

# Blok 4

## INHOUD

### BASISSTOF

- T1 **Snelheid** 90  
W1 92  
T2 **Beweging vastleggen met een afstand-tijddiagram** 94  
W2 96  
T3 **Remmen en remweg** 97  
W3 101  
T4 **Reactietijd en stopafstand** 102  
W4 104

### HERHAALSTOF

- H1 **Nieuwe begrippen** 105  
H2 **Diagrammen** 108  
H3 **Rijden, reactietijd, remmen, remweg en stopafstand** 110

### EXTRASTOF

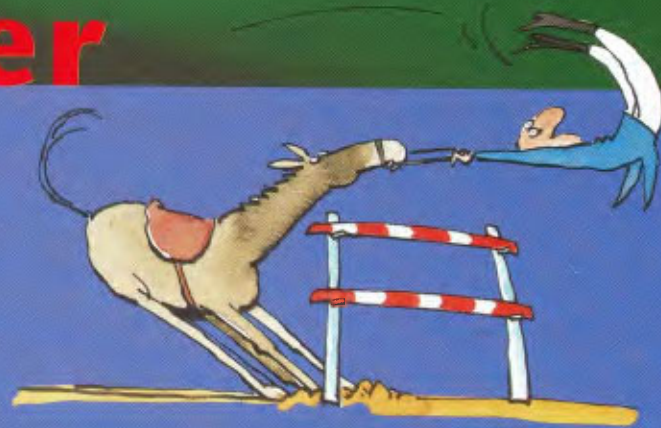
- E1 **Tikkerstroken analyseren** 112  
E2 **De fiets** 115  
E3 **Oefenvragen en opgaven** 116

## LEERDOELEN

- 1 Je moet weten wat bedoeld wordt met het begrip gemiddelde snelheid. [P1, T1, W1]
- 2 Je moet de formule  $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$  kunnen gebruiken.  
Je moet deze formule ook kunnen omzetten in een formule voor  $s$  of  $t$ . [P1, T1, W1]
- 3 Je moet snelheden in km/u om kunnen rekenen in m/s en omgekeerd. [P1, T1, W1]
- 4 Je moet weten hoe je de gemiddelde snelheid van een bewegend voorwerp kunt bepalen. [P1, T1, W1]
- 5 Je moet weten hoe je met een tijdtikker snelheden kunt bepalen. [P1, T1, W1]
- 6 Je moet weten wat het betekent dat grootheden evenredig zijn. [P2, T2, W2]
- 7 Je moet een afstand-tijddiagram kunnen maken van een beweging en je moet daarin kunnen aflezen welke afstand bij welk tijdstip hoort. [P2, T2, W2]

# Snelheid en verkeer

- 8 Je moet een snelheid-tijddiagram kunnen maken van een beweging. [P3, T3, W3]
- 9 Je moet uit een snelheid-tijdgrafiek de afgelegde afstand kunnen berekenen. [P3, T3, W3]
- 10 Je moet weten wat het begrip remweg betekent en je moet de remweg kunnen bepalen uit een snelheid-tijddiagram. [P3, T3, W3]
- 11 Je moet een remweg-snelheiddiagram begrijpen en kunnen gebruiken. [P3, T3, W3]
- 12 Je moet weten wat de reactietijd is en je moet weten hoe je de reactietijd kunt bepalen. [P4, T4, W4]
- 13 Je moet weten wat de stopafstand is en je moet de stopafstand kunnen bepalen uit de reactietijd en een snelheid-tijdgrafiek. [P4, T4, W4]
- 14 Je moet weten wat de begrippen snelheid, reactietijd, remweg en stopafstand te maken hebben met verkeersveiligheid. [P4, T4, W4]



# T1 Snelheid

Hoe hard kun jij fietsen?

Waarschijnlijk weet je dat niet precies. Hoe zou je dat moeten meten?

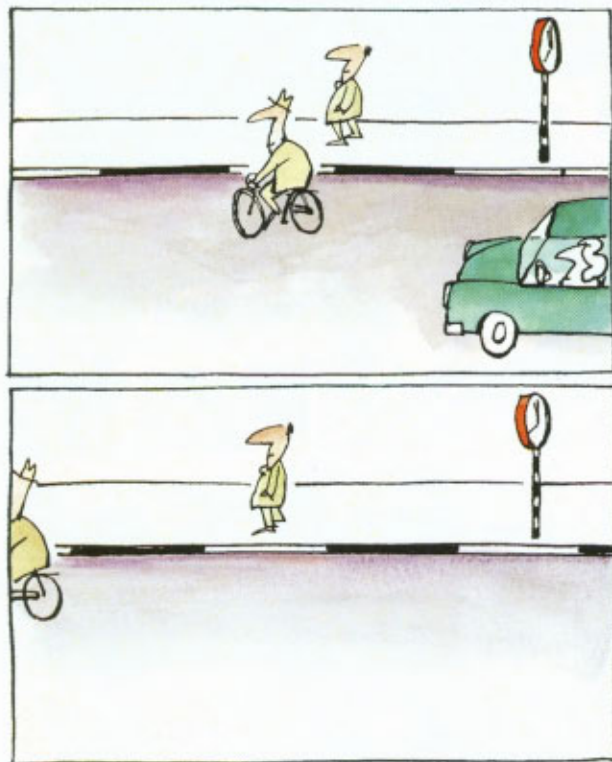
Hoe snel draait de aarde rond?

Hoe kun je de snelheid van een schaatser of een hardloper vaststellen?

Na dit blok kun je deze vragen beantwoorden.

Dit blok gaat over bewegingen zoals de bewegingen van fietsers en auto's.

FIG. 1 Wie gaat het snelst?



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 gebruiken we voor de snelheid de eenheid 'kilometer per uur', afgekort km/u.

In de natuurkunde gebruiken we voor de snelheid vaak de eenheid *meter per seconde*, afgekort m/s.

## Berekenen van de snelheid

Hoe bepaal je de snelheid van bijvoorbeeld een fietser?

- 1 Je meet de afstand die de fietser aflegt.
- 2 Je meet de tijdsduur die de fietser voor deze afstand nodig heeft.
- 3 Je deelt de afstand door de tijdsduur.

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

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, enzovoorts. Daarom is het beter om over de gemiddelde snelheid ( $v_{\text{gem}}$ ) te praten.

VOORBEELD 1: De afstand van school naar huis is 1740 m. Je fietst er 5 minuten over. Dan weten we:

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

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

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

Wil je weten hoeveel kilometer per uur dit is, dan moet je dit getal vermenigvuldigen met 3,6 want:  
 $1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 3600 \text{ m/u} = 3,6 \text{ km/u}$   
 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:

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

$$90 \text{ km/u} = (90 : 3,6) = 25 \text{ m/s}$$

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:

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

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

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

$$t = 60 : 15 = 4 \text{ uur}$$



#### EEN ANDERE MANIER VAN OMREKENEN

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  $3600 \times 5,8$  meter = 20 880 meter = 21 km (afgerond).

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



#### DE LICHTSNELHEID

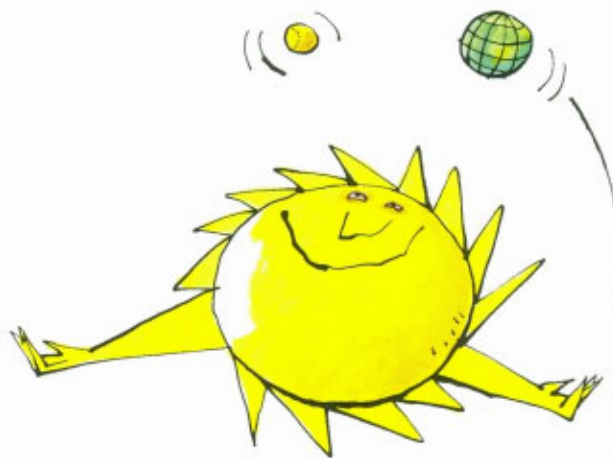
De grootste snelheid is die van het licht. Die is 300 000 km/s. Dat is 300 miljoen meter per seconde. Een jaar bestaat uit 365 dagen van 24 uur met  $60 \times 60$  seconden. Licht legt dus in een jaar de volgende afstand af:

$$300 \text{ miljoen} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ meter} =$$

$$9\,460\,800\,000\,000\,000 \text{ meter. Dit is ongeveer}$$

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. Er wordt elke 0,02 seconde een stip op de strook gezet (figuur 3). De tijd tussen twee opeenvolgende tijdstippen noemen we een interval. Als de afgelegde afstand tijdens één interval 3 cm lang is, heeft het autootje in 0,02 seconde 3 cm gereden.

