

# Leerdoelen

## Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van blok 4

1 Je moet weten wat wordt bedoeld met het begrip gemiddelde snelheid en de formule  $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$  kunnen gebruiken. [P1, T1, W1]

2 Je moet snelheden in km/u om kunnen rekenen in m/s, en omgekeerd. [P1, T1, W1]

3 Je moet weten hoe je de gemiddelde snelheid van een bewegend voorwerp kunt bepalen. [P1, T1, W1]

4 Je moet weten hoe je met een tijdtikker snelheden kunt bepalen. [P1, T1, W1]

5 Je moet weten wat een versnelde beweging is. [P2, T2, W2]

6 Je moet een afstand-tijddiagram kunnen maken van een beweging met constante snelheid en je moet daarin kunnen aflezen welke afstand bij elk tijdstip hoort. [P2, T2, W2]

7 Je moet een afstand-tijddiagram kunnen maken van een versnelde beweging en je moet daarin kunnen aflezen welke afstand bij elk tijdstip hoort. [P2, T2, W2]

8 Je moet een snelheid-tijddiagram kunnen maken van een beweging met constante snelheid. [P2, T2, W2]

9 Je moet een snelheid-tijddiagram kunnen maken van een versnelde beweging en je moet daarin kunnen aflezen welke snelheid bij elk tijdstip hoort. [P2, T2, W2]

10 Je moet weten wat er met de begrippen constante versnelling en negatieve versnelling wordt bedoeld. [P2, T2, W2]

11 Je moet weten dat de valbeweging een versnelde beweging is met een constante versnelling. [P2, T2, W2]

12 Je moet weten wat er met de begrippen cirkelbeweging, baansnelheid, omlooptijd en toerental wordt bedoeld. [P3, T3, W3]

13 Je moet van een cirkelbeweging de baansnelheid kunnen berekenen. [P3, T3, W3]

14 Je moet de formule  $n = \frac{1}{T}$  kunnen gebruiken. [P3, T3, W3]

15 Je moet de formules  $v = 3,14 \cdot \frac{d}{T}$  en  $v = \frac{3,14 \cdot d \cdot n}{60}$  kunnen gebruiken. [P3, T3, W3]

16 Je moet weten wat er bedoeld wordt met overbrenging en overbrengingsverhouding. [P3, T3, W3]

# Blok 4

# Snelheid

## Basisstof

Inleiding 76

T1 Snelheid 76

W1 80

T2 Versnelling 80

W2 83

T3 Cirkelbewegingen 84

W3 86

## Herhaalstof

H1 Nieuwe begrippen 87

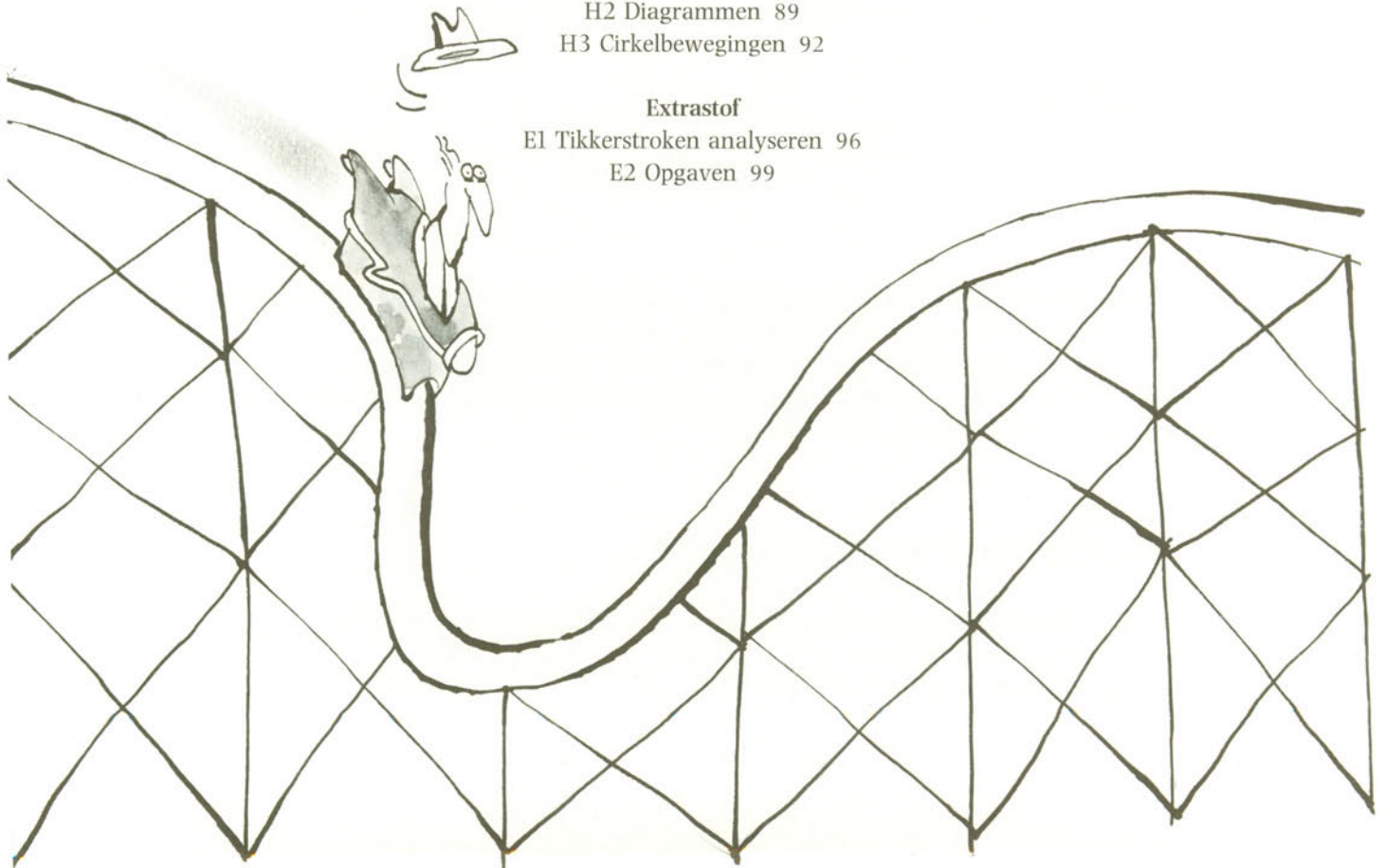
H2 Diagrammen 89

H3 Cirkelbewegingen 92

## Extrastof

E1 Tikkerstroken analyseren 96

E2 Opgaven 99

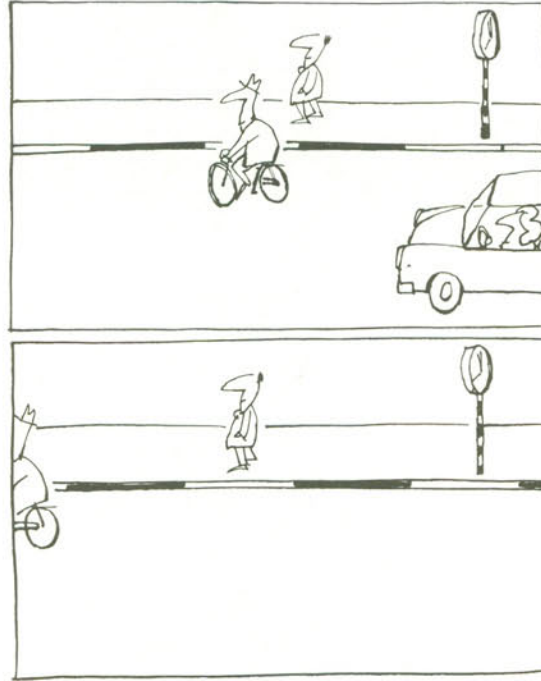


# Inleiding

Hoe hard kun jij fietsen?  
 Waarschijnlijk weet je het niet precies, want hoe moet je dat opmeten?  
 Hoe snel draait de aarde rond?  
 Hoe kun je de snelheid van een schaatser of een hardloper vaststellen?

Als je dit blok hebt gedaan kun je deze vragen beantwoorden.  
 Dit blok gaat over bewegingen zoals de bewegingen van fietsers en auto's. Maar ook over cirkelbewegingen zoals die van een platenspeler, een wasmachine en de beweging van de maan om de aarde.

fig. 1  
 Wie gaat het snelst?



## Blok 4

### T1

# Snelheid

We vergelijken snelheden van voertuigen, vliegtuigen, wandelaars enzovoorts steeds in dezelfde maat of eenheid. Een fietser rijdt met een snelheid van 15 kilometer per uur. Hij gaat drie maal zo snel als een wandelaar die 5 kilometer per uur loopt. In deze voorbeelden ge-

bruiken we voor de snelheid de eenheid de kilometer per uur, afgekort km/u.  
 In de natuurkunde gebruiken we voor de snelheid veel de eenheid *meter per seconde*, afgekort m/s.

## Berekenen van de snelheid

Hoe bepaal je de snelheid van bijvoorbeeld een fietser?  
 a Je meet de afstand die de fietser aflegt.  
 b Je meet de tijdsduur die de fietser voor deze afstand nodig heeft.

c Je deelt de afstand door de tijd.

$$\text{Dus: } \text{snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijdsduur}}$$

Je kunt dit veel korter met een formule opschrijven. We



noemen de afstand waarover de fietser fietst  $s$ , de tijdsduur  $t$  en de snelheid  $v_{\text{gem}}$ .

Je kunt de snelheid dan uitrekenen met de formule:

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

Als je naar huis fietst, is je snelheid niet steeds hetzelfde. Je remt af in de bocht, in de ene straat heb je meer tegenwind dan in de andere, enzovoort. Daarom is het beter om in zo'n geval de gemiddelde snelheid ( $v_{\text{gem}}$ ) te gebruiken.

#### Voorbeeld

De afstand van school naar huis is 1740 m. Je fietst er 5 minuten over. Dan weten we:

$$s = 1740 \text{ m}$$

$$t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 \text{ s} = 300 \text{ s}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{1740 \text{ m}}{300 \text{ s}} = 5,8 \text{ m/s.}$$

Wil je weten hoeveel kilometer per uur dit is, dan moet je dit getal vermenigvuldigen met 3,6 want

$$1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 3600 \text{ m/u} = 3,6 \text{ km/u.}$$

$$\text{Dus: } v_{\text{gem}} = 3,6 \times 5,8 \text{ km/u} = 21 \text{ km/u (afgerond).}$$

#### Onthoud:

Omrekenen van m/s naar km/u: vermenigvuldigen met 3,6.

Omrekenen van km/u naar m/s: delen door 3,6.

Bijvoorbeeld:  $5 \text{ m/s} = (5 \times 3,6) = 18 \text{ km/u}$

$$90 \text{ km/u} = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m/s.}$$

Je kunt de formule voor de gemiddelde snelheid op drie manieren schrijven:

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

of als je de afstand wilt berekenen:

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

en als je de tijd wilt uitrekenen:

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

#### Voorbeeld

Hoe lang doe je over 60 km als je met een snelheid van 15 km/u fietst? Bedenk eerst zelf het antwoord.

Nu met de laatste formule:

$$s = 60 \text{ km}$$

$$v_{\text{gem}} = 15 \text{ km/u}$$

$$\text{uitrekenen met } t = \frac{s}{v_{\text{gem}}}$$

$$t = \frac{60}{15}$$

$$t = 4 \text{ uur.}$$

Je kunt de snelheid van m/s naar km/u ook zo omrekenen:

5,8 m/s betekent: in 1 seconde 5,8 meter.

