a = -3 \text{ m/s}^2$.
Gevraagd: s_t voor die t waarvoor $v_t = 0 \text{ m/s}$.

Het is een eenparig versnelde (in dit geval een vertraagde) beweging.

Formule: $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

Invullen: $s_t = 15 \cdot t - 1,5 \cdot t^2$

Ja, je weet t nog niet.

Formule: $v_t = v_0 + a \cdot t$
 $0 = 15 - 3 \cdot t$

Daaruit volgt dat $t = 3 \text{ s}$.

Invullen: $s_t = 15 \cdot 3 - 1,5 \cdot 3^2 = 37,5 \text{ m}$.

m is de eenheid van afgelegde weg.
het is een redelijk getal
geen rekenfouten gemaakt.

Maak nu op deze manier de volgende opgaven:

1

Lees de opgave goed door.

Schrijf op wat er gegeven is en wat er gevraagd wordt.
Zet de gegevens in de juiste eenheden.

Wat voor beweging is het?

In welke formule komt het gevraagde voor?

Vul de gegevens in.

Een bloempot valt uit een raamkozijn van de achtste etage van een flatgebouw. De afstand van het raamkozijn tot het hoofd van een voorbijganger is 20 meter. Met welke snelheid treft de bloempot het hoofd van de voorbijganger?

Zijn er nog grootheden onbekend?

Zo ja, in welke formule komen die voor?

Vul in wat je weet.

Vul de onbekende grootheid in in de formule waar je hem nodig hebt.

Kontroleer je antwoord;
klopt de eenheid?
is het een redelijk getal?
heb je geen rekenfouten gemaakt?

2
Lees de opgave goed door.

Een supertanker vaart met een snelheid van 36 km/h. Bij nadering van een haven gaat hij afremmen met een vertraging van $0,001 \text{ m/s}^2$. Hoeveel km vaart de tanker nog door voordat hij stil komt te liggen?

3
Lees de opgave goed door.

Een auto rijdt op een snelweg van 90 km/h. Om een andere auto in te halen gaat hij versnellen. Na 10 s is zijn snelheid 108 km/h. Daarna blijft zijn snelheid verder konstant. Als er 30 s verstreken zijn sinds het begin van de inhaalpoging, heeft hij de andere auto in gehaald. Hoeveel m heeft de auto tijdens het inhalen afgelegd?

H 3 Diagrammen bij bewegingen

1

Als je in een auto rijdt, kun je op de snelheidsmeter aflezen hoe groot de snelheid van de auto op dat moment is. De auto kan met een konstante snelheid rijden, maar hij kan ook versnellen.

Iemand leest steeds na één seconde een snelheidsmeter van een auto af en maakt van zijn gegevens de nevenstaande tabel.

tijd (s)	snelheid (km/h)	snelheid (m/s)
0	18,0	
1	36,0	
2	50,4	
3	61,2	
4	68,4	
5	72,0	
6	72,0	
7	72,0	

De gegevens van deze tabel kun je uitzetten in een diagram.

Langs de horizontale as wordt de tijd in s uitgezet. Langs de verticale as wordt de snelheid in m/s uitgezet.

Vul eerst de laatste kolom van de tabel in.

Teken dan de grafiek in figuur 1.

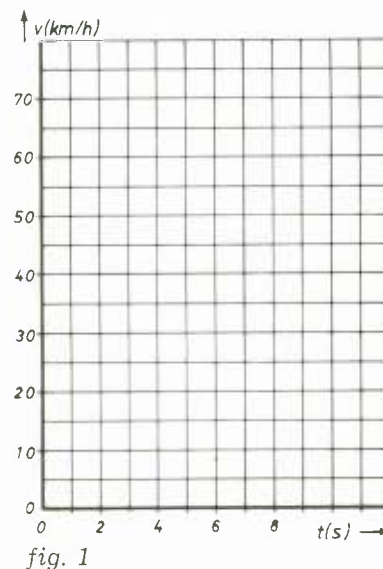


fig. 1

Een grafiek die de relatie aangeeft tussen de tijd en de snelheid, wordt een v-t-diagram genoemd.

Met zo'n diagram krijgen we een idee van de beweging.

- Gedurende de laatste twee sekonde is de snelheid konstant. Deze beweging is dus een beweging.
- In het begin neemt de snelheid toe. Neemt de snelheid regelmatig toe?

c. Waar zie je dat aan?

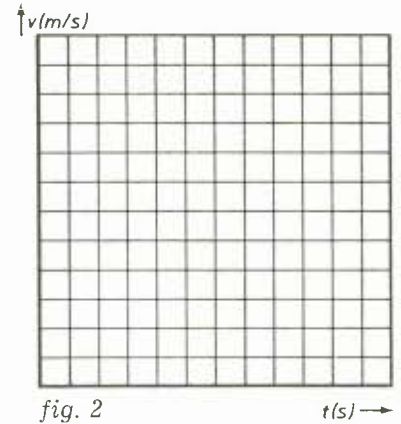
d. In het begin is deze beweging een beweging.

2

In de meeste situaties is bij een bewegend voorwerp geen snelheidsmeter aanwezig. We moeten in dat geval de snelheid over een bepaalde periode berekenen door afstanden op te meten. Denk maar aan proeven met de tijdtikker, zoals je die in P 2, P 3 en P 4 gedaan hebt.