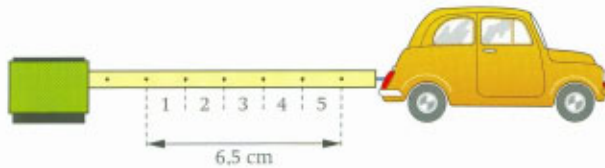
In figuur 3 zie je tussen de twee strepen de afstand, afgelegd tijdens vijf intervallen. De totale afstand is 6,5 cm. De gemiddelde snelheid van het karretje kunnen we nu berekenen:

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

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

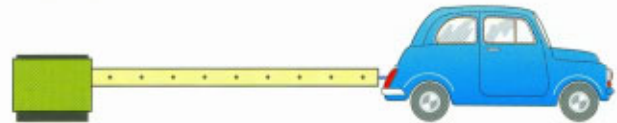
$$v_{\text{gem}} = 0,065 \text{ m} : 0,1 \text{ s} = 0,65 \text{ m/s}$$

FIG. 3 Tikkerstrook, verkleind.



- 1 **a** Hoe luidt de formule voor de gemiddelde snelheid?  
**b** Welke grootheden worden door de symbolen in deze formule voorgesteld. Wat zijn de bijbehorende eenheden?  
**c** Schrijf de formule ook op twee andere manieren.
- 2 Schrijf op in je schrift:
  - a** 1 km/u = ... m/s
  - b** 1 m/s = ... km/u
- 3 Hoe kun je de gemiddelde snelheid van een auto bepalen die bij jou door de straat rijdt?
- 4 Bereken steeds de gemiddelde snelheid in km/u:
  - a** Je fietst 42 km in 2,5 uur.
  - b** Je loopt 3,4 km in drie kwartier.
  - c** In 4 minuten rijdt een trein van 's-Hertogenbosch naar Vught, een afstand van 3,7 kilometer.
  - d** De aarde draait in 24 uur rond zijn as. De omtrek van de aarde is 40 000 km.
- 5 In figuur 4 zie je een tijdtikkerstrook afgebeeld, die gemaakt is met een rijdend speelgoedautootje. De tijdtikker zet 50 stippen per seconde.

FIG. 4



- a** Hoe lang duurt één interval?
- b** Welke afstand legt het autootje in 0,02 s af?
- c** Hoe lang doet het autootje over 3,4 meter?
- d** Bereken de snelheid van het autootje.

voertuig	autosnelweg	autoweg	buiten bebouwde kom	binnen bebouwde kom
personenauto	120	100	80	50
motorfiets	120	100	80	50
personenauto met aanhangwagen	80	80	80	50
motorfiets met aanhangwagen	80	80	80	50
vrachtwagen met of zonder aanhangwagen	80	80	80	50
autobus met of zonder aanhangwagen	80	80	80	50
tractor en zelfrijdend werktuig	–	–	25	25
bromfiets	–	–	40	30
snorfiets	–	–	25	25
invalidervoertuig	–	–	40	30

FIG. 5 Tabel maximumsnelheden in km/u.

## 6 Maximumsnelheden

De in de tabel genoemde maximumsnelheden gelden *niet* voor de zogenaamde voorrangsvoertuigen, zoals politie-, brandweer-, ziekenauto's en motorvoertuigen van bepaalde aangewezen hulpverleningsdiensten.

**a** Hoe groot is de toegestane maximumsnelheid van een bromfiets?

**b** Waarom is de maximumsnelheid binnen de bebouwde kom kleiner dan buiten de bebouwde kom?

**c** Hoe groot is de toegestane maximumsnelheid van een fiets?

**d 1** Hoe groot is de toegestane maximumsnelheid van een auto met caravan op een autoweg?

**d 2** En hoe groot op een autosnelweg?

## 7 Je wilt een weg oversteken. De weg is 7 m breed. Je loopt met een snelheid van 2 m/s.

**a** Hoe lang doe je er over om over te steken?

**b** Er komt een auto aan. De auto rijdt 50 km/u (= 14 m/s).

Hoe ver moet de auto minstens van je verwijderd zijn om veilig te kunnen oversteken?

**c** Waarom zijn hoge snelheden in de stad gevaarlijker dan op de grote weg?

FIG. 6 Twee foto's, vlak na elkaar genomen.



- 8** De foto's van figuur 6 zijn 2,5 s na elkaar genomen. De afstand tussen de bomen is 6 meter. Bepaal met behulp van figuur 6 de snelheid van de fietser.

## T2 Beweging vastleggen met een afstand-tijddiagram

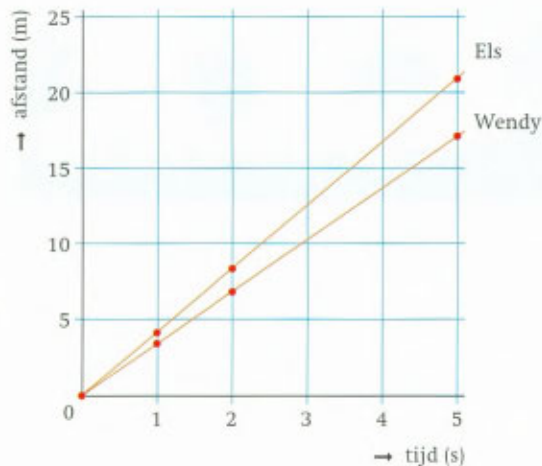
Els en Wendy gaan hardlopen. Wendy loopt met een snelheid van 3,5 m/s, Els met 4,2 m/s. In de tabel (figuur 7) vind je de afstand op elk tijdstip.

FIG. 7

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

In figuur 8 is van deze waarden een diagram gemaakt. In het diagram staat de afstand verticaal en de tijd horizontaal. Je ziet dat het diagram is getekend voor een periode van 5 seconden. Als Els en Wendy met constante snelheid lopen, zie je in het afstand-tijddiagram een rechte lijn. De tabel geeft de afstanden gedurende de eerste 5 seconden. We kunnen in het diagram van figuur 9 direct zien wat er daarna gebeurt. Merk op dat de lijn in figuur 8 voor Els steiler is. Dat komt doordat zij harder loopt dan Wendy.

FIG. 8 Afstand-tijddiagram.



### Evenredigheid

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

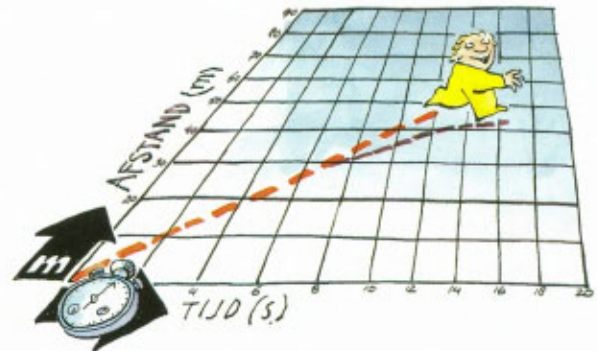
- 1 Over een 2 maal zo grote afstand loopt Els 2 maal zo lang (controleer in het diagram van figuur 8 of dit juist is).
- 2 De afstand gedeeld door de tijd levert steeds hetzelfde getal op. (Ga dit na.)
- 3 De grafiek in het afstand-tijddiagram is een rechte lijn door de oorsprong.

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

Je kunt uit de grafiek van figuur 8 veel aflezen, bijvoorbeeld het volgende:

- 1 Na 5 seconden is Els 3,5 meter verder dan Wendy.
- 2 Els legt 15 meter af in ongeveer 3,5 seconden. Ga na dat Wendy daar ongeveer 0,8 seconde langer over doet.

FIG. 9 Als Els moe wordt, zijn afstand en tijd niet meer evenredig. Aan de stippellijn kun je zien hoe het afstand-tijddiagram er dan uit zou kunnen zien.





### (RECHT) EVENREDIG

Als twee grootheden A en B evenredig zijn, betekent dat: als A twee maal zo groot wordt, wordt ook B twee maal zo groot; wordt A drie maal zo groot, dan zal ook B drie maal zo groot worden, enzovoorts.

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.

Eigenlijk moet bij de hier bedoelde gevallen over *recht evenredig* worden gesproken in plaats van over *evenredig*. Kortheidshalve wordt dat 'recht' vaak weggelaten.



### 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 x 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, zwemt 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 topsnelheid van 1190 kilometer per uur. De grootste snelheden komen voor in de ruimtevaart. De drie astronauten in de Apollo 10 bereikten vóór de terugkeer in de atmosfeer een snelheid van 39 897 kilometer per uur.



### 'TURBO' JOHNSON

Hier volgt een samenvatting van 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.

- 1 Hoe lang deed Johnson in Rome over één pas?
- 2 Hoe hard liep Johnson in Rome, uitgedrukt in meter per seconde en in kilometer per uur?
- 3 Wat was het werkelijke geheim van Johnson?