Eén uur: 3600 seconden.

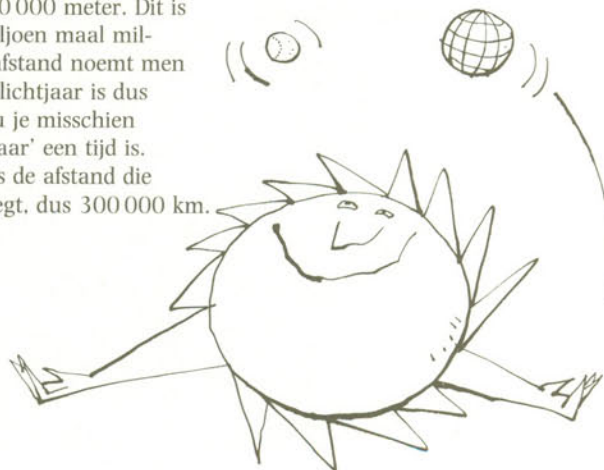
In 3600 seconden rijdt de fietser  $3600 \times 5,8 \text{ meter} = 20\,880 \text{ meter} = 21 \text{ km}$  (afgerond).

De fietser rijdt dus met een snelheid van 21 km/uur.

De grootste snelheid is die van het licht. Die is 300 000 km/s. Dat is 300 miljoen meter per seconde. Een jaar bestaat uit 365 dagen van 24 uur met  $60 \times 60$  seconden. Licht legt dus in een jaar de volgende afstand af:  $300 \text{ miljoen} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ meter} = 9\,460\,800\,000\,000\,000 \text{ meter}$ . Dit is ongeveer 9461 miljoen maal miljoen meter. Deze afstand noemt men een lichtjaar. Een lichtjaar is dus een afstand, al zou je misschien denken dat zo'n 'jaar' een tijd is. Een lichtseconde is de afstand die het licht in 1 s aflegt, dus 300 000 km.

fig. 2

In ons zonnestelsel meten we de afstanden in lichtseconde en lichtminuut. De sterren staan nog veel verder weg. Die enorme afstanden worden gemeten in lichtjaar.



## De tijdtikker

De tijdtikker is een handig apparaat om over kleine afstanden snelheden te bepalen. Hierbij wordt een strook papier door de tijdtikker getrokken en wordt er elke 0,02 seconde een stip op de strook gezet (figuur 3). De afstand tussen twee stippen noemen we een interval. Als het interval 3 cm lang is, heeft het autootje in 0,02 seconde 3 cm gereden.

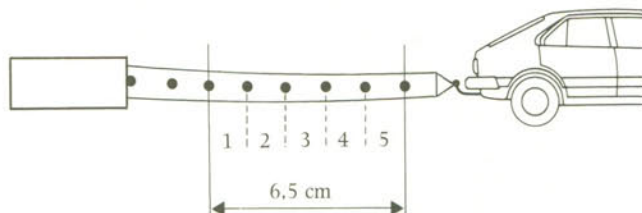
Tussen de twee strepen zie je 5 intervallen met in totaal een lengte van 6,5 cm. De gemiddelde snelheid van het karretje kunnen we nu berekenen:

$$s = 6,5 \text{ cm} = 0,065 \text{ m}$$

$$t = 5 \times 0,02 = 0,1 \text{ s}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{0,065 \text{ m}}{0,1 \text{ s}} = 0,65 \text{ m/s}$$

fig. 3  
Tikkerstrook, verkleind.



## Afstand-tijddiagram

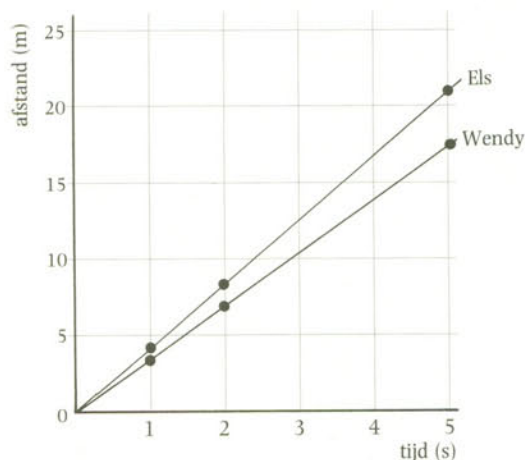
Els en Wendy gaan hardlopen. Wendy met een snelheid van 3,5 m/s, Els met 4,2 m/s. In de tabel (figuur 4) vind je de afstand op elk tijdstip.

In figuur 5 is van deze waarden een diagram gemaakt, met de afstand verticaal en de tijd horizontaal. Je ziet dat het diagram is getekend voor een periode van 20 seconden. Als Els en Wendy met constante snelheid lopen, zie je in het afstand-tijddiagram een rechte lijn. De tabel geeft afstanden gedurende de eerste 5 seconden, maar we kunnen in het diagram in één oogopslag zien wat er daarna gebeurt. Merk op dat de lijn voor Els steiler is. Dat komt omdat zij harder loopt dan Wendy.

fig. 4

Tijdstip (seconde)	afstand van Wendy (m)	afstand van Els (m)
1	3,5	4,2
2	7,0	8,4
5	17,5	21,0

fig. 5  
Afstand-tijddiagram.





## Evenredigheid

Als Els met een constante snelheid loopt, zijn de afstand en de tijd *evenredig*. Evenredig betekent:

- a Over een 2 maal zo grote afstand loopt Els 2 maal zo lang (controleer in het diagram of dit juist is).
- b De afstand gedeeld door de tijd levert steeds hetzelfde getal op (ga dit na).
- c De grafiek in het afstand-tijddiagram is een rechte lijn.

Je kunt dus op drie manieren vaststellen dat afstand en tijd evenredig zijn.

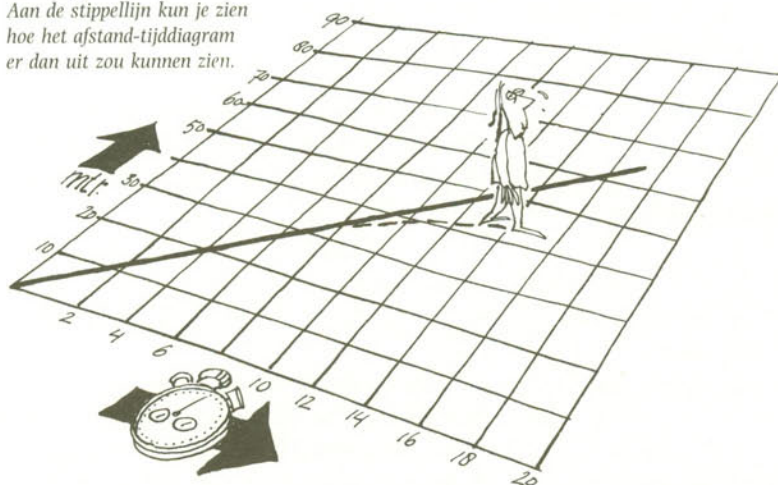
Je kunt uit de grafiek veel aflezen, bijv:

- a na 10 seconden is Els 7 meter verder dan Wendy;
- b Els legt 30 meter af in ongeveer 7 seconden. Ga na dat Wendy daar ongeveer 1,5 seconde langer over doet.

fig. 6

Als Els moe wordt, zijn afstand en tijd niet meer evenredig.

Aan de stippelijntje kun je zien hoe het afstand-tijddiagram er dan uit zou kunnen zien.



Als twee grootheden A en B evenredig zijn, betekent dat in het algemeen dat als A tweemaal zo groot wordt, ook B tweemaal zo groot wordt; wordt A driemaal zo groot, dan zal ook B driemaal zo groot worden enzovoort.

Voorbeeld: als je per week 5 gulden zakgeld krijgt, krijg je in 2 weken 10 gulden en in 3 weken 15 gulden. Het aantal weken en het bedrag zijn hier dus evenredig.

### Recordsnelheden

Het snelste dier op de grond is de cheetah die gedurende korte tijd een snelheid van 100 kilometer per uur kan bereiken. Dat is heel wat sneller dan de maximumsnelheid waarmee een mens kan lopen. Carl Lewis liep de laatste 100 meter van een  $4 \times 100$  m estafette (dus met vliegende start) in 1983 met een snelheid van 40,45 km/u.

Vogels kunnen grotere snelheden halen. Een slechtvalk kan in duikvlucht 350 kilometer per uur bereiken. Vissen hebben door de grote weerstand van het water veel lagere topsnelheden. De tonijn, de snelste vis, 70 kilometer per uur, de langzaamste vis, het zeepaardje, zwemt slechts 16 meter per uur. Dat is nog minder dan de snelste slak. De segrijnslak kan 50 meter per uur lopen, kruipen of glibberen. De langzaamste slakken verplaatsen

zich 58 centimeter per uur. Op een werkdag van 8 uur zou zo'n slak dus ongeveer 4,5 meter ver komen. In 1979 haalde de allersnelste auto, aangedreven door een raketmotor, een snelheid van 1190,377 kilometer per uur. De grootste snelheden komen voor in de ruimtevaart. De drie astronauten in de Apollo 10 bereikten bij de terugkeer in de atmosfeer een snelheid van 39 897 kilometer per uur.

Dit is een uittreksel uit een artikel uit de Volkskrant van 29-9-87. Johnsons wereldrecord op de 100 meter sprint van 9,83 seconde was en bleef het hoogtepunt van het atletiekseizoen. 'Turbo' Johnson was bij de Olympische Spelen van 1984 nog derde. Hij liep toen 10,22 seconde met 47,6 passen, een frequentie (= aantal passen per seconde) van 4,66 en een gemiddelde

paslengte van 2,10 meter. In Rome waren die cijfers respectievelijk 46,1 passen, 4,69 passen per seconde en 2,17 meter paslengte. In drie jaar verlengde hij zijn pas dus met gemiddeld zeven centimeter terwijl de frequentie bijna gelijk bleef. Die zeven centimeter zijn volgens de Italiaanse 'sprintprofessor' Vittori het geheim van Johnsons succes.

De antwoorden op de volgende vragen staan hieronder op hun kop. Probeer de vragen eerst zelf te maken.

- a Hoe lang deed Johnson in Rome over één pas?
- b Hoe hard liep Johnson in Rome, uitgedrukt in meter per seconde en in kilometer per uur?

$$(a) 0,21 \text{ s}; (b) 10,2 \text{ m/s} = 37 \text{ km/u}$$

**W1**

- 1a** Hoe luidt de formule voor de gemiddelde snelheid?  
**b** Welke grootheden worden door de symbolen in deze formule voorgesteld en wat zijn de bijbehorende eenheden?  
**c** Schrijf de formule ook op twee andere manieren.

2 Schrijf op in je schrift:

- a**  $1 \text{ km/u} = \dots \text{ m/s}$   
**b**  $1 \text{ m/s} = \dots \text{ km/u}$

3 Hoe kun je de gemiddelde snelheid van een auto bepalen die bij jou door de straat rijdt?

- 4a** Teken het afstand-tijddiagram van een fietser die 2 uur fietst met een snelheid van  $16 \text{ km/u}$ .  
**b** Teken in hetzelfde diagram de grafiek van een fietser die 2 uur fietst met een snelheid van  $20 \text{ km/u}$ .

5a Hoe werkt een tijdtikker?