Veronderstel dat we de volgende gegevens verzameld hebben:

tijd (s)	afgelegde weg	periode (s)	afgelegde weg in die periode(m)	snelheid (m/s)
0	0			
2	2	0 - 2		
4	8	2 - 4		
6	18	4 - 6		
8	30	6 - 8		
10	42	8 - 10		
12	54	10 - 12		
14	63	12 - 14		
16	66	14 - 16		
18	66	16 - 18		



- Vul zelf de laatste twee kolommen in.
- We willen deze snelheden uit de laatste kolom plaatsen in het v-t diagram van fig. 2.
In P 4 heb je geleerd hoe je dat moet doen. Je moet steeds de snelheid bij het midden van het interval plaatsen.

Voorbeeld: In de periode van 0 - 2 s was de snelheid 1 m/s. Op $t = 0$ s zal de snelheid wel iets lager geweest zijn en op $t = 2$ s hoger. We zullen nu aannemen dat op $t = 1$ s (dus in het midden van het interval 0 - 2 s) de snelheid 1 m/s was. We zetten het punt in het diagram dus bij $t = 1$ s (zie figuur 2)

Maak nu zelf het diagram af.

- Wat voor beweging is het van $t = 0$ s tot $t = 5$ s?
- Wat voor beweging is er van $t = 7$ s tot $t = 11$ s?
- Wat voor beweging is het van $t = 13$ tot $t = 14$ s?
- Je hebt in P 3 een eenvoudige manier geleerd om uit het v-t diagram de afgelegde weg te berekenen. Hoe kun je dat doen?

Bereken nu zelf met deze methode uit de grafiek de afgelegde weg van

$t = 0$ s tot $t = 4$ s.

$t = 8$ s tot $t = 10$ s.

$t = 14$ s tot $t = 16$ s.

Ga na of die antwoorden kloppen met wat je in de tabel vindt.

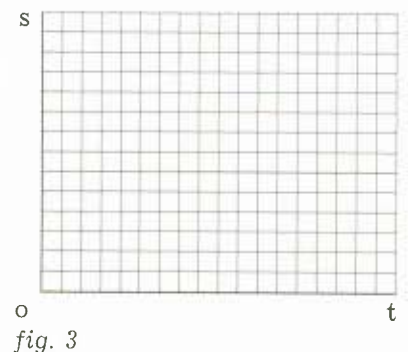
3

Kijk weer naar de tabel in het vorige stukje. Je zou uit die tabel ook een grafiek kunnen maken van de afgelegde weg tegen de tijd. Zo'n grafiek noemen we een s-t diagram.

Maak nu het s-t diagram voor de beweging van de tabel uit 2, in fig. 3.

Wat valt je op aan het gedeelte van $t = 6$ tot $t = 12$ s?

De beweging was op dat gedeelte een beweging.



Blok 15 Antwoordblad

H 1 Antwoordblad

1

$$\frac{900 \text{ km}}{1 \text{ uur}} = \frac{900.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 250 \text{ m/s.}$$

2

$$12 \text{ m/s} = \frac{12 \times 3.600 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = \frac{43.200 \text{ m}}{1 \text{ h}} = 43,2 \text{ km/h.}$$

3

$$3,6 \text{ km/h} = \frac{3.600 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 1 \text{ m/s.}$$

4

$$0,35 \text{ m/s} = \frac{0,35 \times 3.600 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = \frac{1.260 \text{ m}}{1 \text{ h}} = 1,26 \text{ km/h.}$$

5

Dit is een eenparige rechtlijnige beweging, $v = 3 \text{ m/s}$, $t = 180 \text{ s}$.

De formule voor de afgelegde weg luidt: $s_t = 3 \cdot 180 = 540 \text{ m}$.

6

Dit is een eenparig versnelde beweging zonder beginsnelheid.

$$a = 2 \text{ m/s}^2.$$

a. $t = 3 \text{ s}$.

De formule voor de snelheid luidt: $v_t = a \cdot t$.

$$\text{Invullen geeft: } v_t = 2 \cdot 3 = 6 \text{ m/s.}$$

b. $t = 4 \text{ s}$.

De formule voor de afgelegde weg luidt: $s_t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

$$\text{Invullen geeft: } s_t = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4^2 = 16 \text{ m.}$$

7

Dit is een eenparig versnelde beweging met beginsnelheid.

$$v_0 = 15 \text{ m/s}, a = 3 \text{ m/s}^2, t = 5 \text{ s.}$$

a. De formule voor de snelheid luidt: $v_t = v_0 + a \cdot t$.

$$\text{Invullen geeft: } v_t = 15 + 3 \cdot 5 = 30 \text{ m/s.}$$

b. De formule voor de afgelegde weg luidt: $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

$$\text{Invullen geeft: } s_t = 15 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 5^2 = 112,5 \text{ m.}$$

H 2 Antwoordblad

1

Schrijf op wat er gegeven is en wat gevraagd wordt. Zet de gegevens in de juiste eenheden.

Wat voor soort beweging is het?

In welke formule komt het gevraagde voor?

Vul de gegevens in.

Zijn er nog grootheden onbekend?

In welke formule komt die voor?

Vul in wat je weet.

Gegeven: $s = 20 \text{ m}$.

$a = 10 \text{ m/s}^2$ (dat is de valversnelling)

Gevraagd: v_t voor die t waarbij $s_t = 20 \text{ m}$.

Het is een eenparig versnelde beweging.

Formule: $v_t = a \cdot t$

Invullen: $v_t = 10 \cdot t$

Ja, je weet t niet.

Formule: $s_t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

Invullen: $20 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$ dus $20 = 5 \cdot t^2$
Daaruit volgt, dat $t = 2 \text{ s}$.