(1) 0,21 s; 2 10,22 m/s = 37 km/u; 3 doplinggebruik



- 1 a** Teken het afstand-tijddiagram van een fietser die 2 uur fietst met een snelheid van 16 km/u.  
**b** Teken in hetzelfde diagram de grafiek van een fietser die 2 uur fietst met een snelheid van 20 km/u.
  - 2** Schets 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 erom dat je de verhoudingen van de verschillende snelheden zichtbaar kunt maken. Denk aan het verschil in snelheid.
  - 3** In opgave 5 van W1 heb je gerekend aan een tijdtikkerstrook, gemaakt met een speelgoedautootje. Teken het afstand-tijddiagram van het autootje over een periode van 3 seconden.
- De opgaven 4 tot en met 6 gaan over evenredigheid. Je moet de uitkomsten beredeneren met het evenredigheidsprincipe, zonder formules.*
- 4** Als je met constante snelheid beweegt, zijn afstand en tijdsduur evenredig.  
Een auto legt met constante snelheid 30 km af in 20 min.  
**a** Bereken de afstand die de auto zou afleggen in  $1\frac{1}{2}$  uur.  
Elke verkeersdeelnemer moet zich aanpassen aan het andere verkeer en aan de stoplichten die hij tegenkomt.  
**b** Waarom staat in opgave 4a 'zou afleggen'?
  - 5** Bij een stalen veer zijn kracht en uitrekking evenredig.  
Een stalen veer rekt 2 cm uit, als je er een blokje van 30 g aanhangt.  
**a** Hoeveel g moet je er aan hangen om die veer 7 cm uit te rekken?  
**b** Hoe ver rekt de veer uit, als je er een blokje van 135 g aanhangt?
  - 6** Gewoonlijk loop je van school naar huis in 12 minuten. Maar omdat je haast hebt, wil je nu in 8 minuten thuis zijn.  
**a** Wat zal er daartoe met je 'normale' gemiddelde snelheid moeten gebeuren?  
Je loopt gewoonlijk met een gemiddelde snelheid van 5 km/u naar huis.  
**b** Hoeveel km woon je van school?  
**c** Hoe groot moet je gemiddelde snelheid worden bij opgave 6a?

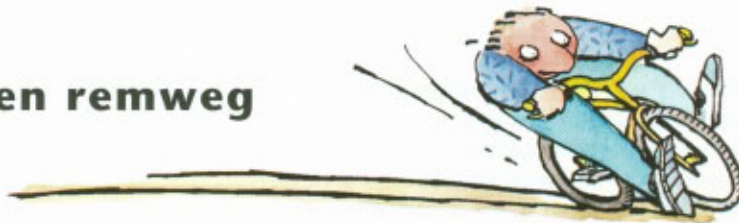


FIG. 10 Is je rem weg?

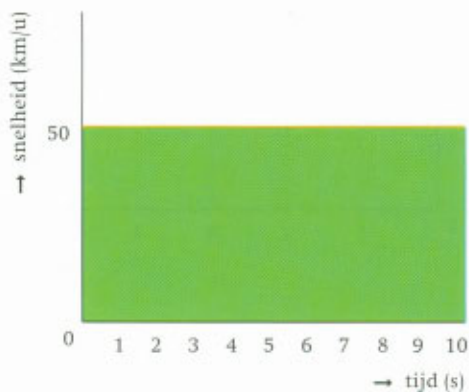
### Snelheid en remweg

- Je rijdt op je fiets en plotseling glijdt er voor je iemand uit. Je remt uit alle macht, maar botst er toch tegenaan.
- Je rijdt en het stoplicht springt op oranje. Je remt, maar komt pas over de stopstreep tot stilstand.
- Het is druk op de snelweg. Hoeveel afstand moeten auto's houden om veilig te rijden? Want als de 'voorligger' plotseling remt, moet de erachter rijdende auto nog tijdig tot stilstand kunnen komen.

Dit zijn allemaal situaties waarbij je remweg van belang is. Als je remt, sta je niet meteen stil. Je rijdt nog een stuk door, al wordt je snelheid wel steeds kleiner.

Rem je rustig, dan duurt het lang voordat je stilstaat. De weg die je tijdens het remmen aflegt noemen we de *remweg*.

FIG. 11 De oppervlakte onder de grafiek vertelt iets over de afstand die afgelegd wordt.



### Het snelheid-tijddiagram

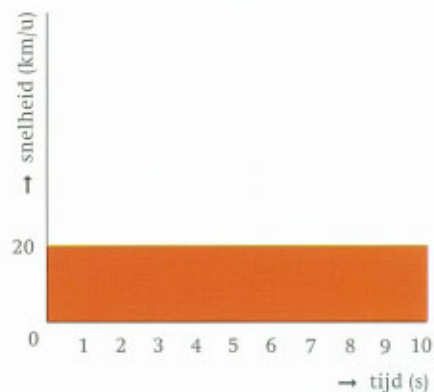
Als je iets wilt zeggen over de snelheid gedurende een bepaalde tijd, is het handig om een grafiek te tekenen die laat zien wat de snelheid is in de loop van de tijd. In figuur 11 zie je een diagram waarin je de snelheid van een fietser en die van een auto in de loop van de tijd kunt zien.

Je ziet dat zowel de auto als de fietser met een constante snelheid rijden. De snelheid van de fietser blijft 20 km/u en die van de auto 50 km/u.

Je weet dat de auto in dezelfde tijd een grotere afstand aflegt dan de fietser. Dat is ook in de grafiek te zien. De oppervlakte onder de grafiek van de auto is groter dan de oppervlakte onder de grafiek van de fietser (figuur 11).

Omdat de auto  $2\frac{1}{2}$  maal zo snel rijdt zal hij - in dezelfde tijd als de fietser - ook een  $2\frac{1}{2}$  maal zo grote afstand afleggen. Dat betekent in de snelheid-tijd-grafieken van auto en fietser:

De oppervlakte onder de grafiek in de eerste 6 seconden is bij de auto  $2\frac{1}{2}$  maal zo groot als bij de fietser.





#### INFORMATIE UIT HET SNELHEID-TIJD DIAGRAM

In een snelheid-tijd diagram kun je op ieder tijdstip de snelheid van een voorwerp aflezen.

De oppervlakte onder de grafiek geeft je informatie over de afstand die afgelegd wordt. Hoe groter die oppervlakte, hoe groter de afstand.

### Beginsnelheid

Onder de beginsnelheid verstaan we: de snelheid die het voorwerp heeft op het moment dat wij gaan meten. De beginsnelheid hoeft dus niet altijd 0 te zijn. We beginnen vaak te meten aan een voorwerp dat al in beweging is. De beginsnelheid kan dus – behalve 0 – alle mogelijke waarden hebben.

### Veranderende snelheid

Ook als de snelheid niet constant is – zoals tijdens het remmen – zal gelden: hoe groter de beginsnelheid is, hoe groter de afstand die wordt afgelegd tijdens het remmen.

De remweg is evenredig met de oppervlakte onder de snelheid-tijd grafiek tijdens de remtijd.

Of de snelheid dus wel of niet constant blijft: de oppervlakte onder de snelheid-tijd grafiek voor een bepaalde tijdsduur is een maat voor de in die tijdsduur afgelegde weg.

### Afstand berekenen

De afstand die wordt afgelegd kunnen we berekenen met behulp van de grafiek:

$$\begin{aligned} \text{oppervlakte} &= \text{hoogte} \times \text{basis} \\ \text{afstand} &= \text{snelheid} \times \text{tijdsduur} \\ \text{of: } s &= v_{\text{gem}} \times t \end{aligned}$$

Daarbij moet je er wel aan denken dat je:

–  $v$  in m/s alleen met  $t$  in s mag vermenigvuldigen. We vinden dan  $s$  in m.

–  $v$  in km/s alleen met  $t$  in s mag vermenigvuldigen.

Dan vinden we  $s$  in km.

–  $v$  in km/u alleen met  $t$  in u mag vermenigvuldigen.

We vinden dan  $s$  in km.

Deze regels gelden natuurlijk ook, als je de snelheid  $v$

wilt berekenen uit:  $v = \frac{s}{t}$  of de tijd  $t$  uit:  $t = \frac{s}{v}$

**VOORBEELD:** Hoeveel meter rijdt de auto (uit figuur 11) in 10 s?

**ANTWOORD:** De auto rijdt  $50 \text{ km/u} = 50 : 3,6 \text{ m/s} = 14 \text{ m/s}$ . In 10 s rijdt de auto  $14 \times 10 = 140 \text{ m}$ .

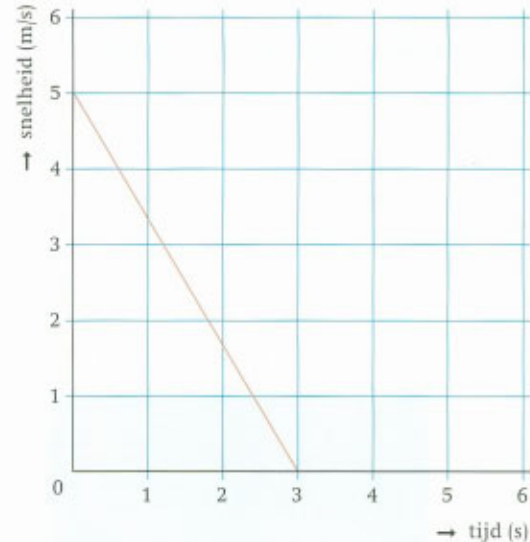
In figuur 12 zie je het snelheid-tijd diagram van iemand die remt. De fietser begint te remmen, als zijn snelheid 5,0 m/s (dat is 18 km/u) is. Na 3 seconden staat hij stil.