**b** Wat wordt bedoeld met een interval?

6 Bereken steeds de gemiddelde snelheid in  $\text{km/u}$ :

- a** Je fietst  $42 \text{ km}$  in  $2,5 \text{ uur}$ .  
**b** Je loopt  $3,4 \text{ km}$  in drie kwartier.  
**c** In  $4 \text{ minuten}$  rijdt een trein van 's-Hertogenbosch naar Vught, een afstand van  $3,7 \text{ kilometer}$ .  
**d** De aarde draait in  $24 \text{ uur}$  rond. De omtrek van de aarde is  $40\,000 \text{ km}$ .

7 Bereken alle snelheden van vraag 6 in  $\text{m/s}$ .

8 Teken in één afstand-tijddiagram de grafieken van een fietser, een slak, een wandelaar, een auto en een vliegtuig. Je hoeft geen getallen langs de assen te zetten, het gaat er alleen om dat je ongeveer de verhoudingen van de verschillende snelheden zichtbaar kunt maken. Denk aan het verschil in snelheid.

9a Bereken hoe lang een hardloper over de marathon doet ( $42\,195 \text{ m}$ ) als hij een gemiddelde snelheid van  $5,7 \text{ m/s}$  heeft.

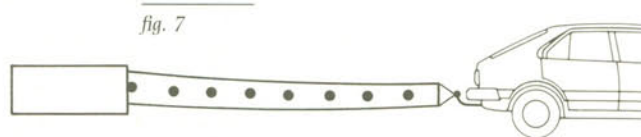
**b** Reken deze tijd om in uren, minuten en seconden.

**c** Teken het afstand-tijddiagram van deze marathon.

**d** Lees in het diagram af hoe lang de marathonloper over de eerste  $5 \text{ km}$  doet en hoe lang over de laatste  $5 \text{ km}$ .

**e** Lees in het diagram af hoeveel  $\text{km}$  hij in een uur loopt.

10 Hieronder staat een tijdtikker-strook afgebeeld die gemaakt is door een rijdend speelgoedautootje (figuur 7). De tijdtikker zet  $50$  stippen per seconde.



**a** Hoelang duurt één interval?

**b** Welke afstand legt het autootje in  $0,02 \text{ s}$  af?

**c** Hoe lang doet het autootje over  $3,4 \text{ meter}$ ?

**d** Bereken de snelheid van het autootje.

**e** Teken het afstand-tijddiagram van het autootje over een periode van  $3 \text{ seconden}$ .

**Blok 4****T2****Versnelling****Versnellen**

Sandra stapt op haar fiets en rijdt weg. Een trein zet zich in beweging. Er valt een gummetje van de bank. Dit zijn allemaal voorbeelden van bewegingen die iets gemeen hebben. Bij al deze bewegingen is de beginsnelheid nul en al deze bewegingen zijn versneld. Bij ver-

snelde bewegingen wordt de snelheid steeds groter. Zodra het versnellen ophoudt, blijft de snelheid gelijk. Als je op je fiets remt of gewoon stopt met trappen gebeurt het omgekeerde. Je snelheid wordt kleiner, je vertraagt.



Het woord versnelling heeft twee betekenissen. In het dagelijks leven bedoelen we met versnelling een mechaniek op je fiets of in een auto. Met de versnelling op je fiets verander je het aantal meters dat je aflegt, als je de trappers éénmaal ronddraait. Eigenlijk verander je op

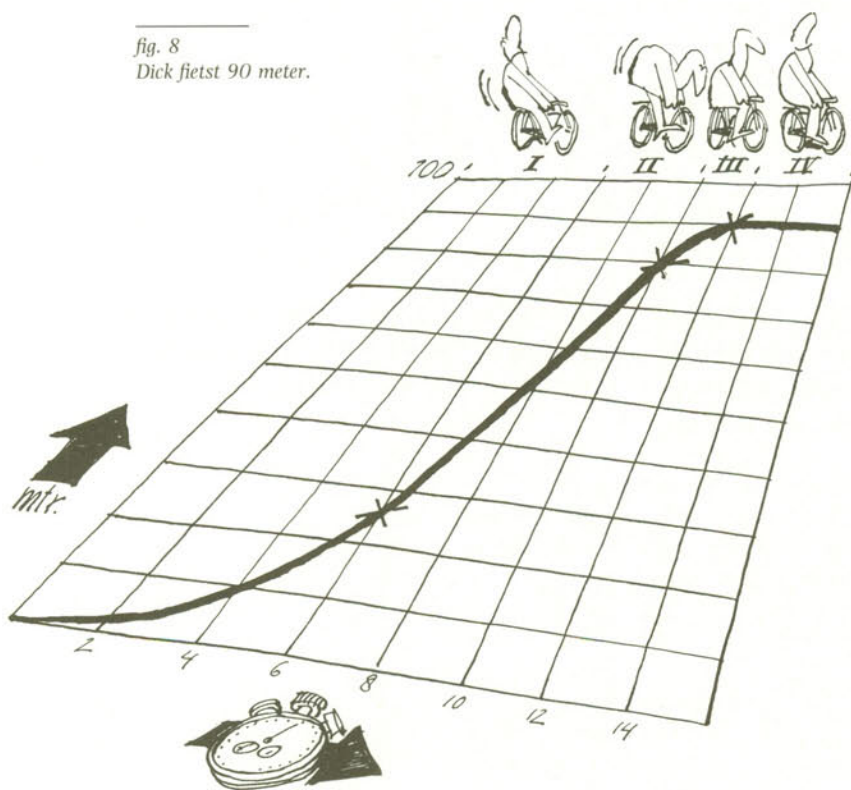
je fiets alleen de overbrengingsverhouding tussen je trapas en het achterwiel. Bij auto's verander je met de versnelling de overbrengingsverhouding tussen de aandrijf-as en de aangedreven wielen. In de natuurkunde bedoelen we met

versnelling iets anders. In de natuurkunde is de versnelling de mate waarin de snelheid toeneemt. Stel je voor dat je met je fiets van een helling afrijdt. Je rijdt steeds sneller. Hoe steiler de helling, des te groter de versnelling.

## Diagrammen

Aan het afstand-tijd diagram van een beweging kun je zien of de beweging versneld, met constante snelheid of vertraagd is.

In figuur 8 zie je een voorbeeld. Dit afstand-tijd diagram toont de beweging van Dick die vanuit stilstand zo snel mogelijk 90 m fietst, maar ervoor zorgt dat hij na 90 meter stilstaat.

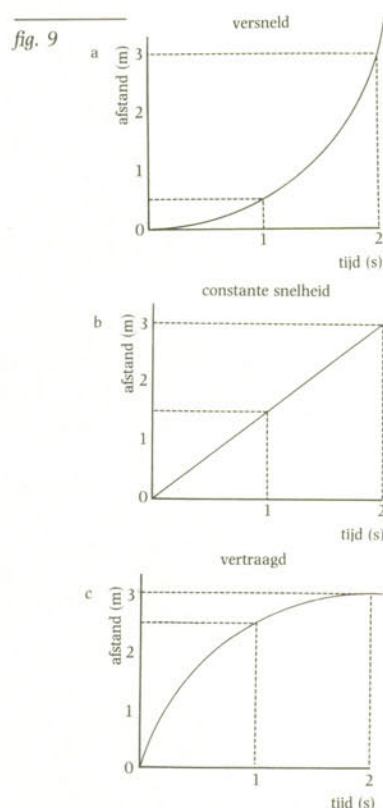


I Dick begint te fietsen, hij trekt op: *versnelde beweging*.

II Dick fietst met *constante snelheid*.

III Dick remt af, zijn snelheid wordt kleiner maar zijn afstand neemt nog wel steeds toe: *vertraagde beweging*.

IV Dick staat stil. De afstand tot de startstreep blijft 90 m.



Een ander voorbeeld vind je in figuur 9.

a Versneld (bijv. een fietser die wegrijdt als het verkeerslicht groen wordt):

De afstand-tijdgrafiek buigt omhoog. In de tweede seconde komt de fietser meer vooruit dan in de eerste seconde.

b Constante snelheid (bijv. een wandelaar):

De grafiek is een rechte lijn (dat is iets anders dan een

horizontale lijn want dan zou de wandelaar stilstaan!). Iedere seconde komt de wandelaar evenveel vooruit. Dit is behandeld in T1.

c Vertraagd (bijv. een auto die afremt en stopt voor een rood verkeerslicht):

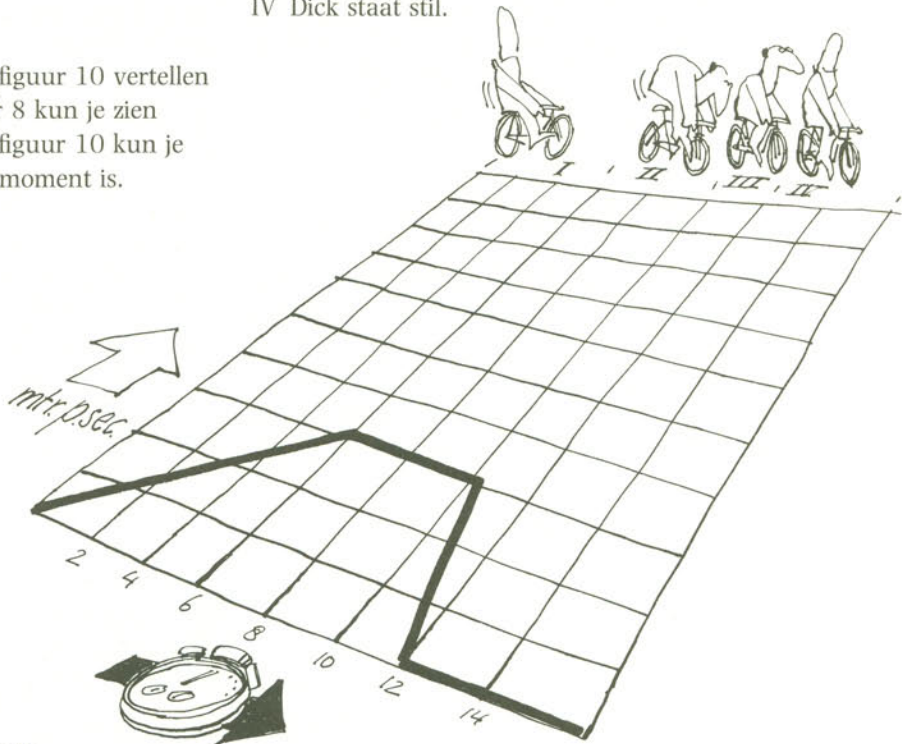
De grafiek buigt tot een horizontale lijn. Iedere volgende seconde legt de auto minder meters af.



Figuur 10 is een snelheid-tijddiagram. In een snelheid-tijddiagram kun je aflezen hoe groot de snelheid van een bewegend voorwerp op ieder moment is. Je kunt in dit diagram aflezen wat de snelheid van Dick op ieder moment is.

De twee diagrammen in figuur 8 en figuur 10 vertellen dus hetzelfde verhaal. Maar in figuur 8 kun je zien waar Dick op ieder moment is en in figuur 10 kun je zien hoe groot zijn snelheid op ieder moment is.

fig. 10  
Snelheid-tijddiagram van Dick. Vergelijk dit diagram met dat van figuur 8.



- I Dick versnelt, zijn snelheid wordt steeds groter.
- II Dick heeft zijn maximumsnelheid bereikt en rijdt nu met constante snelheid.
- III Dick remt af, zijn snelheid wordt kleiner.
- IV Dick staat stil.

## De valbeweging

Een bal die van het balkon op de tweede verdieping op de straat valt, stuitert hoog op. Deze bal heeft een hogere snelheid dan een bal die je van de eerste verdieping laat vallen. Als een voorwerp valt, neemt zijn snelheid

voortdurend toe (in de praktijk klopt dat niet helemaal, zie leestekst). Het snelheid-tijddiagram van een vallend voorwerp is afgebeeld in figuur 11.