Vul de onbekende grootheid in in de formule waar je hem nodig hebt.

Kontroleer je antwoord:
klopt de eenheid?
is het een redelijk getal?
heb je geen rekenfouten gemaakt?

Invullen: $v_t = 10 \cdot 2 = 20 \text{ m/s}$.

m/s is de eenheid van snelheid.
20 m/s is een redelijk getal.
geen rekenfouten gemaakt.

2

Schrijf op wat er gegeven is en wat gevraagd wordt.

Zet de gegevens in de juiste eenheden.

Wat voor beweging is het?

In welke formule komt het gevraagde voor?

Vul de gegevens in.

Zijn er nog grootheden onbekend?

In welke formule komt die voor?

Vul in wat je weet.

Vul de onbekende grootheid in in de formule waar je hem nodig hebt.

Kontroleer je antwoord:
klopt de eenheid?
is het een redelijk getal?

heb je geen rekenfouten gemaakt?

Gegeven: $v_0 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$.

$a = -0,001 \text{ m/s}^2$.

Gevraagd: s_t voor die t waarbij $v_t = 0 \text{ m/s}$.

Het is een eenparig versnelde (in dit geval een vertraagde) beweging.

$s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

Invullen: $s_t = 10 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 0,001 \cdot t^2$.

Ja, je weet t niet.

Formule: $v_t = v_0 + a \cdot t$

Invullen: $0 = 10 - 0,001 \cdot t$

Daaruit volgt dat $t = 10000 \text{ s}$.

Invullen: $s_t = 10 \cdot 10000 - \frac{1}{2} \cdot 0,001 \cdot 10000^2 = 50.000 \text{ m} = 50 \text{ km}$.

m of km zijn eenheden voor afgelegde weg.
50 km is wel veel, maar je weet misschien dat tankers inderdaad een zeer lange „remweg” hebben.

geen rekenfouten gemaakt.

3

Schrijf op wat er gevraagd wordt.
Zet de gegevens in de juiste eenheden.

Wat voor beweging is het?

In welke formule komt het gevraagde voor?

Vul de gegevens in.

Zijn er nog grootheden onbekend?

In welke formule komt die voor?

Vul in wat je weet.

Vul de onbekende grootheid in in de formule waar je hem nodig hebt.

Kontroleer je antwoord:
klopt de eenheid?
is het een redelijk getal?
heb je geen rekenfouten gemaakt?

Gegeven: $v_0 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$

$v_{10} = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$.

Gevraagd: s_{30} . (het inhalen duurde 30 s)

Gedurende de eerste 10 s is het een eenparig versnelde beweging.

De volgende 20 s is de beweging eenparig.

Formules: $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ (eerste 10 s)

$s_t = v \cdot t$ (volgende 20 s)

Invullen: $s_t = 25 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 10^2$ (eerste 10 s)

$s_t = 30 \cdot 20 = 600 \text{ m}$ (volgende 20 s)

Ja, je weet a niet.

Formule: $v_t = v_0 + a \cdot t$

Invullen: $30 = 25 + a \cdot 10$

Daaruit volgt dat $a = 0,5 \text{ m/s}^2$

Invullen: $s_t = 25 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 10^2 = 275 \text{ m}$.

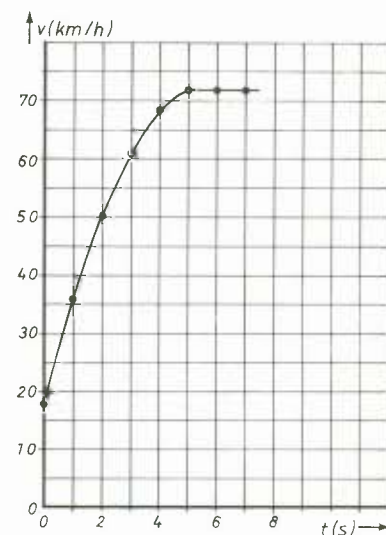
In totaal is $s_{30} = 275 + 600 = 875 \text{ m}$.

m is de eenheid van afgelegde weg.
het is een redelijk getal.
geen rekenfouten gemaakt.

H 3 Antwoordblad

1

- Eerste twee sekonde: eenparige beweging.
- De snelheid neemt **niet** regelmatig toe.
- De eerste sekonde neemt de snelheid 18 m/s toe en de tweede maar 14,4 m/s.
- De beweging is wel versneld, maar niet eenparig versneld.

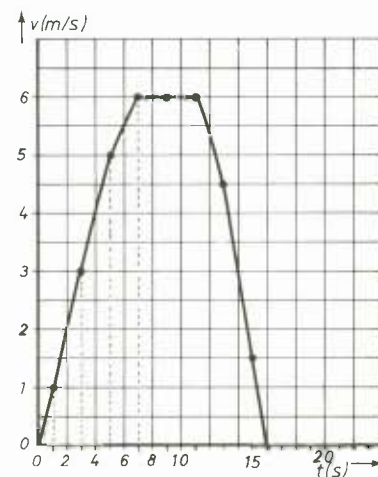


2

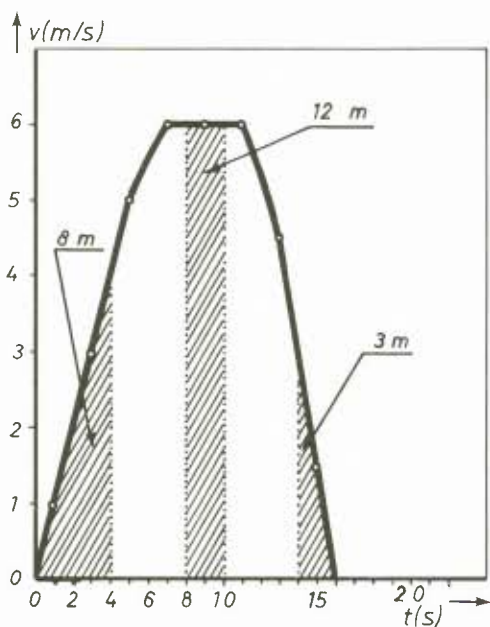
a.