#### EENHEDEN IN HET SNELHEID-TIJD DIAGRAM

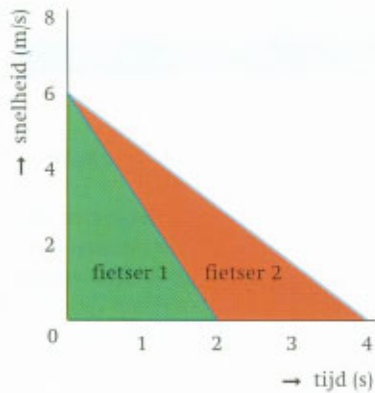
In een snelheid-tijd diagram werk je vaak met de eenheid m/s (meter per seconde) voor de snelheid en met s (seconde) als de eenheid voor de tijd.

FIG. 12 De grafiek van een fietser vanaf het moment dat hij begint te remmen.



In figuur 13 zie je de grafieken van twee fietsers. Fietser 2 remt harder dan fietser 1. Fietser 2 staat eerder stil, maar hij heeft ook een kleinere remweg. De oppervlakte onder de grafiek van fietser 2 is kleiner dan de oppervlakte onder de grafiek van fietser 1. Hoe groter de oppervlakte, hoe groter de remweg.

FIG. 13 Hoe groter de oppervlakte onder de grafiek, hoe groter de remweg.



Je kunt de remweg berekenen. Je moet dan weten bij welke snelheid je begint te remmen en hoe lang het remmen duurt. Er geldt namelijk:

$$\text{remweg} = \frac{1}{2} \times \text{beginsnelheid} \times \text{remtijd}$$



#### GEMIDDELDE SNELHEID TIJDENS DE REMWEG

De gemiddelde snelheid is hier  $\frac{1}{2} \times$  beginsnelheid.

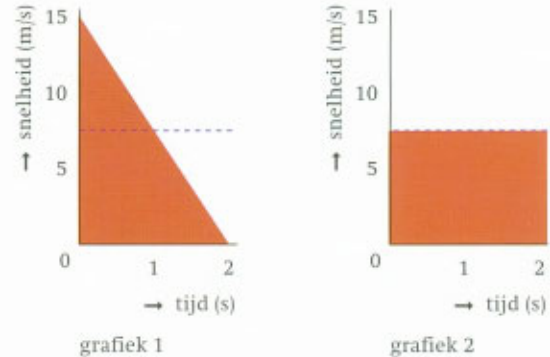
Je kunt dat als volgt begrijpen: tijdens het remmen neemt je snelheid af. Je begint met een bepaalde snelheid en je eindigt met een snelheid van 0 m/s.

Je gemiddelde snelheid is:

$$\frac{\text{beginsnelheid} + \text{eindsnelheid}}{2}$$

Je kunt dat ook in de snelheid-tijdgrafiek zien. De oppervlakte onder grafiek 1 (figuur 14) is even groot als de oppervlakte onder de grafiek met de gemiddelde snelheid (grafiek 2 in figuur 14).

FIG. 14  
Grafiek 1: de snelheid tegen de tijd.  
Grafiek 2: de gemiddelde snelheid tegen de tijd.

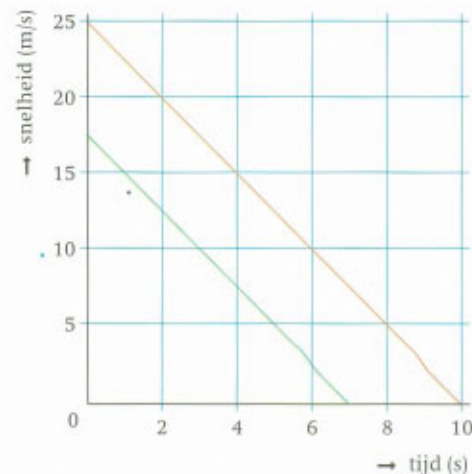


VOORBEELD: Een auto rijdt met een snelheid van 14 m/s (ongeveer 50 km/u). Bereken de remweg, als de auto in 2,0 s tot stilstand komt.

$$\text{Remweg} = \frac{1}{2} \times 14,0 \times 2,0 = 14 \text{ m}$$

In figuur 15 zie je het snelheid-tijd diagram van twee remmende auto's. Auto A rijdt, als hij begint te remmen, met grotere snelheid dan auto B. Het duurt dus langer voordat auto A stilstaat en zijn remweg is veel groter.

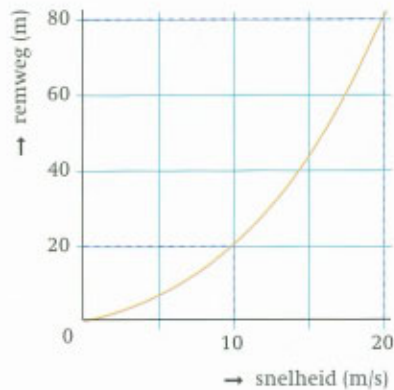
FIG. 15 Het snelheid-tijd diagram van twee remmende auto's met verschillende beginsnelheid bij dezelfde remkracht.



Bij lage snelheden kunnen auto's en fietsers dus veel sneller tot stilstand komen. Dat is een belangrijke reden om je aan de voorgeschreven maximumsnelheden te houden.

We kunnen dit ook nog op een andere manier weergeven. Aan de grafiek van figuur 16 kun je zien hoeveel groter de remweg is bij grotere snelheid. Als de snelheid twee maal zo groot is, is de remweg – bij dezelfde remkracht – vier maal zo groot.

FIG. 16 Het snelheid-remwegdiagram bij dezelfde remkracht.

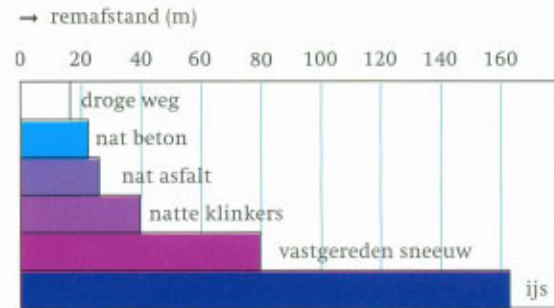


Behalve van de snelheid, hangt de remweg ook af van:

- de kwaliteit van de remmen;
- de kwaliteit van de banden;
- de kwaliteit van de weg.

In figuur 17 zie je hoe de remweg verandert met de aard van het wegdek.

FIG. 17 Het verband tussen de remweg en de kwaliteit van het wegdek.



#### BANDENPROFIEL, SPOORVORMING EN AQUAPLANING

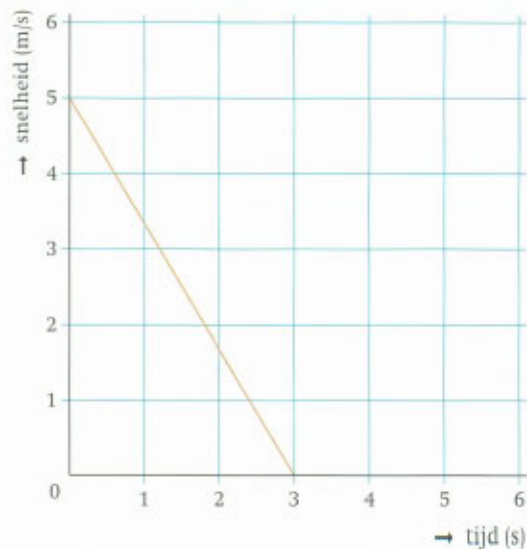
Tijdens het remmen zijn je banden belangrijk. Als de weg nat is, hebben de banden minder 'grip' op de weg. De wrijving met het wegdek is dan kleiner. Daardoor is het effect van het remmen veel kleiner. De auto komt dus later tot stilstand. De banden van een auto moeten een goed *profiel* hebben. Dit profiel zorgt ervoor dat het water snel tussen de profielribbels wordt afgevoerd. Hierdoor is het contact met de weg beter. Als dit niet het geval is, komt er een waterlaagje tussen de band en het wegdek, doordat het water niet snel genoeg kan ontwijken. De wielen gaan daardoor slippen en de auto kan gaan glijden. De kans op slippen is groter bij hogere snelheden en het maken van een bocht.

De banden van de auto's belasten steeds hetzelfde gedeelte van (vooral de rechter) rijbaan. Daardoor kunnen sporen in het wegdek ontstaan, zowel door slijtage van het wegdek als inzakken daarvan bij warm weer. Vooral zware vrachtauto's zijn hier de oorzaak van. Verkeersborden melden *spoorvorming*.

In die sporen blijft veel regenwater staan. De auto wordt door het waterlaagje tussen banden en wegdek onbestuurbaar. Remmen en sturen hebben dan geen enkel effect, net als bij het rijden over ijs. Dit verschijnsel noemt men *aquaplaning*.