De beweging van voorwerpen wordt afgeremd door de wrijving met de lucht. Denk maar hoe zwaar het is om tegen de wind in te fietsen. Dit geldt ook voor vallende voorwerpen. Een prop papier, een pluisje en een parachute bijvoorbeeld, ondervinden zoveel wrijving dat zij met constante snelheid vallen. Ook een regen-druppel valt met constante snelheid. Bij een steen merk je alleen wat van de wrijving bij hoge snelheden.

fig. 11  
Snelheid-tijddiagram van een valbeweging.

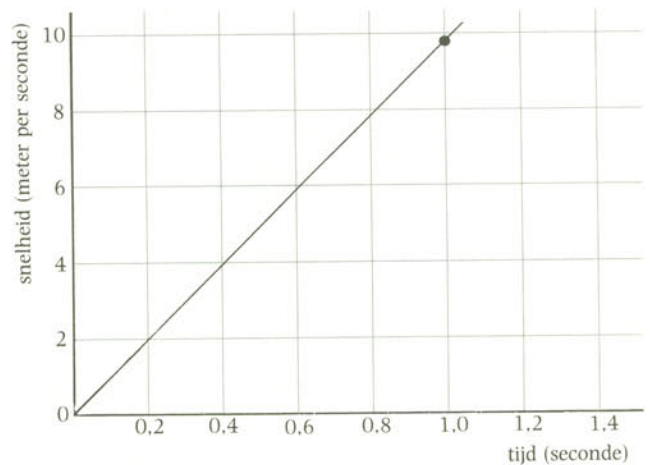


fig. 12



In iedere auto zitten een of twee afstandmeters (kilometerteller en dagteller) en een snelheidsmeter. De zogenaamde dagteller kan op nul gezet worden. Met deze kun je bijvoorbeeld de lengte van een rit meten. Bekijk deze meters eens onder het rijden, als je met je vader of moeder meerijdt. Je kunt dan zien dat de kleinste afstand die de afstandmeter kan meten, 100 meter is. Als je de standen van de afstandmeter iedere minuut op zou schrijven, zou je een afstand-tijddiagram van de rit kunnen maken. Aan de snelheidsmeter is heel duidelijk te zien, wanneer de beweging van de auto versneld is (snelheid neemt

toe). Je kunt zien wanneer de snelheid constant is en wanneer de beweging vertraagd is. Dat laatste gebeurt al wanneer de bestuurder geen gas meer geeft.

Als de snelheidsmeter kapot is, kun je altijd nog de snelheid bepalen met de hectometerpaaltjes langs de weg. De hectometerpaaltjes zijn de groene paaltjes die op 100 meter van elkaar in de berm staan.

Meet de tijd die de auto doet over een afstand van bijvoorbeeld 500 meter. Dan kun je de snelheid uitrekenen.

## Blok 4

### W2

- 1a Geef drie voorbeelden van versnelde bewegingen.  
b Geef twee voorbeelden van vertraagde bewegingen.

2 Teken afstand-tijddiagrammen zonder getallen bij de assen van:

- a een versnelde beweging;  
b een beweging met constante snelheid;  
c stilstand;  
d een vertraagde beweging.

3 Hoe kun je aan een grafiek zien dat de versnelling van een hardloper groter is dan die van een fietser?

4 Teken zelf een stuk tikkerstrook met daarop stippen van een beweging. De beweging is eerst versneld, heeft dan een constante snelheid en is tenslotte vertraagd.

5 Een auto rijdt weg. We meten om de 10 meter de tijd. De gegevens staan in de tabel in figuur 13.

a Maak van deze gegevens een diagram.

- b Welke meting is volgens jou niet juist uitgevoerd?  
c Wat voor soort beweging is dit?  
d Hoe kun je aan de grafiek zien dat dit zo'n soort beweging is?

6 Geef van de volgende bewegingen aan of deze versneld, vertraagd of met constante snelheid uitgevoerd worden:

- a een parachutist valt met geopende parachute;  
b een vallende steen;  
c een vliegtuig tijdens het grootste deel van de vlucht;  
d een vliegtuig tijdens het landen;  
e een propje papier tijdens het wegschieten;  
f een propje papier kort na het wegschieten.

7 Een auto en een motor staan bij een verkeerslicht. Als het licht op groen springt, trekt de motor het snelst op maar 200 meter verder haalt de auto de motor in.

- a Wie heeft in het begin de grootste versnelling?  
b Wie heeft na 200 meter de grootste snelheid?

fig. 13

afstand (m)	tijd (s)
10	3,2
20	4,5
30	5,5
40	6,3
50	6,5

afstand (m)	tijd (s)
60	7,7
70	8,4
80	8,9
90	9,5
100	10,0



We bekijken de eigenschappen van cirkelbewegingen. Enkele voorbeelden van cirkelbewegingen of van apparaten waarbij de cirkelbeweging een belangrijke rol speelt zijn:

- een wasmachine;
- een gewichtje dat aan een touwtje ronddraait;
- de baan van de maan om de aarde;
- een platenspeler.

De tijdsduur die nodig is om éénmaal de cirkelbaan te doorlopen heet de *omloopstijd*. De snelheid waarmee dit gebeurt, heet de *omtreksnelheid* of *baansnelheid*. In T1 heb je geleerd dat je de snelheid kunt uitrekenen met:

$$\text{snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijdsduur}}$$

Bij de cirkelbeweging doe je dat op dezelfde manier. Gedurende de omloopstijd wordt precies eenmaal de omtrek doorlopen.

$$\text{Dus: omtreksnelheid} = \frac{\text{omtrek van de cirkel}}{\text{omloopstijd}}$$

We kunnen dit korter schrijven, in de vorm van een formule met symbolen:

omtreksnelheid:  $v$ ;

omtrek van de cirkel:  $P$ ;

omloopstijd:  $T$ .

Dan wordt de formule voor de omtreksnelheid:

$$v = \frac{P}{T}$$

#### Voorbeeld

Een fietswiel draait in 1,6 seconde rond. De omtrek van het wiel is 2,1 meter. Dus:  $T = 1,6$  s en  $P = 2,1$  m.

We berekenen de baansnelheid:

$$v = \frac{P}{T} = \frac{2,1 \text{ m}}{1,6 \text{ s}} = 1,3 \text{ m/s.}$$

Op een draaimolen is de omloopstijd voor iedereen hetzelfde (figuur 14). Verder van het middelpunt beweeg je langs een cirkel met een grote omtrek. Kijk nog

eens naar de formule:  $v = \frac{P}{T}$ . Als de omtrek  $P$  groot is, is de snelheid  $v$  ook groot.

fig. 14  
Op de rand van de draaimolen ga je het snelst.



## Omloopstijd en toerental

Met het toerental wordt bedoeld het aantal toeren of omwentelingen per minuut. Het toerental wordt aangeduid met de letter  $n$ . Voor een 45-toeren grammofoonplaat geldt:

$$n = 45 \text{ toeren per minuut}$$

Dit betekent dat het plaatje 45 maal per minuut ronddraait.

Stel dat een fietswiel in 2 seconden éénmaal ronddraait. Hoe vaak draait het wiel dan rond in 1 minuut, dus in 60 seconden? Dertig maal natuurlijk. Hoe heb je dat uitgerekend? Je deelt 60 (het aantal seconden in een minuut) door de omloopstijd.



We hebben weer een formule bedacht:

$$\text{toerental} = \frac{60}{\text{omloopstijd}}$$

of met symbolen:

$$n = \frac{60}{T}$$

We spreken in het dagelijks leven over een snel ronddraaiende tol en de langzaam ronddraaiende wiken van de molen. Met 'snel' bedoelen we eigenlijk een hoog toerental. Kijk maar. We gaan uit van een tol met een omtrek van 12 cm en een toerental van 400 per minuut. De molen heeft een omloopstijd van 3 s en een buitenomtrek van de wiken van 75 meter.

De tol:

$$P = 12 \text{ cm}$$

$$n = 400 \text{ toeren per minuut}$$

$$T = \frac{60}{n}$$

$$T = \frac{60}{400} = 0,15 \text{ s}$$

$$v = \frac{P}{T}$$

$$v = \frac{0,12 \text{ m}}{0,15 \text{ s}} = 0,8 \text{ m/s.}$$

De molen:

$$P = 75 \text{ m}$$

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

$$v = \frac{P}{T}$$

$$v = \frac{75 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

De omtreksnelheid van de punt van de molenwiek is dus ongeveer 30 maal zo groot als die van de tol.

Het omgekeerde kan ook: uit het toerental de omloopstijd berekenen. Een single of 45-toerenplaat maakt 45 toeren in 1 minuut = 45 toeren in 60 seconden,

$$\text{dus 1 toer in } \frac{60 \text{ s}}{45} \text{ of } T = \frac{60 \text{ s}}{45} = 1,3 \text{ s.}$$

Eigenlijk hebben we de formule omgewerkt en gebruikt

$$\text{als } T = \frac{60}{n}$$

## Overbrengingsverhouding

De ketting van je fiets brengt via twee tandwielen de ronddraaiende beweging van de trappers over op het achterwiel. Als het tandwiel op de trapas 54 tanden heeft en het tandwiel op de achteras 18 tanden, dan is

$$\text{de overbrengingsverhouding: } \frac{54}{18} = 3.$$

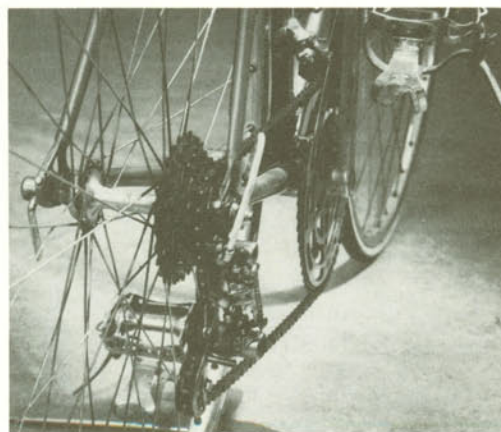
Als je de trappers éénmaal ronddraait, gaat het achterwiel driemaal rond. Het toerental van het achterste tandwiel is dus driemaal zo groot als dat van het voorste. Maar alle schakels van de ketting gaan even snel over beide tandwielen. Dus de omtreksnelheid van de twee tandwielen is even groot.

Zet je je fiets in de 'grootste versnelling', dan gebruik je een grote overbrengingsverhouding. Als je de trappers dan éénmaal ronddraait, ga je veel vooruit.

In figuur 15 ligt de ketting over het grote tandwiel bij de trapas en over het kleine tandwiel bij de achteras. Deze combinatie geeft de grootste overbrengingsverhouding. Als de trappers éénmaal rondgaan, ga je veel vooruit. Maar het is wel zwaar trappen. Hoe groter het tandwiel bij de trappers, des te zwaarder is het trappen maar des te sneller rijd je.

Hier is een methode om zonder snelheidsmeter toch steeds te weten hoe hard je fietst. Meet precies de afstand die je fietst als je de trappers éénmaal ronddraait. Stel dat dit 4,2 m is. Terwijl je fietst tel je hoe vaak je de trappers in 10 seconden ronddraait. Dat is bijvoorbeeld 16 maal. Je fietst nu  $16 \times 4,2 \text{ m}$  in 10 seconden. Dat komt overeen met een snelheid van 24 km/u. Reken maar na. Je zou zelfs een tabelletje kunnen maken met in één kolom het aantal omwentelingen in 10 seconden en in de tweede kolom de snelheid. Heb je een fiets met drie versnellingen, dan zou je voor iedere versnelling een kolom snelheden moeten maken.

fig. 15  
Derailleur van een  
racefiets.