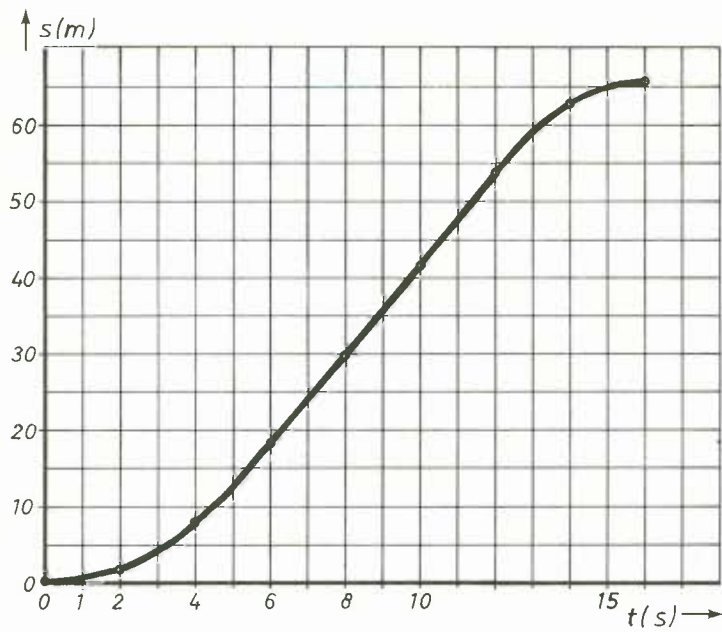
tijd (s)	afgelegde weg (m)	periode (s)	afgelegde weg (m)	snelheid (m/s)
		0- 2	2	1
		2- 4	6	3
		4- 6	10	5
		6- 8	12	6
		8-10	12	6
		10-12	12	6
		12-14	9	4,5
		14-16	3	1,5
		16-18	0	0

b.



- eenparig versneld
 - eenparig
 - eenparig vertraagd
 - het oppervlak onder de grafiek berekenen
- $0 - 4 \text{ s: } s = \frac{1}{2} \times 4 \times 4 = 8 \text{ m.}$
 $4 - 10 \text{ s: } s = 2 \times 6 = 12 \text{ m.}$
 $10 - 16 \text{ s: } s = \frac{1}{2} \times 2 \times 6 = 3 \text{ m.}$





$t = 6 \text{ s}$ tot $t = 12 \text{ s}$: een rechte lijn.

Dat betekent dat per seconde er bij de afgelegde weg steeds een zelfde bedrag komt. Dat betekent weer dat de snelheid konstant is en de beweging in dat stuk eenparig. Dat klopt met wat we in 2 gezien hebben.

Blok 15 Extra stof

136 Zelf een snelheidsmeter maken

Je hebt in dit blok de snelheid bepaald door afstand en tijd te meten.

Voorbeeld: Een auto legt 1 km af in 1 minuut. Zijn snelheid is dan 60 km/uur. Met de tijdtikker kun je ook de snelheid bepalen. De afstand van de stippen is een maat voor de afgelegde weg in een zeker tijdinterval.

Voorbeeld:

De tijdtikker die gebruikt is voor de strook hierboven zet elke 0,01 s een stip. De afstand tussen 2 stippen bedraagt 2 cm. Dus 2 cm in 0,01 s of 0,02 m in 0,01 s.

De snelheid is dan $\frac{0,02 \text{ m}}{0,01 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$.

Tot nu toe moeten we om de snelheid te bepalen altijd de afgelegde weg delen door de tijd. We gaan in dit blad een snelheidsmeter maken, waarbij we de snelheid direkt kunnen aflezen.

Je hebt nodig voor deze proef:

- een fiets met goed werkende dynamo
- een voltmeter
- krokodillenklemmen
- stopwatch
- meetlint of meetlat
- een experimenteermotor.

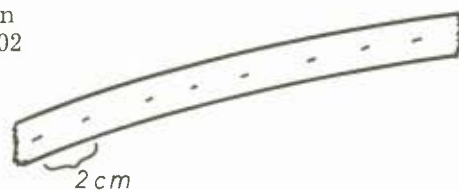
Proef 1:

Zet de fiets op zijn kop. Zorg dat het dynamowieltje op de voorband zit.

Draai het fietswiel langzaam rond. Let op de koplamp.

Draai het wiel snel rond. Let op de koplamp.

Wat valt je op?



Proef 2:

Maak de snoertjes van de dynamo naar de lamp los. Verbind de dynamo met een voltmeter.