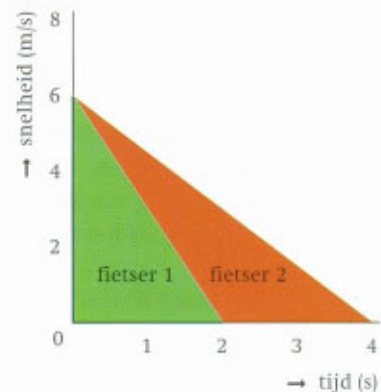
- 1 Je fietst met een snelheid van 15 km/u en maakt een fietstocht van 3 uur.
  - a Teken het afstand-tijddiagram.
  - b Teken het snelheid-tijddiagram.
  - c Arceer in het laatste diagram de oppervlakte die overeenkomt met de afstand die je hebt gefietst.
  
- 2 De remweg is niet altijd even groot. De remweg hangt af van verschillende omstandigheden. Wat gebeurt er met de remweg als:
  - a de snelheid groter wordt?
  - b de remblokjes versleten zijn (en dus niet zo goed meer werken)?
  - c je op een zandweg rijdt?
  - d de weg nat of beijzeld is?
  - e je iemand achterop hebt?
  
- 3 a Bereken de remweg van de fietser waarvan je in figuur 18 het snelheid-tijddiagram ziet.

FIG. 18 De grafiek van een fietser in het snelheid-tijddiagram vanaf het moment dat hij begint te remmen.



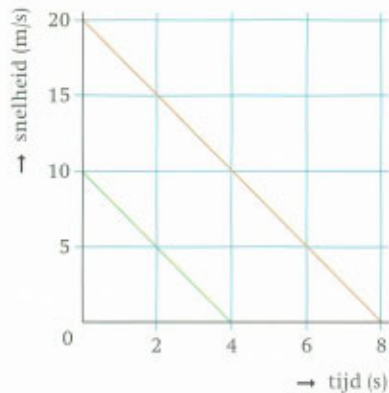
- b Bereken de remweg van de fietsers 1 en 2 waarvan je in figuur 19 de snelheid-tijdgrafieken ziet.

FIG. 19 Hoe groter de oppervlakte onder de grafiek, hoe groter de remweg.



- c Welke van deze twee fietsers heeft de slechtste remmen?
- 4 Bij dezelfde remkracht is de remweg - bij twee maal zo grote snelheid - vier maal zo groot. Toon dit aan met behulp van figuur 20.

FIG. 20 Het verband tussen snelheid en remtijd bij dezelfde remkracht.



## T4 Reactietijd en stopafstand

- 5 Auto A rijdt met een snelheid van 45 km/u en auto B met 90 km/u.
- a** Reken deze snelheden om in m/s. Beide auto's beginnen op hetzelfde moment *met dezelfde remkracht* te remmen. Auto A staat stil na 2 seconde.
- b** Teken het snelheid-tijddiagram van auto A vanaf het moment dat hij begint te remmen. Zet de snelheid verticaal uit (tot maximaal 50 m/s) en de tijd horizontaal (tot maximaal 6 s).
- c** Bereken uit dit diagram de remweg van auto A. Vergelijk de snelheden van A en B, als het remmen begint.
- d** Hoe lang zal de remweg van auto B zijn? Licht je antwoord toe.
- e** Na hoeveel seconden staat auto B stil? Licht je antwoord toe.
- f** Teken in het diagram van vraag 5b ook de snelheid-tijdgrafiek van auto B vanaf het moment dat B begint te remmen.

### Reactietijd

Op tijd gaan remmen, dat is vooral van belang voor automobilisten. Vooral als het mistig is, kan onverwachts een hindernis opduiken.

De automobilist moet zó langzaam rijden dat zijn stopafstand in ieder geval kleiner is dan het zicht. Het zicht is de afstand tot het verst verwijderde voorwerp dat hij nog juist kan zien. Bovendien moet hij ervoor zorgen dat hij voldoende afstand bewaart tot de voor hem rijdende auto's.

Als de automobilist vóór zich een ongeluk ziet gebeuren, remt hij nog niet meteen. Het duurt even voor hij reageert. Dit noemen we: de *reactietijd*.

De reactietijd varieert. Hier zijn enkele factoren die de reactietijd beïnvloeden:

- vermoeidheid;
- leeftijd;
- medicijnen;
- afleiding door medereizigers;
- alcohol;
- afleiding op straat (verkeer, muziek, verkeers- en reclameborden enzovoorts).

### Stopafstand

De stopafstand is de afstand die iemand aflegt in de reactietijd plus de remweg.

Het diagram van figuur 21 toont de snelheid van een auto die met constante snelheid rijdt en dan gaat remmen.

De stopafstand van de auto bedraagt:

$$0,5 \times 14 = 7 \text{ m (afgelegd in de reactietijd)}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (2 \times 14) = 14 \text{ m (afgelegd in de remtijd)}$$

$$\text{stopafstand: } \quad 21 \text{ m}$$

FIG. 21 De snelheid, uitgezet tegen de tijd; reactietijd en remtijd aangegeven.

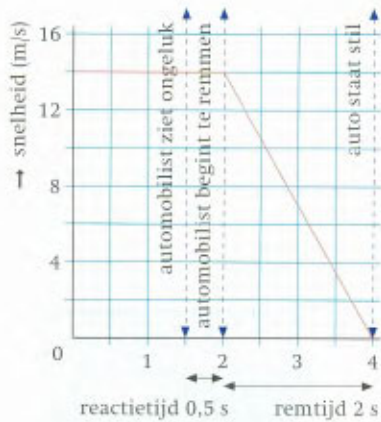


FIG. 23 De mistplek bij Breda (foto Warna Oosterbaan).



Figuur 22 laat zien wat een te grote snelheid bij mist op 6 november 1990 op de A16 bij Breda teweegbracht. De mist was heel plaatselijk, maar óók heel dicht. Het gevolg was een verschrikkelijke kettingbotsing, waarbij 101 personen- en vrachtauto's op elkaar knalden. Daarbij vielen 8 doden en 27 gewonden. Toevallig vloog - vlak na de ramp - een journalist over de rampplek. Hij nam de foto van figuur 23, in de mening daarmee een frappant geval van luchtverontreiniging vast te leggen. De zwarte rookwolk is van de brandende auto's. De witte wolk daaromheen laat zien hoe plaatselijk de mist was.

FIG. 22 De ravage op de A16 na de vreselijke kettingbotsing in de mistplek bij Breda/Prinsenbeek op 6 november 1990.





### Stopafstanden van auto en bromfiets

In figuur 24 zie je de stopafstanden voor auto's en bromfietzers bij verschillende snelheden.

De snelheid waarmee je nog veilig kunt rijden, hangt af van het stuk weg dat te overzien is: minstens de stopafstand.

- 1 Op sommige medicijnen staat: 'Kan de rijvaardigheid beïnvloeden'.  
Wat betekent dat?
- 2 In figuur 25 zie je een poster van Veilig Verkeer Nederland.  
Waarom is alcohol in het verkeer zo gevaarlijk?

FIG. 24 Stopafstanden van auto en bromfiets bij verschillende snelheden.

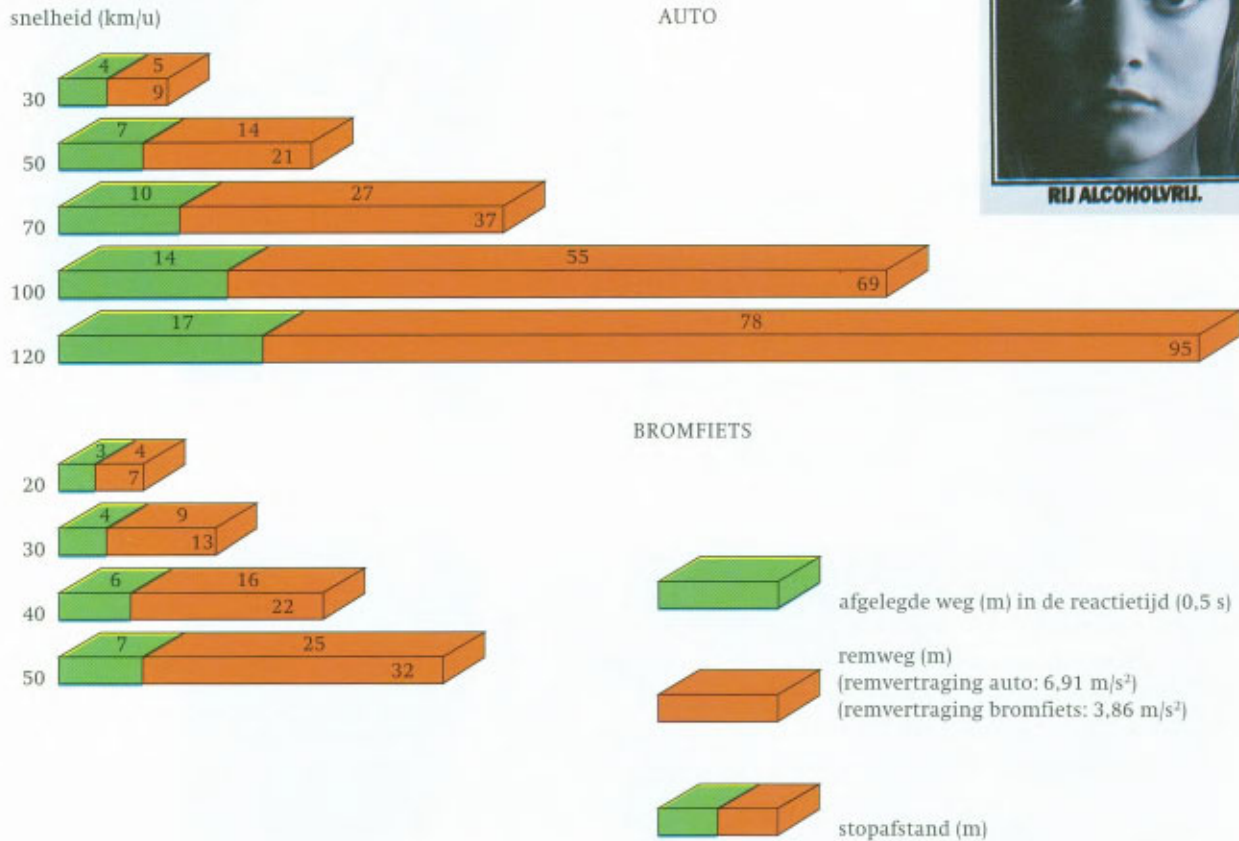


FIG. 25 Rij alcoholvrij.