**W3**

1 Wat betekenen de woorden:

- a omloopstijd;
- b toerental;
- c omtreksnelheid;
- d overbrengingsverhouding?

2 Hoe kun je de omtreksnelheid berekenen?

3 Een langspeelplaat draait met 33 toeren per minuut.

- a Bereken de omloopstijd in minuten.
- b Bereken de omloopstijd in seconden.

4 Een draaimolen draait in 4 seconden éénmaal rond.

Bereken het toerental van de draaimolen.

5a In hoeveel minuten draaien de secondenwijzer, de minutenwijzer en de urenwijzer van een klok rond?

b Bereken nu het toerental van de drie wijzers van de klok.

6 De punt van de grote wijzer van een torenklok draait in een grote cirkel rond. De omtrek van deze cirkel is 18 meter.

- a Bereken de omtreksnelheid van de punt van de wijzer.
- b Is de omtreksnelheid van de kleine wijzer groter of kleiner? Leg je antwoord uit.

7 Je fietst tegen een helling op. Wat heb je het liefst: een grote of een kleine overbrengingsverhouding? Leg je antwoord uit.

8 Met de versnellingsbak van een auto zorg je voor de goede overbrengingsverhouding tussen de motor en de wielen. De motor maakt 7000 toeren per minuut. De wielen gaan per seconde 9 maal rond.

Bereken de overbrengingsverhouding.

9 Je ziet in figuur 16 drie tandwielen A, B en C.

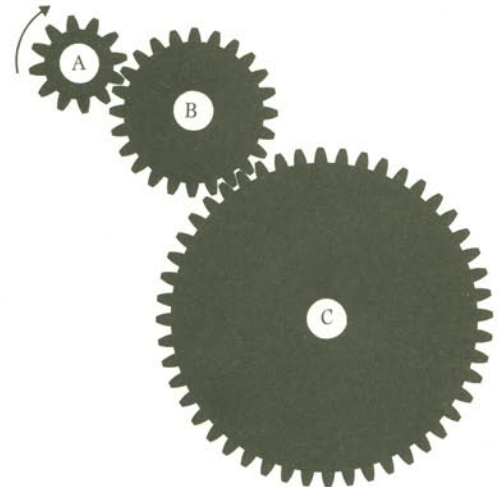
a Welke kant draait tandwiel C op, met de wijzers van de klok mee of er tegenin?

b Hoeveel tanden zitten er op elk tandwiel?

c Wat is de overbrengingsverhouding tussen A en B?

d Wat is de overbrengingsverhouding tussen A en C?

fig. 16





Je hebt in dit blok een aantal begrippen anders zien gebruiken dan je misschien gewend bent. In deze herhaalstof staan eerst enkele opdrachten. Daarna worden al die begrippen nog eens besproken. Maak de opdrachten. Gebruik zo nodig de verklaring van de begrippen.

1 Hier zijn een aantal begrippen uit de natuurkunde:

omtreksnelheid	vertraging
versnellen	afstand
tijdtikker	snelheid
toerental	overbrengingsverhouding

Schrijf de volgende zinnen zó, dat je deze begrippen daarin gebruikt:

- a Een Porsche trekt heel snel op.
- b Als je op de rem van je fiets gaat staan, sta je heel vlug stil.
- c Als je heel vlug fietst en dat een hele week lang, kun je heel ver komen.
- d Een centrifuge draait heel snel rond, een molenwiek draait heel langzaam rond.
- e Als je je fiets in de grootste versnelling zet, draait je wiel vaak rond als je één keer rondtrapt.
- f De aarde draait heel snel rond de zon.
- g Het duurt heel lang voor een slak de weg heeft overgestoken.
- h Met dat apparaatje dat stippen zet, kun je zien hoe hard een speelgoedautootje gaat.

2 Hieronder staat een tekst waarin een aantal woorden ontbreken. Schrijf deze ontbrekende woorden op en voer dan de opdracht aan het eind uit. Je moet kiezen uit de volgende begrippen:

meter per seconde	snelheid
interval	beginsnelheid
gemiddelde snelheid	versnellen
afstand-tijddiagram	vertragen
kilometer per uur	

'In de sport speelt ... een belangrijke rol. Een goede marathonloper heeft bijna net zo'n grote ... als jij op de 100 meter. Als jij de 100 meter in ongeveer 16 seconden loopt, dan is jouw gemiddelde snelheid ongeveer 6 ... . Dat is ongeveer 22 ... . Je loopt niet over het hele stuk met dezelfde snelheid. We verdelen de 100 meter in tien ... van 10 meter. Het eerste ... van 10 meter loop je het langzaamst. Dat komt omdat je ... nul is. Je moet direct na de start heel sterk ... Na 20 of 30 meter bereik je jouw maximum ... Heb je niet genoeg uithoudingsvermogen, dan zul je geleidelijk gaan ...  
Probeer nu een ...-... te tekenen over jouw snelste 100 meter. Gebruik daarbij voor zover mogelijk de gegevens die hierboven staan.'

## Begrippen

### *Snelheid*

Als de snelheid van een fietser groot is, zal hij in een uur een grote afstand afleggen. De snelheid meten we in kilometer per uur (km/u) of meter per seconde (m/s). In formules schrijven we snelheid als  $v$ .

### *Gemiddelde snelheid*

Als je van huis naar school fietst in 5 minuten, verandert je snelheid steeds. Zou je steeds precies met constante snelheid fietsen en in 5 minuten op school zijn, dan is die snelheid de gemiddelde snelheid.

Symbool:  $v_{\text{gem}}$

### *Meter per seconde*

Je loopt naar de keuken, laten we zeggen een afstand

van 10 meter. Je doet er 5 seconden over. Per seconde loop je dan 2 meter. Je gemiddelde snelheid is 2 meter per seconde of 2 m/s.

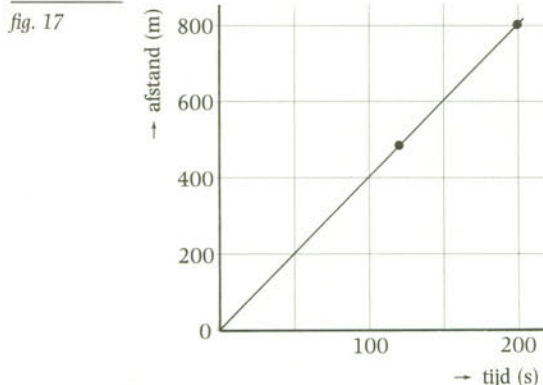
### *Kilometer per uur*

Je maakt in de vakantie een fietstocht van 60 kilometer. Je doet 4 uur over die tocht. In één uur fiets je dan 15 kilometer. Je gemiddelde snelheid is 15 kilometer per uur of 15 km/uur.



### Afstand-tijddiagram

Uit een afstand-tijddiagram (figuur 17) kun je aflezen hoe ver iemand gelopen of gereden heeft na zekere tijd. In dit diagram is de afstand van huis naar school van een leerling uitgezet. Je kunt zien dat de leerling na twee minuten (120 seconden) 480 meter van huis is.



### Beginsnelheid

Op het moment dat het verkeerslicht groen wordt en de auto start, staat de auto nog stil. De beginsnelheid van de auto is 0 meter per seconde.

Een schaatser rijdt 10 kilometer op een ijsbaan. Hij moet 25 rondjes rijden. Je wilt de tijdsduur opnemen die hij over de laatste ronde doet. Op het moment dat hij voorbij suist, druk jij de stopwatch in. Bij het begin van de laatste ronde is zijn snelheid niet nul.

De beginsnelheid hoort bij het moment waarop jij je voor de beweging begint te interesseren. Bij de beginsnelheid hoort dus het tijdstip nul seconde. De beginsnelheid kan dus elk getal zijn.

### Tijdtikker

Speel eens voor tijdtikker. Je tikt in een vast tempo met een potlood op papier. Tegelijkertijd trek je met je andere hand het papier onder het potlood door. Je zet nu stippen op dezelfde manier als de tijdtikker. Trek je het papier vlug onder het potlood door, dan staan de stippen ver uit elkaar.

Hoe groter de snelheid, des te groter de afstand tussen de stippen. Je zet bijvoorbeeld iedere seconde één stip. De stippen staan 2 cm uit elkaar. Dan is de snelheid 2 cm/s (= 0,02 m/s).

### Interval

Lees de uitleg van de tijdtikker in T1. De afstand tussen twee stippen heet een interval.

### Versnellen

Bij versnellen neemt de snelheid toe. Je ziet het heel duidelijk bij een verkeerslicht dat op groen springt.

Meestal zijn motoren en brommers het snelste weg. Zij hebben de grootste versnelling. Maar een vrachtauto die langzaam optrekt, passeert later de brommer. De vrachtauto heeft een kleinere versnelling dan de brommer, maar na een tijdje een grotere snelheid.

### Vertragen

Bij vertragen neemt de snelheid af. Je ziet dat heel duidelijk bij een verkeerslicht dat op rood springt. Iedereen remt en vertraagt dus. De auto die met gierende remmen stopt, heeft een heel grote vertraging.

### Constante snelheid

In een auto die met constante snelheid rijdt, geeft de snelheidsmeter steeds hetzelfde getal aan, bijvoorbeeld 110 km/uur. Rijdt de auto één uur zo door, dan is hij 110 kilometer verder.

### Valbeweging

Een bijzondere beweging is de beweging van vallende voorwerpen. Voorwerpen die vallen en niet geremd worden door de wrijving met de lucht, winnen voortdurend aan snelheid. Ze bewegen versneld.

### Omloopstijd

Een langspeelplaat draait zo vlug rond dat je de tekst op het etiket net niet kunt lezen. De omloopstijd, de tijd waarin het etiket één keer ronddraait, is ongeveer 2 seconden.

### Omtreksnelheid

Als je je vinger op de rand van een ronddraaiende langspeelplaat zet (niet doen: slecht voor de platen-speler) krijgt je vinger een flinke snelheid: bijna 2 km/uur. Je kunt dat uitrekenen door de omtrek te delen door de omloopstijd. Zet je je vinger dicht bij het etiket, dan beweegt deze langzamer. De omtrek van de cirkel die je vinger maakt, is nu kleiner.

### Toerental

Als je van een helling fietst bewegen je voeten vlugger dan normaal. Het toerental van je voeten is dan groter dan normaal. Het toerental is dan het aantal keren per minuut dat je voeten ronddraaien.

### Overbrengingsverhouding

Je zet je fiets in de grootste versnelling. Bij iedere trap ga je een heel eind vooruit. Bij iedere omwenteling van je voeten gaat het achterwiel 3 maal rond. De overbrengingsverhouding tussen je voeten en het achterwiel is 3.

In blok 3 heb je geleerd hoe je een diagram moet maken.

Kort samengevat:

- Verzamel je metingen in een tabel.
- Maak een horizontale as en een verticale as.
- Zet langs de assen wat je in het diagram uitzet (de grootte) en in welke eenheid je gemeten hebt.
- Zet bij de assen een schaalverdeling.
- Zet de meetpunten als punt in het diagram.
- Trek een vloeiende lijn door de meetpunten. Een rechte lijn mag je alleen trekken als alle meetpunten (zo goed als) op één rechte lijn liggen.

In de volgende opgaven ga je weer een diagram tekenen. Je probeert bovendien ook zo veel mogelijk uit het diagram te weten te komen.