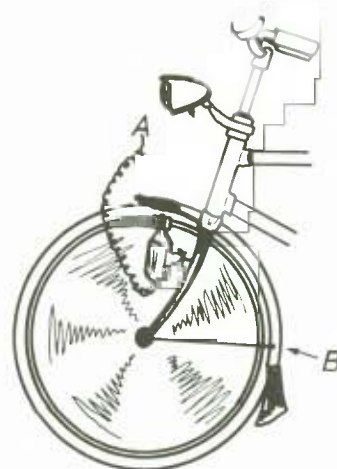
Je moet één klem op de plaats waar het snoetje zit vastklemmen (A in de tekening). De ander bevestig je aan het frame van de fiets (B in de tekening).

Draai het fietswiel langzaam en snel rond.

Let op de voltmeter.

Beschrijf wat je waarneemt.

Bedenk zelf een manier om de dynamo als snelheidsmeter te gebruiken.



We hebben nu gezien dat je met de dynamo een idee kunt krijgen van de snelheid van van een fiets. Maar je kunt toch moeilijk spreken over een snelheid van 6 V. We zullen dus op de voltmeter een andere schaalverdeling moeten aanbrengen: we gaan de snelheidsmeter ijken.

Het ijken van de snelheidsmeter

De eerste manier om de snelheidsmeter te ijken is onnauwkeurig, maar voor iedereen uit te voeren.

Meet de omtrek van je fietswiel. Dat kan op twee manieren. Je legt een meetlint of een touwtje om de band heen (het touwtje moet je dan later na meten).

Je kunt ook de middellijn van de band meten.

De omtrek is dan $\pi \times$ de middellijn (π (pi) = 3,14).

De omtrek van de band = m.

Hoeveel meter heb je afgelegd als de band éénmaal rondgedraaid is?

Proef 3

Draai het wiel zo gelijkmatig mogelijk rond. Tel het aantal omwentelingen en de tijd die er voor nodig is. Lees ook de voltmeter af.

..... V.

aantal omwentelingen :

afstand : m

tijd : s

Bereken uit de tijd en afstand de snelheid: m/s.

Met welke spanning komt deze snelheid overeen? V.

Proef 4

Herhaal proef 3 een aantal malen, maar laat het wiel nu met steeds een andere snelheid ronddraaien.

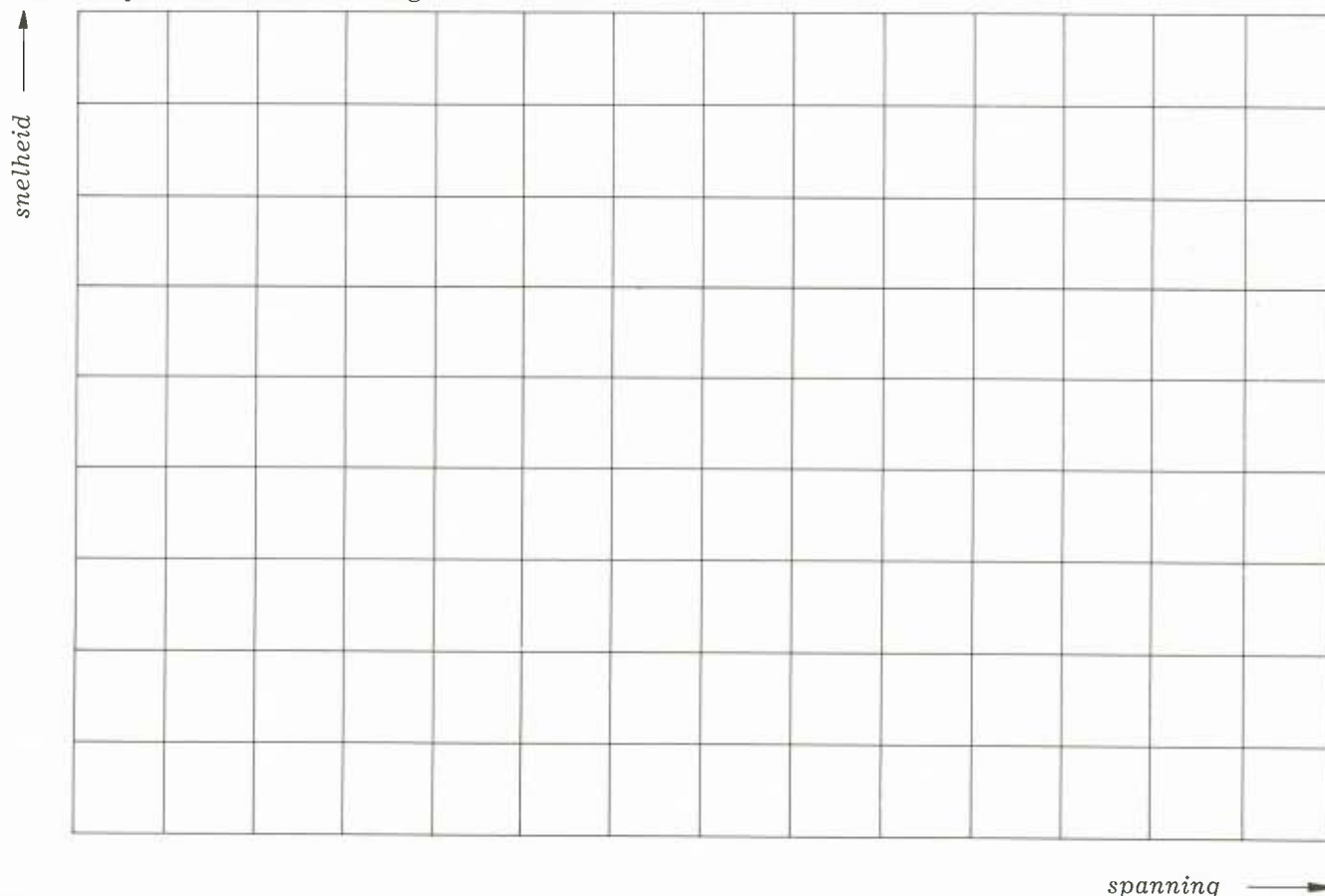
snelheid: m/s; spanning V.

snelheid: m/s; spanning V.

snelheid: m/s; spanning V.

snelheid: m/s; spanning V.