- 3 Karin fietst met een snelheid van 18 km/u. Haar reactietijd is 0,5 s en ze komt na 2,5 s remmen tot stilstand.
- a Bereken haar remweg.
  - b Bereken haar stopafstand.
  - c Teken een snelheid-tijdgrafiek van de laatste vijf seconden van haar fietstocht.

- 4 Maak voor deze vraag gebruik van figuur 21.
- a Hoe ver moet je de weg kunnen overzien in de bebouwde kom, als je 50 km/u (= 14 m/s) rijdt?
  - b Wat is een veilige snelheid bij mist, als er een zicht is van 50 m?
  - c Hoe groot moet op de snelweg de afstand tot de auto voor je zijn, als je met een snelheid van 120 km/u rijdt?
- Bij een verkeerslicht betekent oranje licht: stoppen als je nog kunt stoppen. Het stoplicht staat zó lang op oranje dat je voldoende tijd hebt om te reageren en te remmen.
- d Hoe lang moet een stoplicht in de bebouwde kom op oranje staan?
- Aanwijzing:* gebruik de gegevens van figuur 24. Bedenk: stoptijd = reactietijd + remtijd.

- 5 Om ongelukken te voorkomen is het heel belangrijk dat je op tijd begint te remmen. Je moet dus goed opletten, zodat je meteen kunt reageren op een gevaarlijke situatie. Verder moet je afstand houden en je snelheid aanpassen. Als weggebruiker moet je goed en ruim van tevoren laten zien wat je van plan bent.
- Maak aan anderen duidelijk waar de stopafstand vanaf hangt en hoe je daar in het verkeer rekening mee moet houden. Dit kan bijvoorbeeld door een stukje voor de schoolkrant te schrijven, waarin je vertelt over de resultaten van je metingen. Je kunt ook een poster maken.

Je hebt in dit blok een aantal begrippen anders zien gebruiken dan je misschien gewend bent. Hier worden deze begrippen eerst nog eens besproken. Daarna moet je deze begrippen toepassen.

## 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 voor de snelheid het symbool  $v$  (van *velocitas* = snelheid).

### GEMIDDELDE SNELHEID

Als je van huis naar school fietst, verandert je snelheid steeds. Als je die afstand in dezelfde tijd met constante snelheid zou fietsen, noem je die constante snelheid: je gemiddelde snelheid. Symbool:  $v_{\text{gem}}$ .  
Nauwkeuriger gezegd:  $v_{\text{gem}}$  is de constante snelheid, waarmee je in dezelfde tijd dezelfde weg zou afleggen.

### METER PER SECONDE

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

### KILOMETER PER UUR

Je maakt een fietstocht van 60 km. Je doet er 4 uur over. Gemiddeld fiets je dan in 1 uur 15 km. Je gemiddelde snelheid was dus 15 km per uur of 15 km/u.

### BEGINSNELHEID

Een auto begint te rijden, als het verkeerslicht op groen springt. Zijn beginsnelheid is dan 0 meter per seconde. Als je de tijd wilt meten die een schaatser doet over de laatste ronde is zijn beginsnelheid (bij het begin van de laatste ronde) *niet* 0 meter per seconde.

De beginsnelheid hoort dus bij het moment dat jij je voor de beweging begint te interesseren. De beginsnelheid kan dus elke waarde hebben.

### TIJDTIKKER

Een tijdtikker zet meestal 50 tikken per seconde op een papierstrook onder de tikkerpen. Tussen twee tikken verloopt dus  $(1 : 50) = 0,02$  s.

Je trekt de strook met constante snelheid onder de pen door. De opeenvolgende stippen blijken dan steeds even ver uit elkaar te staan. Staan de stippen 2 cm uit elkaar dan was de snelheid van de strook:  
 snelheid = afstand : tijd =  $2 : 0,02 = 100$  cm/s.

### INTERVAL

Lees de theorie over de tijdtikker in T1. De tijd tussen twee opeenvolgende tijdstippen heet: een interval.

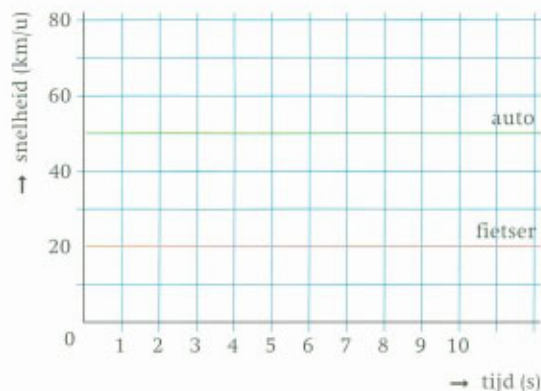
### CONSTANTE SNELHEID

In een auto die met constante snelheid rijdt, geeft de snelheidsmeter steeds hetzelfde getal aan, bijvoorbeeld 110 km/u. Als de auto één uur rijdt, is hij dus 110 kilometer verder.

### REMWEG

Als je remt, sta je niet meteen stil. De remweg is de afstand die je rijdt tijdens het remmen. Hoe groter de snelheid vóór het remmen, des te groter de remweg. Zie ook 'Stopafstand'.

FIG. 26 Het snelheid-tijddiagram met de grafieken van een auto en een fietser.



### REACTIETIJD

Je fietst en voor je steekt iemand plotseling over. Het duurt even, voordat je remt. Deze tijd heet de reactietijd.

### STOPAFSTAND

Je moet remmen voor een overstekende voetganger. Voordat je remt, verstrijkt de reactietijd. Tijdens de reactietijd rijd je dus nog een stukje door. Tijdens het remmen rijd je óók nog enkele meters: de remweg. De stopafstand = de afstand gereden tijdens de reactietijd + de remweg.

### SNELHEID-TIJDDIAGRAM

Uit een snelheid-tijddiagram kun je aflezen hoe snel iets beweegt. In het diagram van figuur 26 zie je de snelheid van een auto en een fietser. Natuurlijk heeft de auto een grotere snelheid dan de fietser.

### AFSTAND-TIJDDIAGRAM

Uit een afstand-tijddiagram kun je aflezen hoe ver iemand gelopen of gereden heeft na zekere tijd. In het diagram van figuur 27 heeft een leerling de afstand tussen zijn huis en school uitgezet. Je kunt aflezen dat de leerling na twee minuten (120 seconden) 480 meter van huis is.

FIG. 27 Het afstand-tijddiagram tussen school en huis.

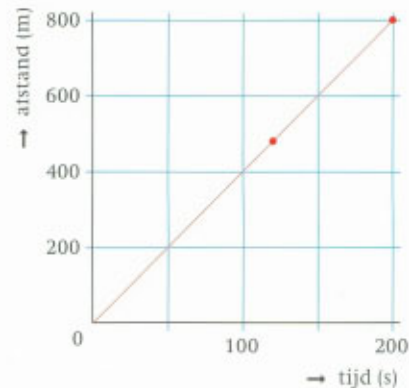
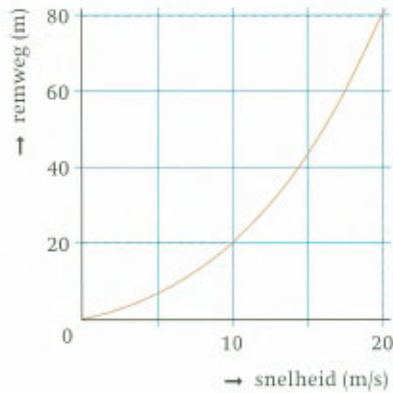


FIG. 28 Het snelheid-remwegdiagram bij dezelfde remkracht.



### LOES

Gisteren fietste Loes naar haar tante. Ze heeft een mountain bike met 12 versnellingen. In de grootste versnelling kun je met zo'n fiets een grote ... bereiken. Je haalt er wel 35 ... mee. Dank zij de goede remmen sta je zo stil. Het is dus een fiets met een kleine ...