Rob zit bij zijn moeder in de auto. Ze moeten een heel eind rijden. Rob verveelt zich een beetje en zijn moeder stelt voor dat Rob eens bijhoudt hoe ze aan het rijden zijn.

'Hoe moet ik dat doen?' vraagt Rob. 'Kijk,' legt zijn moeder uit, 'je kunt op de kilometerteller zien hoe hard we rijden.' 'Ja, 72 km/u,' zegt Rob.

'Juist ja. En zie je die kleine teller? Dat is de dagteller. Die kan ik op 000,0 zetten. De dagteller telt het aantal kilometers dat je rijdt.' Rob pakt een stuk papier en ze spreken af dat als Rob een teken geeft, zijn moeder de dagteller op 000,0 zet. Rob schrijft dan iedere 30 s de afstand én de snelheid op.

In de tabel in figuur 18 zie je de waarnemingen van Rob.

fig. 18

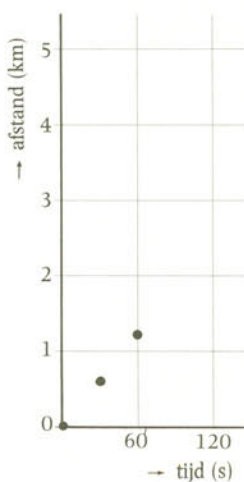
tijd (s)	afstand (km)	snelheid (km/u)
0	0	72
30	0,6	72
60	1,2	72
90	1,8	72
120	2,4	72
150	2,9	72
180	3,6	72
210	4,3	90

tijd (s)	afstand (km)	snelheid (km/u)
240	5,0	108
270	5,9	108
300	6,7	72
330	7,1	36
360	7,2	0
390	7,2	0
420	7,2	0
450	7,2	0

fig. 19

Afstand-tijddiagram, behorend bij de tabel in figuur 18.

De eerste drie punten van de grafiek zijn al voor je ingetekend.



1 Over de beweging.

a Hoe is het mogelijk dat je op  $t = 0$  s toch al een snelheid hebt?

b Hoe kun je aan de afstand zien dat de eerste 3 min de snelheid steeds even groot was?

2 Een afstand-tijddiagram.

a Maak een diagram waarin je de afstand uitzet tegen de tijd (zie figuur 19).

b Hoe kun je aan de grafiek zien dat de snelheid de eerste 3 min constant is?

c Wat gebeurt er na 3 min?

d Vanaf 6 min staat de auto stil. Hoe zie je dat in de grafiek? Leg uit waarom de grafiek er dan zo uit ziet.

3 Een snelheid-tijddiagram.

a Maak een diagram waarin je de snelheid uitzet tegen de tijd (zie figuur 20).

b Hoe kun je aan de grafiek zien dat de snelheid de eerste 3 min constant is?



fig. 20

Snelheid-tijddiagram, behorend bij de tabel in figuur 18 en het diagram in figuur 19. De eerste drie punten van de grafiek zijn al voor je ingetekend.



- c Wat gebeurt er na 3 min?
- d Vanaf 6 min staat de auto stil. Hoe zie je dat aan de grafiek?
- e Leg uit waarom de grafiek er dan zo uit ziet.

4 Het diagram gebruiken.

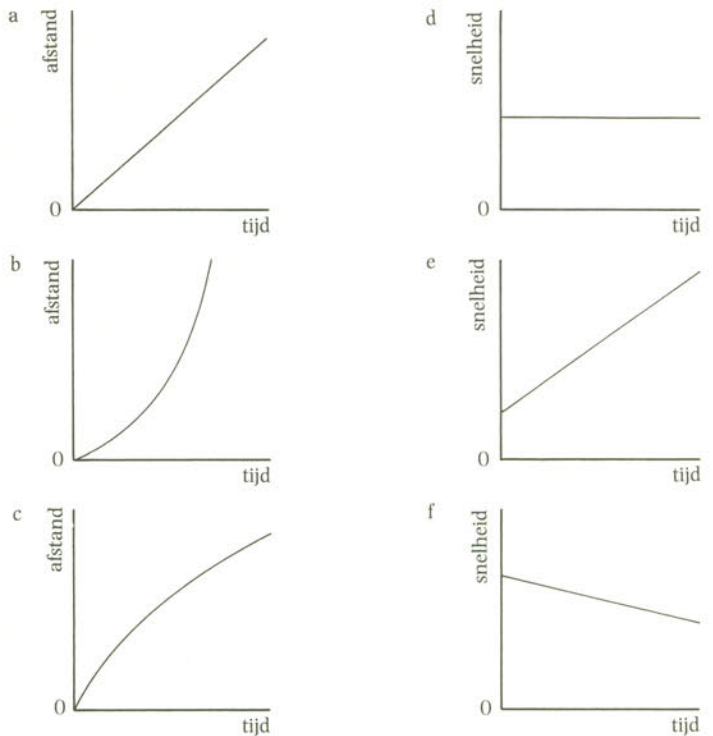
- a Bepaal uit de diagrammen de afstand en de snelheid op het tijdstip  $t = 290$  s.
- b Op welk tijdstip was de snelheid het grootst?
- c Hoe kun je dat in het afstand-tijddiagram zien?
- d Hoe kun je dat in het snelheid-tijddiagram zien?
- e Een van de metingen van de afstand klopt waarschijnlijk niet. Welke meting is dat?

Rob heeft weer het een en ander over bewegingen geleerd. Jij ook hopelijk. Hierna staan nog een paar opgaven om het werken met diagrammen te oefenen.

5 In figuur 21 staan een aantal diagrammen van bewegingen. Naast ieder afstand-tijddiagram staat het bijbehorende snelheid-tijddiagram.

- a Vertel van ieder diagram wat voor soort beweging het voorstelt.
- b Neem de diagrammen a en b over in je schrift. Teken in die diagrammen met een andere kleur hoe de grafiek eruit ziet als de snelheid groter is.

fig. 21



6 Een knikker rolt van een helling (zie figuur 22). In figuur 23 staat een afstand-tijddiagram getekend van de rollende knikker.

- a Lees af welke afstand de knikker heeft afgelegd tot  $t = 15$  s.
- b Hoeveel heeft de knikker afgelegd tot  $t = 20$  s?
- c Bereken de gemiddelde snelheid vanaf  $t = 15$  s tot  $t = 20$  s.
- d Bereken de gemiddelde snelheid van 0 tot 5 s, van 5 tot 10 s en van 10 tot 15 s.
- e Schets het snelheid-tijddiagram van de beweging van de knikker.
- f Beschrijf de beweging van de knikker.

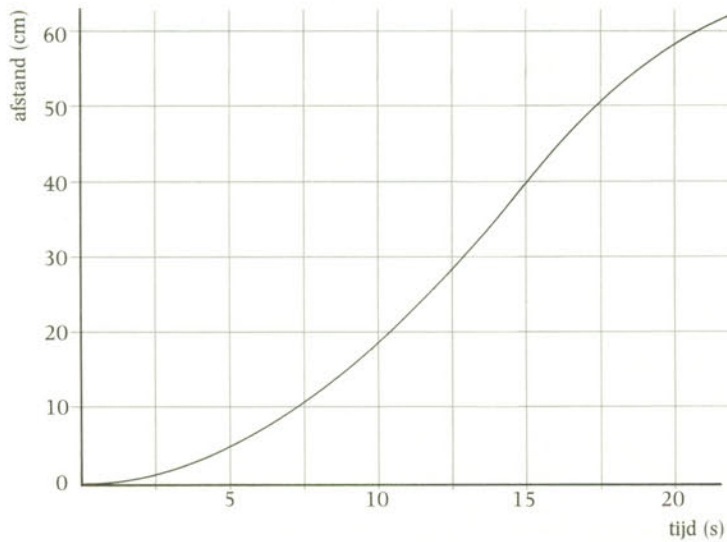
fig. 22

Een knikker rolt van een helling.



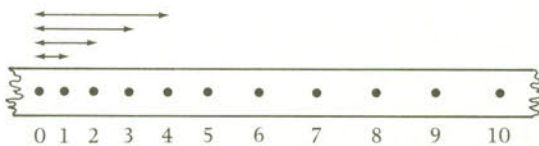


fig. 23  
Afstand-tijddiagram van de rollende knikker.



7 Van de beweging van een karretje wordt een tikkerstrook gemaakt. In figuur 24 staat een deel van een tikkerstrook getekend. Een deel van de metingen is verzameld in de tabel in figuur 25.

fig. 24  
Tikkerstrook van een karretje op een helling.  
De tikker zet elke 0,1 s een stip op de strook.



- a Controleer de metingen in de tabel.
- b Neem de tabel over in je schrift en maak hem af.
- c Maak een plaats-tijddiagram van deze beweging.

fig. 25

tijd (s)	afstand (m)
0.0	0,0
0.1	0,35
0.2	0,7
0.3	1,2
0.4	1,7
0.5	...
0.6	...
0.7	...
0.8	...
0.9	...
1,0	...

8 Je kunt ook iets over de snelheid te weten komen uit een tikkerstrook. Als je meet hoeveel het karretje heeft afgelegd tussen  $t = 0$  en  $t = 0,1$  s, dan kun je de gemiddelde snelheid uitrekenen.

fig. 26

periode (s)	afgelegde weg (cm)	gemiddelde snelheid (cm/s)
0,0 - 0,1	0,35	3,5
0,1 - 0,2	0,35	3,5
0,2 - 0,3	0,5	5,0
0,3 - 0,4	0,5	5,0
0,4 - 0,5	...	...
0,5 - 0,6	...	...
0,6 - 0,7	...	...
0,7 - 0,8	...	...
0,8 - 0,9	...	...
0,9 - 1,0	...	...

In figuur 26 is dit voorgedaan.

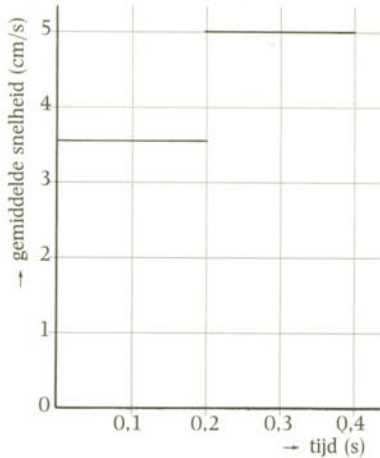
- a Controleer deze tabel.
- b Neem de tabel over en maak hem af.

In figuur 27 is al een deel van het snelheid-tijddiagram gemaakt.

- c Controleer dit diagram.
- d Neem het diagram over in je schrift en maak het af.

Je hebt nu een grafiek van de gemiddelde snelheid. Door de middens van de horizontale lijntjes vloeiend te verbinden, krijg je een grafiek van de snelheid.

fig. 27



e Maak van je grafiek van de gemiddelde snelheid een grafiek van de snelheid.

f Hoe groot was de snelheid op  $t = 0,27$  s?

g Hoe groot denk je dat de snelheid op  $t = 1,20$  s zal zijn?

## Blok 4

### H3

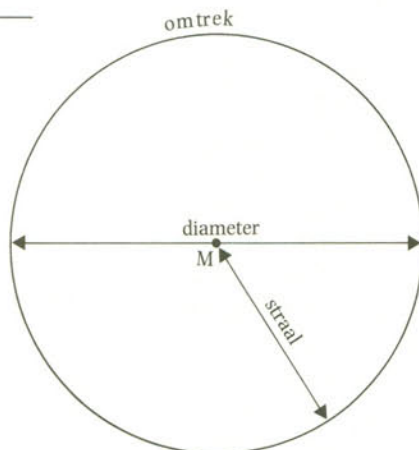
# Cirkelbewegingen

In dit blok is behalve de beweging langs een rechte lijn, ook de beweging langs een cirkel aan de orde geweest. Voorbeelden hiervan zijn: de beweging van het ventiel van een draaiend fietswiel en de beweging van een satelliet rond de aarde.