Verwerk je resultaten in het diagram hieronder.



Uit dit diagram kun je de snelheid bepalen. Je leest de voltmeter af en uit het diagram kun je dan de snelheid aflezen.

Je begrijpt dat deze manier van ijken niet erg nauwkeurig is. Wanneer bij jullie op school een experimenteermotor aanwezig is, kun je daarmee de dynamo nauwkeurig ijken.

Proef 5

Vraag aan de leraar of amanuensis of hij de experimenteermotor zo opstelt dat het fietswiel aangedreven wordt. Draai het fietswiel met kleine snelheid rond. Lees de voltmeter af. Tel het aantal omwentelingen en de tijd die er voor nodig is.

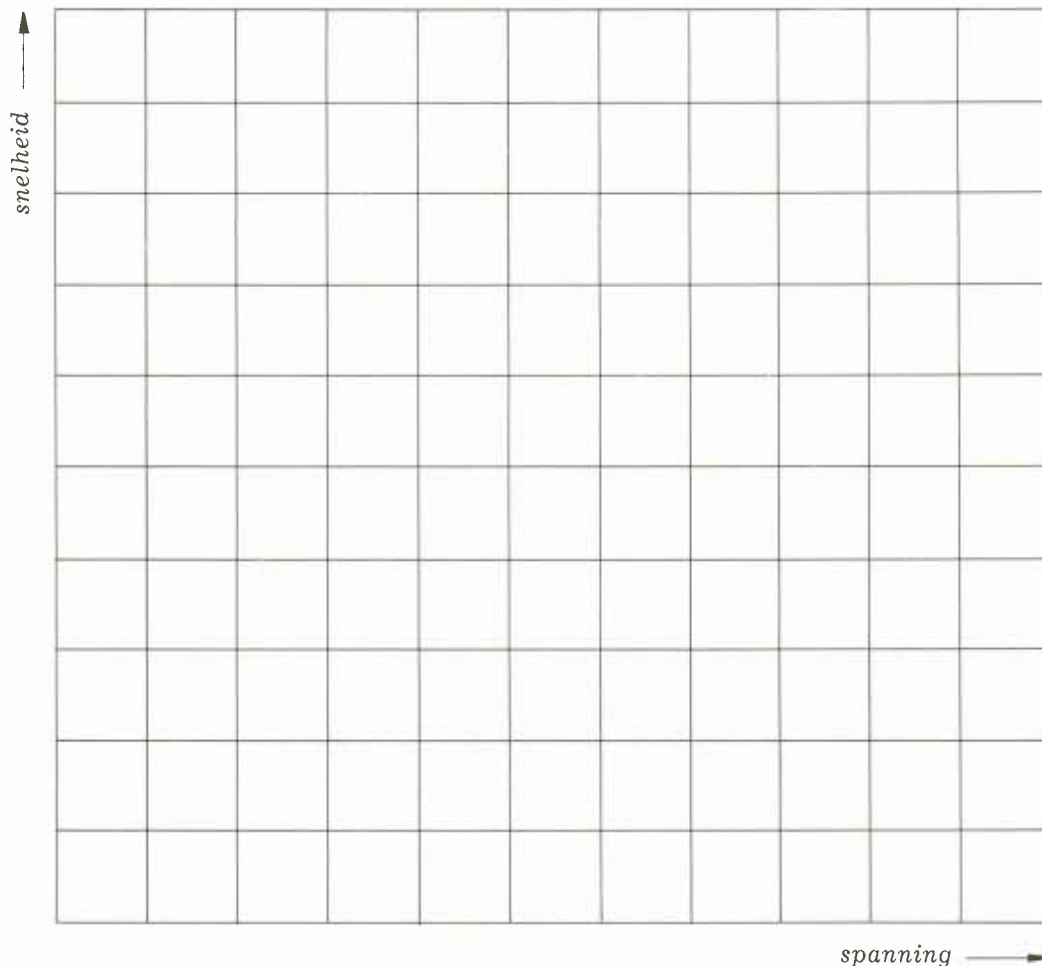
Aantal omwentelingen :

tijd : s.

De snelheid is dus m/s; De spanning is V.

Doe nog een 6-tal metingen bij andere snelheden.
Vul de tabel in en zet je resultaten in het diagram hieronder.

meting	snelheid	spanning



Je hebt weer een ijkgrafiek. Plak een schaalverdeling op de voltmeter. Je kunt nu de snelheidsmeter gebruiken. Als je de voltmeter op je stuur bevestigt, kun je de snelheid aflezen onder het fietsen.

Vraag: Wat zijn de nadelen van deze snelheidsmeter?

Opdracht:

In je zelfgemaakte snelheidsmeter zet je eigenlijk een draaiende beweging om in de uitslag van een voltmeter.

In de snelheidsmeter van een auto gaat dat ongeveer ook zo. Bedenk zelf hoe je dat zou moeten doen.

(Kijk ook eens in extra stof-blad 12: magnetische overbrenging).