Dat gekjaker is niks voor Loes. Ze fietste met een matige ... door de Grotestraat, toen een oude man onverwachts overstak. Loes heeft een prima ... maar moest toch keihard ... om niet over hem heen te vliegen. 'M'n ... was maar 4 meter', zei ze later tegen haar moeder, maar moeder begreep er niets van. 'Nou kijk', zei ze, en ze tekende een diagram 'die lijn gaat eerst horizontaal, dan krijg je een steil stukje en dan ligt de lijn op de as. Een hele tijd zelfs, want ik heb nog even staan praten met die oude man, omdat hij zo geschrokken was. Dan gaat de lijn weer omhoog en weer horizontaal, nu fiets ik weer door. Aan dat steile stukje kun je zien hoe hard ik ... heb. Door dat geklets was ik te laat bij tante. Nou, ma, dit is mijn ..., probeer jij nu het ... te tekenen'.

### SNELHEID-REMWEEDIAGRAM

Hoe harder een auto rijdt, des te groter is zijn remweg. Uit dit diagram (figuur 28) kun je aflezen hoe groot de remweg is bij verschillende snelheden.

### Opgachten

- 1 Hier zijn een aantal begrippen uit de natuurkunde:
- |              |                        |
|--------------|------------------------|
| - tijdtikker | - remweg               |
| - afstand    | - reactietijd          |
| - snelheid   | - gemiddelde snelheid  |
| - remmen     | - snelheid-tijddiagram |

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

- a** Als je op de terugtraprem van je fiets gaat staan, sta je heel vlug stil.  
**b** Als je heel snel fietst en dat een week lang, kun je heel ver komen.  
**c** In deze figuur kun je zien, wanneer de vrachtauto het snelste reed.  
**d** Met het apparaatje dat stippen zet, kun je vaststellen hoe hard een speelgoedautootje rijdt.

**e** Omdat oudere mensen jou op de fiets niet zo snel in de gaten hebben, moet je met hen in het verkeer rekening houden.

**f** Als je van een heuvel af fietst, moet je ervoor zorgen dat je niet te snel gaat.

**g** Ik heb hard gefietst, maar moest regelmatig voor stoplichten stoppen, dus eigenlijk ging ik niet snel.

**h** Die auto scheurt.

- 2 Hierboven staat een verhaaltje waarin een aantal woorden ontbreken. Schrijf deze ontbrekende woorden op in de goede volgorde en voer dan de opdracht aan het eind uit. Je moet kiezen uit de volgende begrippen:

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| - geremd               | - afstand-tijddiagram |
| - snelheid-tijddiagram | - remweg              |
| - kilometer per uur    | - reactiesnelheid     |
| - stopafstand          | - gemiddelde snelheid |
| - snelheid             | - remmen              |

Probeer de twee diagrammen te schetsen waar Loes het over heeft.

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 grootheid) 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 moet je een diagram tekenen. Je moet bovendien zo veel mogelijk uit het diagram te weten zien te komen.

Rob zit bij zijn moeder in de auto. Ze moeten een heel eind rijden. Rob verveelt zich. Zijn moeder stelt voor dat Rob bijhoudt hoe ze rijden.

‘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. 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 en de snelheid op.

In de tabel van figuur 29 zie je de waarnemingen van Rob.

**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 drie minuten de snelheid steeds even groot is?

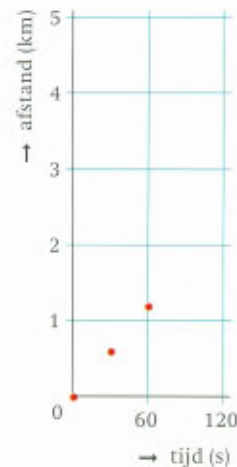
FIG. 29

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
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

**2** Een afstand-tijddiagram.

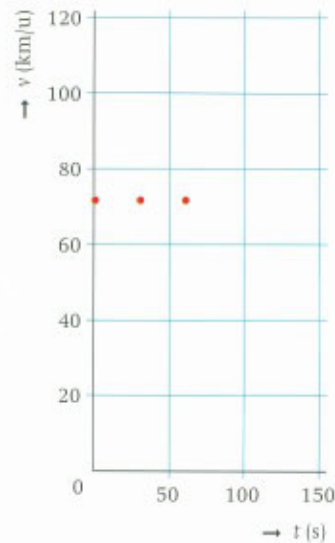
- a** Maak een diagram waarin je de afstand uitzet tegen de tijd (zie figuur 30).
- b** Hoe kun je aan de grafiek zien dat de snelheid de eerste 3 min constant is?
- c** Wat gebeurt er na 3 min?
- d** Vanaf 6 min staat de auto stil. Hoe zie je dat in de grafiek?
- e** Leg uit waarom de grafiek er dan zo uitziet.

FIG. 30 Afstand-tijddiagram, behorend bij de tabel in figuur 29. De eerste drie punten van de grafiek zijn al voor je getekend.



- 3 Een snelheid-tijddiagram.
- Maak een diagram waarin je de snelheid uitzet tegen de tijd (zie figuur 31).
  - Hoe kun je aan de grafiek zien dat de snelheid de eerste 3 min constant is?
  - Wat gebeurt er na 3 min?
  - Vanaf 6 min staat de auto stil. Hoe zie je dat aan de grafiek?

FIG. 31 Snelheid-tijddiagram, behorend bij de tabel in figuur 29 en het diagram in figuur 30. De eerste drie punten van de grafiek zijn al voor je getekend.

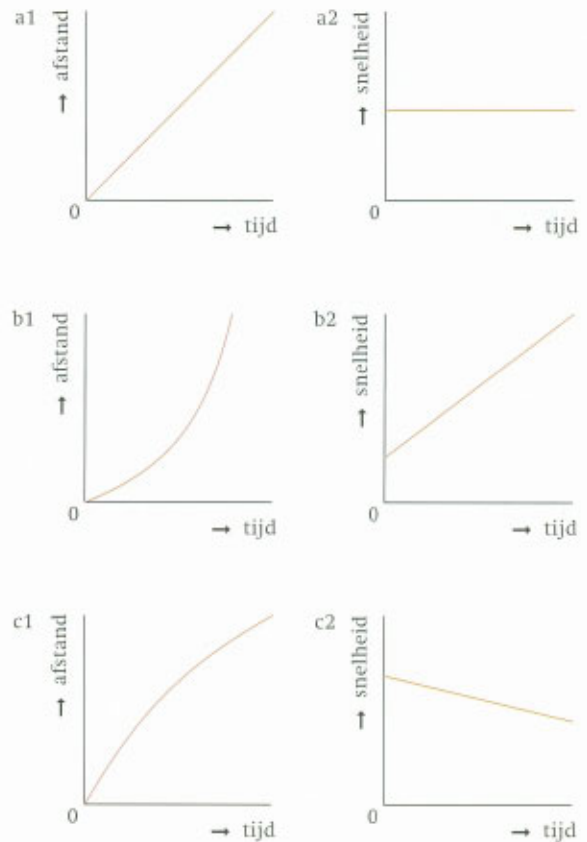


- 4 Het diagram gebruiken.
- Bepaal uit de diagrammen de afstand en de snelheid op het tijdstip  $t = 290$  s.
  - Op welk tijdstip was de snelheid het grootst?
  - Hoe kun je dat in het afstand-tijddiagram zien?
  - Hoe kun je dat in het snelheid-tijddiagram zien?
  - Een van de metingen van de afstand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

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

- 5 In figuur 32 staan een aantal diagrammen van bewegingen. Naast ieder afstand-tijddiagram staat het bijbehorende snelheid-tijddiagram.
- Vertel van ieder diagram wat voor soort beweging erbij hoort.
  - 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. 32



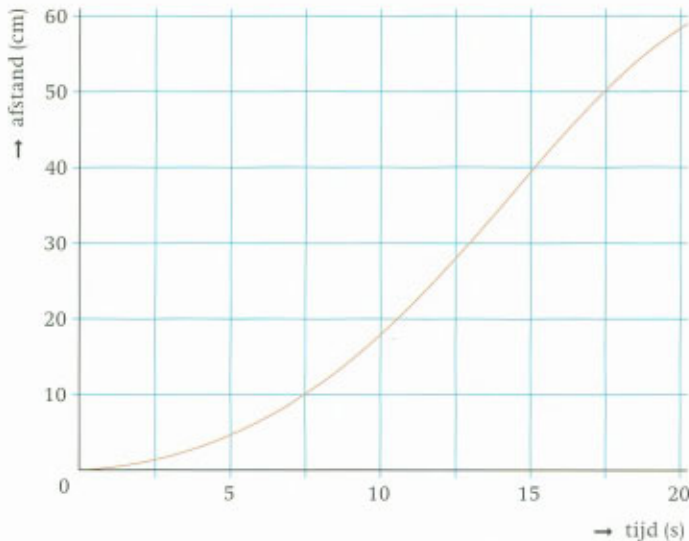
### H3 Rijden, reactietijd, remmen, remweg en stopafstand

FIG. 33 Een knikker rolt van een helling.