1 Noem vijf andere voorbeelden van cirkelbewegingen.

Een cirkel wordt gekenmerkt door de straal van de cirkel. Van een cirkelbeweging is dus de afstand tot aan het middelpunt van de cirkel (dus tot aan de as) belangrijk. Soms wordt ook de diameter ( $= 2 \times$  de straal) gebruikt. Verder is de omtrek van de cirkel belangrijk.

fig. 28



2a Welke grootheden kun je meten aan een cirkelbeweging? (Grootheden zijn meetbare eigenschappen zoals tijd, snelheid, temperatuur enz.)

b Welke twee horen bij elkaar (maar zijn wel verschillend)?

3 De cirkelbeweging nog eens bekeken.

Als je de cirkelbeweging goed wilt begrijpen, moet je deze eerst eens goed bekijken. Dit gaat het beste als je iets bij de hand hebt dat een cirkel beschrijft, bijvoorbeeld de draaitafel van een pick-up, waarop je een paar punten aangeeft. Of je knipt van een stevig stuk papier een cirkel (niet te klein; de straal van de cirkel moet minstens 5 cm zijn).

#### Omtrek van de cirkel

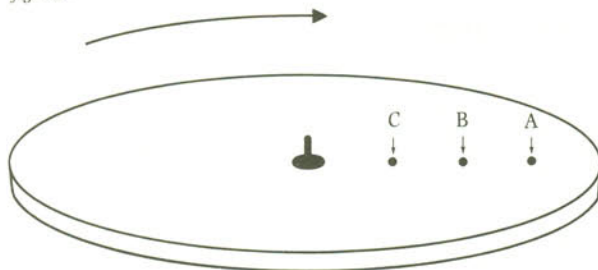
Deze kun je opmeten. Je kunt een touwtje langs de cirkel houden. Met een liniaal meet je de lengte van het touwtje.

Je kunt de omtrek ook berekenen:

$$\text{omtrek} = 6,28 \times \text{straal} \text{ of}$$

$$\text{omtrek} = 3,14 \times \text{diameter}$$

fig. 29



Bekijk de beweging van de punten A, B en C (zie figuur 29).

Neem de zinnen in je schrift over en vul op de open plaatsen in:

*groter dan, gelijk aan, of kleiner dan.*

- a De afgelegde weg van A is ... de afgelegde weg van B.
- b De afgelegde weg van A is ... de afgelegde weg van C.
- c De omtreksnelheid van A is ... de omtreksnelheid van B.
- d De omtreksnelheid van A is ... de omtreksnelheid van C.
- e De omlooptijd (de tijd nodig om één keer rond te gaan) van A is ... de omlooptijd van B.
- f De omlooptijd van A is ... de omlooptijd van C.
- g Het toerental (het aantal rondjes per minuut) van A is ... het toerental van B.

- h Het toerental van A is ... het toerental van C.
- i De afgelegde weg van B is ... de afgelegde weg van A.
- j De afgelegde weg van B is ... de afgelegde weg van C.
- k De omtreksnelheid van B is ... de omtreksnelheid van A.
- l De omtreksnelheid van B is ... de omtreksnelheid van C.
- m De omlooptijd van B is ... de omlooptijd van A.
- n De omlooptijd van B is ... de omlooptijd van C.
- o Het toerental van B is ... het toerental van A.
- p Het toerental van B is ... het toerental van C.

Controleer nu of je de antwoorden op vraag 1, 2 en 3 goed hebt. Heb je ze goed, dan kun je verder met de rest van de vragen. Heb je de antwoorden fout, begin dan weer opnieuw en kijk daarbij goed naar de cirkelbeweging.

## Belangrijke begrippen

### De omlooptijd

Dit is de tijd die nodig is om één keer rond te gaan. Alle punten op een spaak van een wiel hebben dezelfde omlooptijd. Ga je sneller fietsen, dan wordt de omlooptijd korter.

- 4a Bereken de omlooptijd van de rand van een LP, als deze 33 keer ronddraait in één minuut.
- b Waarom heb je de afmetingen van de LP niet nodig om dit uit te rekenen?
- c Bereken ook de omlooptijd als de plaat op 45 toeren per minuut wordt gedraaid.

### Het toerental

Dit is het aantal omwentelingen per minuut.

5 Je zit op een fiets en je draait de trappers in tien seconden één keer rond.

- a Hoe moet je het toerental berekenen als je de omlooptijd kent?
- b Bereken je toerental. Je gaat harder fietsen. Nu is de omlooptijd van jouw trappers 7 s.
- c Bereken weer je toerental.

### De omtreksnelheid

Een voorwerp dat een cirkelbaan beschrijft heeft een bepaalde snelheid. De snelheid van een voorwerp dat een cirkelvormige baan beschrijft, noemen we de omtreksnelheid. Deze kun je op de gebruikelijke manier uitrekenen:

$$\text{snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}}$$



Van een cirkelbeweging is vaak de omlooptijd gegeven. Je kunt dan de omtreksnelheid berekenen door de omtrek van de cirkel te delen door de omlooptijd.

6 Bereken van de punten A, B en C van jouw cirkelbeweging uit opgave 3 de omtreksnelheid, als de omlooptijd 10 s is.

7 De straal van een LP is 15 cm.

a Ga na dat de omtrek dan 94 cm is.

b Bereken de omtreksnelheid van een punt op de rand van een LP als deze een toerental heeft van 33 omwentelingen per minuut.

c Waarom heb je hier de afmeting van de LP wel nodig?

d Bereken ook de omtreksnelheid van dat punt als de plaat op 45 toeren gedraaid wordt.

#### Overbrenging

In veel apparaten wordt met behulp van tandwielen een trage cirkelbeweging omgezet in een snelle cirkelbeweging.

8 Bij een fiets zie je dat ook. De trappers zitten op dezelfde as als het grote tandwiel. De ketting brengt de beweging van dit grote tandwiel over op een klein tandwiel op de achteras.

a Waarom is dat handig bij een fiets?

Vergelijk de beweging van het grote tandwiel met het kleine.

b Wat is hetzelfde in de beweging van beide?

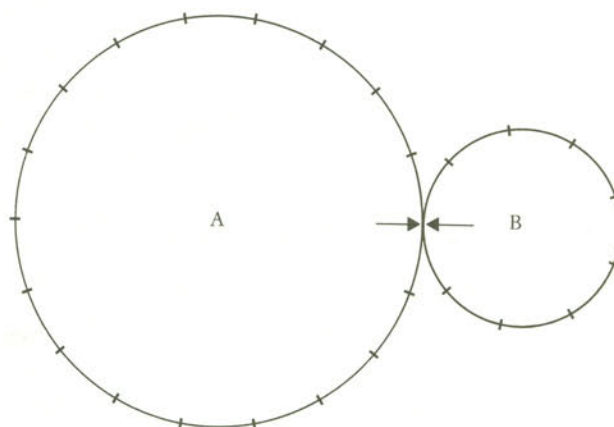
c Wat is er anders?

Als je vraag 8 nu niet goed kon beantwoorden, is dat (nog) niet erg. Je gaat in de rest van deze herhaalstof kijken wat er gebeurt bij zo'n overbrenging. Hiervoor heb je twee (verschillende) tandwielen nodig. Die zitten in veel speelgoed.

Heb je geen tandwielen, dan is het ook mogelijk van karton twee cirkels te maken (een met een straal van 3 cm en een met een straal van 1,5 cm). Zet dan op de rand van de cirkels om de centimeter een streepje (zie figuur 30).

Als deze 'tandwielen' tegen elkaar aan zitten, draaien ze allebei met dezelfde omloopsnelheid. Als het ene in een bepaalde tijd 1 cm doordraait, draait het andere in diezelfde tijd ook 1 cm door.

fig. 30



9 Houd de tandwielen tegen elkaar. Het grote tandwiel noemen we tandwiel A. Het kleine tandwiel B. Draai het grote tandwiel A rond.

a Wat weet je nu van de omtreksnelheid van het kleine tandwiel B?

Neem de zinnen over en vul op de open plaatsen in: *groter dan, gelijk aan, kleiner dan.*

b De omtreksnelheid van A is ... de omtreksnelheid van B.

c Het toerental van A is ... het toerental van B.

d De omlooptijd van A is ... de omlooptijd van B.

Draai nu met het kleine tandwiel B.

e De omtreksnelheid van B is ... de omtreksnelheid van A.

f Het toerental van B is ... het toerental van A.

g De omlooptijd van B is ... de omlooptijd van A.

h Waarom zijn de omlooptijden van A en B verschillend?

#### De overbrengingsverhouding

10 Je moet nu gaan tellen hoeveel keer de tandwielen rondgaan. Dit kan alleen maar goed gaan als je met een viltstift (of een plakkertje) de tand van het tandwiel (of de plaats op je cirkel) aangeeft die je blijft volgen.

a Tel op beide tandwielen hoeveel tanden er zijn (of hoeveel cm je op de omtrek getekend hebt). Noteer dit in je schrift.

Draai het grote tandwiel (A) éénmaal rond.

b Hoeveel keer is het kleine tandwiel (B) rondgegaan?

c Hoeveel keer draait B rond als je A 20 keer rond-draait?

d Hoe had je dit met het antwoord op vraag a en b kunnen berekenen?

Draai nu het kleine tandwiel B één keer rond.

e Hoeveel keer gaat het grote tandwiel rond?

f Bereken hoeveel keer tandwiel A rondgaat als je B 20 keer rond laat draaien.

II Tot slot weer even de fiets.

Op de fiets worden veel cirkelbewegingen uitgevoerd.

De trappers gaan in een cirkel rond, de assen gaan rond, de tandwielen gaan rond. Maar ook de wielen en zelfs het aandrijfwiel van je dynamo.

Let op de cirkelbeweging van:

1 de trapper;

2 de tanden van het grote tandwiel (voor);

3 de tanden van het kleine tandwiel (achter);

4 het begin van de spaak dat aan de as vastzit;

5 het eind van de spaak dat aan de velg vastzit;

6 de geribbelde rand van het aandrijfwiel van de dynamo.

Zet van deze zes cirkelbewegingen in volgorde van grootte (de grootste voorop, als ze aan elkaar gelijk zijn moet je dat aangeven):

a de omtreksnelheid;

b de afgelegde weg na 10 minuten fietsen;

c de omlooptijd;

d het toerental;

e het aantal omwentelingen in 10 minuten fietsen.

# Tikkerstroken analyseren

**Practicum**

Het is de bedoeling dat je aan het eind van de les minstens drie tikkerstroken hebt. Eén daarvan heb je al in P2 gemaakt: de tikkerstrook van een vallend voorwerp. De twee nieuwe stroken zijn:

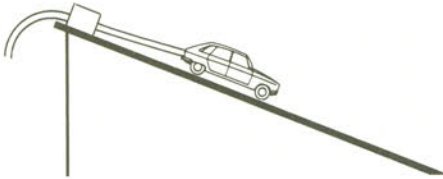
1 Een willekeurige beweging.

Maak een tikkerstrook door een strook (lengte ongeveer 1 m) met een willekeurige beweging (bijv. eerst langzaam, dan wat sneller en dan weer langzaam) door de tijdtikker te halen. Trek niet te snel, er moeten ongeveer 50 stippen op de strook staan. Controleer of jouw strook bruikbaar is voordat je verder gaat. Geef op de strook het beginpunt (de eerste stip) en het eindpunt aan (de laatste stip).