Zoek ook nog ergens op hoe de snelheidsmeter bij een auto werkt.

137 De horizontale worp

(Aan het eind van dit extra stofblad is een antwoordblad opgenomen.)

Je hebt al veel geleerd over de snelheid en de versnelling van voorwerpen. Zo weet je bijvoorbeeld dat een voorwerp dat naar beneden valt, wordt versneld.

Vraag 1

Welke kracht zorgt voor de versnelling van een vallend voorwerp?

Niet overal op aarde is de valversnelling even groot. In Nederland is de valversnelling vrijwel gelijk aan $9,8 \text{ m/s}^2$.

De valversnelling blijkt $9,8 \text{ m/s}^2$ te zijn. Omdat dit dicht bij 10 m/s^2 ligt, nemen we vaak voor de waarde van de valversnelling 10 m/s^2 .

In dit blad gaan we de baan onderzoeken van een voorwerp dat niet alleen naar beneden valt, maar tegelijk ook een snelheid heeft in horizontale richting. Een voorbeeld hiervan is een bal die wordt weggegooid, zoals je dat in de tekening hiernaast kunt zien.

We kunnen nu natuurlijk zelf wat ballen gaan wegwerpen en daarbij kijken langs welke baan deze ballen op de grond komen. Er is echter een manier om de baan van een horizontaal weggeworpen balletje nauwkeurig te bepalen.

Hiervoor maken we gebruik van een toestel waarmee een balletje horizontaal kan worden weggeschoten.

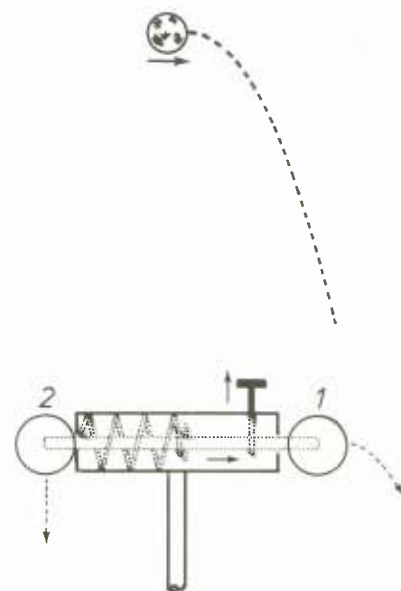
Je ziet hiernaast zo'n toestel getekend. Misschien hebben jullie op school een ander toestel. Belangrijk is alleen dat met het toestel één balletje horizontaal wordt weggeschoten (we noemen dit balletje 1). Op precies hetzelfde moment wordt een ander balletje losgelaten zodat het vertikaal naar beneden valt (we noemen dit balletje 2).

Proef

Plaats het toestel zo hoog mogelijk op een statief bij de rand van de tafel, zodat beide balletjes op de vloer terecht kunnen komen. Zorg er bovendien voor dat balletje 1 precies horizontaal wordt weggeschoten. Door goed te luisteren kun je horen wanneer de balletjes de grond raken. Schiet balletje 1 horizontaal weg en laat tegelijk balletje 2 vertikaal vallen.

Vraag 2

Wat hoor je?



Als je de proef goed hebt uitgevoerd en als je goed hebt geluisterd, hoorde je de beide balletjes tegelijk op de vloer komen. Klopt dit met jouw waarneming?

Vraag 3

Formuleer uit bovenstaande proef de konklusie.

We weten niet langs welke **baan** het horizontaal weggeschoten voorwerp de vloer bereikt.

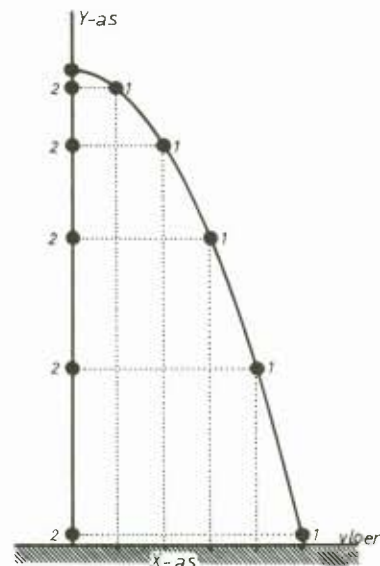
Vraag 4

Probeer met wat je in de proef hebt gezien de baan van het balletje te tekenen.

Om de baan van balletje 1 te bepalen, hebben we heel snel achter elkaar enkele foto's genomen en deze foto's gekombineerd tot één foto. Daarna hebben we deze foto in het diagram hiernaast overgetekend.

Je ziet in dit diagram de beide balletjes afgebeeld.

Op de Y-as is het balletje getekend dat vertikaal naar beneden valt (balletje 2).



Vraag 5

Wat voor beweging ondergaat balletje 2?

Ook is getekend waar balletje 1 zich bevindt.

Vraag 6

Wat valt je op als je kijkt naar de afstanden die balletje 1 in horizontale richting (dus in de richting van de X-as) aflegt?

Wat voor beweging doorloopt balletje 1 in horizontale richting?

Langs de Y-as van het diagram kun je de hoogte van balletje 1 aflezen.

Vraag 7

Wat zie je als je telkens de hoogte van balletje 1 vergelijkt met de hoogte van balletje 2 op hetzelfde tijdstip?

Wat voor beweging legt balletje 1 in verticale richting af?

Alles nog eens op een rijtje gezet

1. de beweging langs de X-as is eenparig (dus met een konstante snelheid gelijk aan de beginsnelheid).
2. de beweging langs de Y-as is eenparig versneld. (In ons geval zonder beginsnelheid in verticale richting.)