2 De beweging van een karretje op een hellend vlak (zie figuur 31).

Maak daar een tikkerstrook van. Controleer of jouw strook bruikbaar is (ongeveer 20 punten is voldoende). Geef ook hierop het beginpunt en het eindpunt aan.

fig. 31  
Een karretje op een hellend vlak met een tikkerstrook.



3 Als je de tikkerstrook uit P2 niet hebt, maak je deze nu. (Tien punten op de strook is al voldoende.)

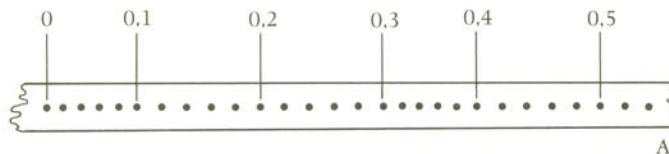


fig. 32  
Strook A is verdeeld in stukken van 5 intervallen. Eén zo'n stuk geeft aan hoeveel het voorwerp in  $5 \times 0,02 \text{ s} = 0,1 \text{ s}$  is verplaatst.

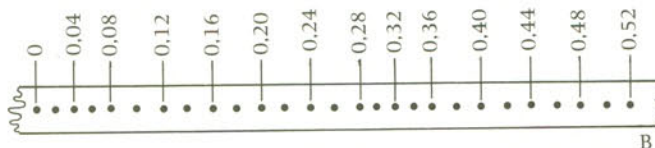


fig. 33  
Strook B is verdeeld in stukken van 2 intervallen. Eén zo'n stuk geeft aan hoeveel het voorwerp in  $2 \times 0,02 \text{ s} = 0,04 \text{ s}$  is verplaatst.

4 Vergelijk de drie stroken met elkaar.

- a Welke verschillen zie je?
- b Welke overeenkomsten zie je?

5 Bekijk strook 1 (willekeurige beweging) nog eens.

- a Wanneer bewoog je snel en wanneer bewoog je langzaam?
- b Hoe zie je dat op de strook?
- c Schets het snelheid-tijddiagram van jouw willekeurige beweging. (Het is nog niet nodig jouw strook nu al op te gaan meten; een schets is voldoende.)
- d Schets het plaats-tijddiagram van jouw beweging.

6 Bekijk strook 2 (karretje van helling) en strook 3 (valbeweging) eens goed.

- a Schets in één diagram de snelheid-tijdgrafieken van beide bewegingen.
- b Schets in één diagram de plaats-tijdgrafieken van beide bewegingen.
- c Leg uit hoe je in beide diagrammen meteen kunt zien welke grafiek van strook 3 is.

In de volgende opgaven ga je de grafieken nauwkeuriger tekenen. Daarvoor moet je gaan meten aan de tikkerstroken.

De tijdtikker zet iedere seconde 50 stippen op de strook. Tussen iedere stip is dus 0,02 s verlopen. In die tijdsduur is de strook een eindje verder geschoven (anders stonden alle stippen op elkaar en was de strook waardeloos). Ieder interval geeft dus aan hoeveel het voorwerp waar de strook aan vastzat in 0,02 s verschoven is. Je zult zelden alle punten gebruiken voor een grafiek. Meestal verdeel je de strook in stukken van 5 intervallen of in stukken van 2 intervallen (zie figuur 32 en 33).



7 Gebruik ongeveer 50 stippen van de strook.

a Verdeel de strook in stukken van 5 intervallen.

Zet bij ieder streepje een tijdstip (zie figuur 34).

b Maak een tabel zoals in figuur 35 is voorgedaan.

c Maak met behulp van jouw tabel een afstand-tijddiagram.

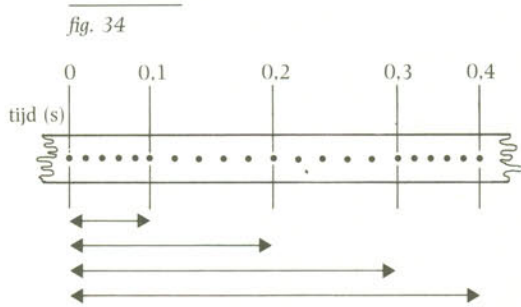


fig. 35

tijd (s)	afstand tot begin (cm)
0	0,0
0,1	1,1
0,2	2,7
0,3	4,4
0,4	5,5
...	...
...	...
....	....

8 Nu een snelheid-tijddiagram.

Je weet van ieder stuk van de strook hoe groot de afstand is die is afgelegd in 0,1 s. Je kunt van ieder stuk afzonderlijk (dus nu niet telkens vanaf het begin meten!) berekenen wat de gemiddelde snelheid is in die tijdsduur (zie figuur 36).

a Maak een tabel waarin je uitzet: de tijdsduur, de afstand die in die tijdsduur is afgelegd en de bijbehorende gemiddelde snelheid (zie figuur 37).

b Maak van jouw metingen een gemiddelde-snelheid-tijddiagram, zoals in figuur 38 is voorgedaan.

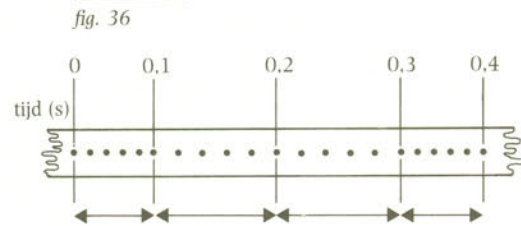


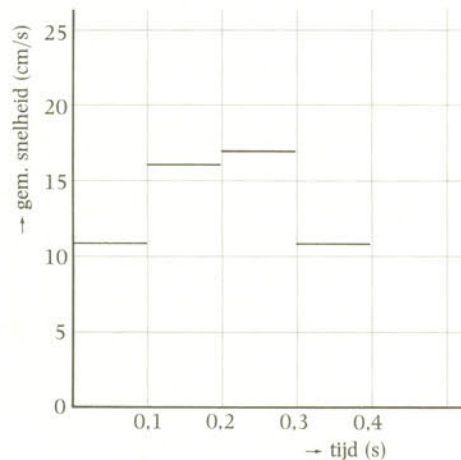
fig. 37

Gemiddelde snelheid berekend per 0,1 s.

tijdsduur (s)	afstand (cm)	gemiddelde snelheid (cm/s)
0 – 0,1	1,1	11
0,1 – 0,2	1,6	16
0,2 – 0,3	1,7	17
0,3 – 0,4	1,1	11
...	...	...
...	...	...
...	...	...

fig. 38

Gemiddelde snelheid berekend per 0,1 s.



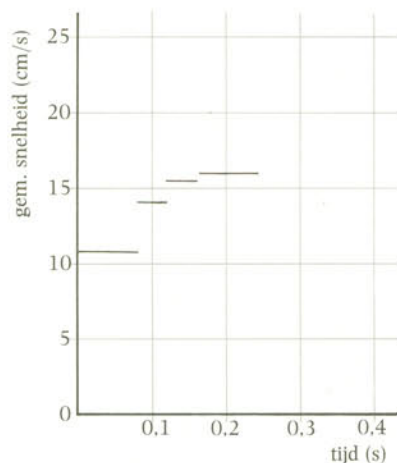
Je kunt ook nauwkeuriger werken. Neem dan niet telkens vijf intervallen (0,1 s), maar twee intervallen (0,04 s).

c Maak weer een tabel, zoals in figuur 39 en teken de resultaten van jouw berekeningen in een gemiddelde-snelheid-tijddiagram (zie ook figuur 40).

fig. 39

tijdsduur (s)	afstand (cm)	gemiddelde snelheid (cm/s)
0,0 – 0,04	0,44	11
0,04 – 0,08	0,44	11
0,08 – 0,12	0,55	14
0,12 – 0,16	0,64	16
0,16 – 0,20	0,66	16,5
0,20 – 0,24	0,66	16,5
...	...	...
...	...	...
...	...	...

fig. 40



d Welke grafiek geeft een beter beeld van de snelheid op ieder tijdstip? Hoe komt dat?

Je hebt steeds horizontale lijntjes moeten zetten omdat je telkens de gemiddelden over een tijdsduur in het diagram hebt gezet. Maar nu kun je met een vloeiende lijn aangeven hoe de snelheid-tijdgrafiek eruit ziet.

e Teken in het diagram de snelheid-tijdgrafiek.

Leg het snelheid-tijddiagram en het afstand-tijddiagram naast elkaar.

f1 Hoe kun je aan het afstand-tijddiagram zien hoe het snelheid-tijddiagram eruit zal zien?

f2 Hoe kun je aan het snelheid-tijddiagram zien hoe het afstand-tijddiagram eruit zal zien?

9 Grafieken van tikkerstrook 2 en 3.

a Maak van de andere tikkerstroken een afstand-tijddiagram. Bekijk zelf of je met 5 tussenruimten of met 2 tussenruimten moet werken.

b Welke overeenkomsten zie je tussen deze bewegingen? Geef daar een verklaring voor.

c Maak van beide tikkerstroken een snelheid-tijddiagram (door eerst een gemiddelde snelheid-tijddiagram te maken).

d Welke overeenkomsten zie je? Geef daar een verklaring voor.

10 Bij de laatste twee tikkerstroken is de toename van de snelheid heel regelmatig.

a Hoe groot is de snelheid op  $t = 0$  s bij tikkerstrook 2?

b Hoe groot is bij tikkerstrook 2 de snelheid op  $t = 0,5$  s?

c Hoeveel neemt de snelheid per seconde toe?

d Beantwoord dezelfde vragen voor tikkerstrook 3.

1 In figuur 41 zie je de tijdtikkerstrook van een valbeweging, getekend schaal 1 op 2. Alle afstanden zijn in werkelijkheid dus tweemaal zo groot. De tijdtikker zet iedere 0,02 seconde een stip.



Maak een tabel zoals figuur 42.

fig. 42

afstand tussen stippen (cm)	afstand vanaf begin (cm)	tijd vanaf begin (s)	gemiddelde snelheid van het interval (cm/s)
...	...	0,02	...
...	...	0,04	...
...	...	0,06	...
...	...	...	...

Met behulp van deze tabel moet je nu een afstand-tijddiagram en een snelheid-tijddiagram maken. Bedenk bij het maken van de afstand-tijddiagram dat je steeds de afstand tot het begin moet uitzetten. Het snelheid-tijddiagram is iets lastiger. De beginsnelheid is nul. Om de gemiddelde snelheid van één interval uit te rekenen moet je de afstand tussen de stippen delen door 0,02 s.

2 De aarde draait in 24 uur om zijn as. De omtrek is ongeveer 40 000 km.

- Bereken de omtreksnelheid aan de evenaar.
- Hoe komt het dat we niets van deze snelheid merken?
- Wat weet je van de snelheid van het aardoppervlak vlak bij de noordpool?
- Hoe groot, schat je, is de snelheid van Nederland?

3 Een racefiets met 10 versnellingen heeft twee tandwielen op de trapas, het grote met 52 en het andere met 42 tanden. Op de achteras zitten 5 tandwielen met 14, 16, 18, 20 en 22 tanden.

- Bereken alle overbrengingsverhoudingen tussen trapas en achterwiel.
- Welke tandwielen gebruik je als je een steile helling op moet fietsen en waarom?
- Hoeveel keer moet je dan rondtrappen om 10 meter vooruit te gaan? (Neem aan dat de middellijn van je achterwiel 60 cm is.)