Vraag 8

Hoe kun je de horizontale beginsnelheid vergroten?

Doe dit en kijk wat er gebeurt.

Probeer nu eens de baan van een waterstraal na te tekenen en vergelijk deze met de baan van het horizontaal weggeschoten balletje.

In de volgende **opgaven** ga je met de formules uit het blok rekenen aan de kromme banen die je in dit blad bent tegengekomen.

Neem in alle opgaven als waarde van de valversnelling 10 m/s^2 .

Gebruik de formules uit het overzicht van H 1 van blok 16.

Opgave 1

We laten vanaf het dak van een flatgebouw een bal vallen. Na 4 s bereikt de bal de grond. Hoe hoog is het flatgebouw?

Opgave 2

Een voorwerp beweegt met een eenparige snelheid van 5 m/s in horizontale richting. Welke afstand legt het voorwerp in 8 s af?

Opgave 3

Op de muur van een kasteel staat een kanon opgesteld, 45 meter boven de grond. Met dit kanon worden kogels afgeschoten met een snelheid van 200 m/s in horizontale richting.

- Hoeveel s na het afschieten van een kogel bereikt deze kogel de grond?
- Op hoeveel meter van de kasteelmuur komt de kogel op de grond terecht?

Opgave 4

Op hoeveel meter van de kasteelmuur komt de kogel op de grond terecht als het kanon op 20 m boven de grond staat opgesteld en de kogel wordt afgevuurd met een horizontale snelheid van 300 m/s ?

Opgave 5

Een bal wordt op een hoogte van 5 meter horizontaal weggeworpen en komt op een afstand van 20 meter in horizontale richting op de grond. Met welke snelheid wordt de bal weggeworpen.

Opgave 6

Een bal wordt in horizontale richting weggeworpen met een snelheid van 40 m/s , 80 meter verder komt de bal op de grond terecht. Van welke hoogte boven de grond wordt de bal weggeworpen.

Antwoordblad bij de „horizontale worp”

Vraag 1

De zwaartekracht.

Vraag 2

Beide balletjes komen tegelijk op de vloer.

Vraag 3

Een voorwerp dat in horizontale richting wordt weggeschoten bereikt in dezelfde tijd de vloer als het voorwerp dat vanaf dezelfde hoogte wordt losgelaten.

(Voor de duidelijkheid: net als in de proef moeten beide voorwerpen in verticale richting een beginsnelheid gelijk aan 0 m/s hebben).

Vraag 4

Nee. Je oog is te onnauwkeurig en bovendien gaat alles erg snel.

Vraag 5

Een eenparig versnelde beweging.

Vraag 6

De afstanden in horizontale richting in 0,15 s afgelegd zijn gelijk. De beweging van balletje 1 in horizontale richting is een eenparige beweging.

Vraag 7

Op elk tijdstip bevinden balletje 1 en balletje 2 zich op gelijke hoogte. De beweging van balletje 2 in verticale richting is een eenparig versnelde beweging.

Vraag 8

Door de veer verder in te drukken.

Opgave 1

Bij het vallen is sprake van een eenparig versnelde beweging met een valversnelling van 10 m/s².

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (4)^2 = 80 \text{ m.}$$

Het flatgebouw is dus 80 meter hoog.

Opgave 2

Eenparige beweging:

$$s = v \cdot t = 5 \cdot 8 = 40 \text{ m.}$$

Het voorwerp legt in 8 s dus een afstand van 40 meter af.

Opgave 3

a. In verticale richting is sprake van een eenparig versnelde beweging.

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$$45 = 5 t^2$$

$$9 = t^2$$

$$t = 3 \text{ s}$$

b. In horizontale richting beweegt de kogel met een eenparige snelheid.

In 3 s legt de kogel een afstand af van:

$$s = v \cdot t = 200 \cdot 3 = 600 \text{ m.}$$

Konklusie: 600 meter van de kasteelmuur komt de kogel op de grond terecht.

Opgave 4

Net als in opgave 3 berekenen we eerst de tijd die de kogel nodig heeft om de grond te bereiken.

Vertikaal:

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$20 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$$5 \cdot t^2 = 20$$

$$t^2 = 4$$

$$t = 2 \text{ s.}$$

Horizontaal legt de kogel in 2 s af:

$$s = v \cdot t = 300 \cdot 2 = 600 \text{ m.}$$

Konklusie: 600 meter van de kasteelmuur komt de kogel op de grond terecht.

Opgave 5:

We berekenen eerst de tijd die de bal nodig heeft de grond te bereiken.

Vertikaal:

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$5 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$$5 \cdot t^2 = 5$$

$$t^2 = 1$$

$$t = 1 \text{ s.}$$

In deze 1 s legt de bal horizontaal een afstand van 20 m af:

$$s = v \cdot t$$

$$20 = v \cdot 1$$

$$v = 20 \text{ m/s.}$$

De bal wordt weggegooid met een snelheid van 20 m/s.

Opgave 6

We berekenen eerst de tijd die de bal nodig heeft om in horizontale richting een afstand van 80 meter af te leggen:

$$s = v \cdot t$$

$$80 = 40 \cdot t$$

$$t = 2 \text{ s.}$$

In dezelfde 2 s bereikt de bal dus de grond.

$$\text{Vertikaal: } s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 = 20 \text{ m.}$$

De bal wordt dus vanaf 20 meter hoogte weggegooid.