- 6 Een knikker rolt van een helling (figuur 33). In figuur 34 staat een afstand-tijddiagram getekend van de rollende knikker.
- Lees af welke afstand de knikker heeft afgelegd tot  $t = 15$  s.
  - Hoeveel heeft de knikker afgelegd tot  $t = 20$  s?
  - Bereken de gemiddelde snelheid vanaf  $t = 15$  s tot  $t = 20$  s.
  - Bereken de gemiddelde snelheid van 0 tot 5 s, van 5 tot 10 s en van 10 tot 15 s.
  - Schets het snelheid-tijddiagram van de beweging van de knikker.
  - Beschrijf de beweging van de knikker.

FIG. 34 Afstand-tijddiagram van de rollende knikker.



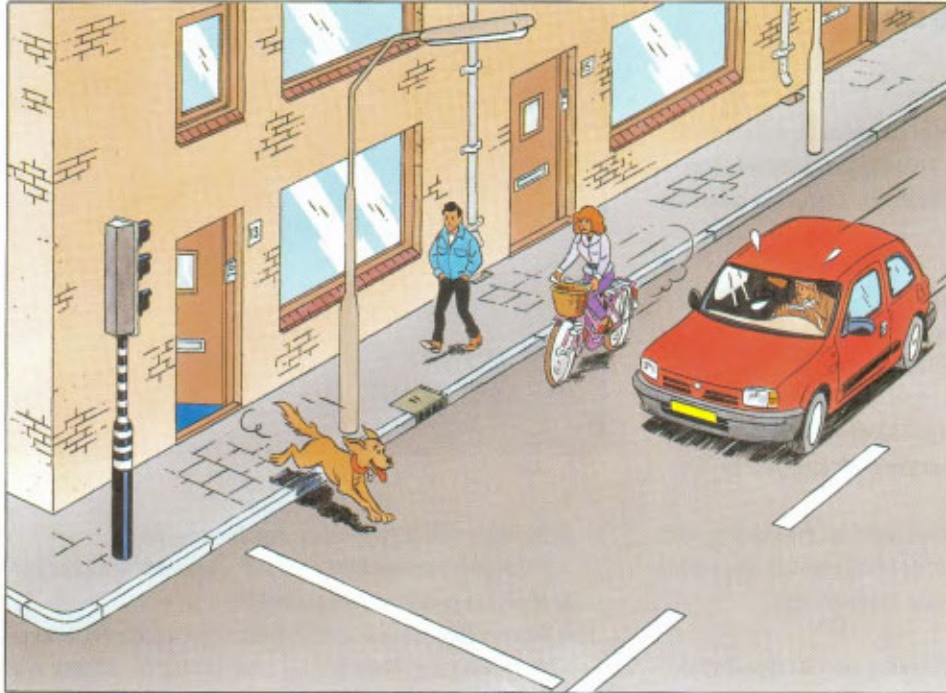
In een straat rijden een auto en een fietser. Er loopt ook een wandelaar (figuur 35). Toevallig passeren de auto, de fietser en de wandelaar elkaar op hetzelfde moment.

Hun snelheden zijn:

- auto 43 km/u
- fietser 19 km/u
- wandelaar 4,5 km/u

- Als de auto met dezelfde snelheid door zou rijden, welke afstand (in km) zou hij dan na een uur hebben afgelegd?
  - Dezelfde vraag voor de fietser, maar nu moet je uitrekenen hoeveel meter hij na een minuut heeft afgelegd.
  - Hoeveel kilometer heeft de wandelaar gelopen na een seconde? Hoeveel meter is dat?
  - Wat is dus de snelheid van de wandelaar in meter per seconde?
  - Bereken de snelheid van de auto in meter per seconde.
- Op nummer 13 gaat een deur open. Iemand laat zijn hond uit, maar is te lui om zelf mee te gaan. Het beest rent de deur uit. De automobilist, die juist naar het stoplicht verderop keek, ziet de hond. Hij schrikt, tilt z'n voet op, plaatst deze op het rempedaal en begint dan pas te remmen. Er is 0,35 seconde verstreken.
- Hoeveel meter rijdt de auto in deze 0,35 seconde reactietijd?

FIG. 35 Verkeerssituatie in een straat.



Nu begint het echte remmen. De auto komt in 3,0 seconden tot stilstand. Je hebt uitgerekend dat de auto een snelheid heeft van 12 meter per seconde. Als de auto begint te remmen, rijdt deze dus 12 m/s. Aan het eind van de remweg is de snelheid van de auto 0 m/s.

- 7 Wat is de gemiddelde snelheid van de auto tijdens het remmen?
- 8 Hoe lang is de remweg?

De stopafstand is de afstand die gereden wordt tijdens het reageren en tijdens het remmen.

- 9 Controleer dat de stopafstand van de auto 22 meter is.

Gelukkig is de hond op tijd gestopt bij een lantaarnpaal.

- 10 Controleer dat de wandelaar tijdens het stoppen van de auto 4,2 meter loopt.
- 11 Lastig: hoe groot is de afstand tussen de fietser en de wandelaar op het moment dat de auto tot stilstand komt?



## E1 Tikkerstroken analyseren

### Practicum

Aan het eind van dit extrastofblad moet je drie tikkerstroken hebben. Eén van een willekeurige beweging, één van een karretje dat een helling afrijdt en één van een vallend blokje.

#### 1 Een willekeurige beweging.

Maak een tikkerstrook door een strook (lengte ongeveer 1 m) met een willekeurige beweging (bijvoorbeeld 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 de 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 36).

Maak een tikkerstrook van een karretje dat van een helling afrijdt. Controleer of de strook bruikbaar is (ongeveer 30 punten is voldoende). Geef op de strook het beginpunt en het eindpunt aan.

#### 3 Een vallend blokje.

Maak een tikkerstrook van de beweging van een vallend blokje.

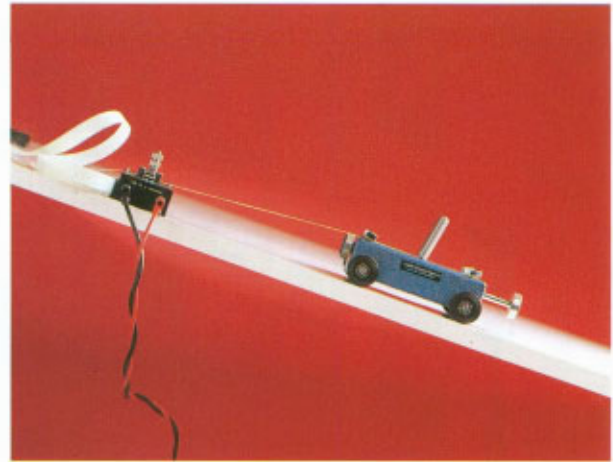
Geef op de strook het begin- en eindpunt aan. (10 punten op de strook is al voldoende.)

#### 4 Vergelijk de drie stroken met elkaar.

**a** Welke verschillen zie je?

**b** Welke overeenkomsten zie je?

FIG. 36 Een karretje op een hellend vlak met een tikkerstrook.



#### 5 Bekijk strook 1 (willekeurige beweging).

**a** Wanneer bewoog je snel en wanneer langzaam?

**b** Hoe zie je dat op de strook?

**c** Schets het snelheid-tijddiagram van de willekeurige beweging. (Het is nog niet nodig de 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) 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 twee stippen is dus 0,02 s verlopen. In die tijdsduur is de strook een eindje verder geschoven (anders stonden alle stippen op elkaar). Ieder interval geeft aan hoeveel de strook in 0,02 s verplaatst is. Je zult zelden alle punten gebruiken voor een grafiek.

Meestal verdeel je de strook in stukken van vijf intervallen of in stukken van twee intervallen (zie figuur 37 en 38).

FIG. 37 Strook A is verdeeld in stukken van vijf intervallen. Eén zo'n stuk geeft aan hoeveel het voorwerp in  $5 \times 0,02 \text{ s} = 0,1 \text{ s}$  is verplaatst.

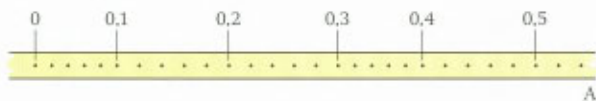
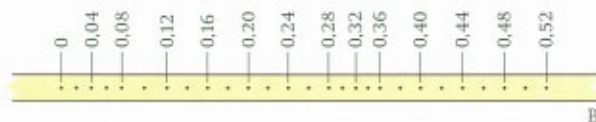


FIG. 38 Strook B is verdeeld in stukken van twee intervallen. Eén zo'n stuk geeft aan hoeveel het voorwerp in  $2 \times 0,02 \text{ s} = 0,04 \text{ s}$  is verplaatst.



- 7** Gebruik de strook van het karretje.
- Verdeel de strook in stukken van vijf intervallen. Zet bij ieder streepje een tijdstip (zie figuur 39).
  - Maak een tabel zoals in figuur 40.
  - Maak met behulp van jouw tabel een afstand-tijd-diagram.

FIG. 39

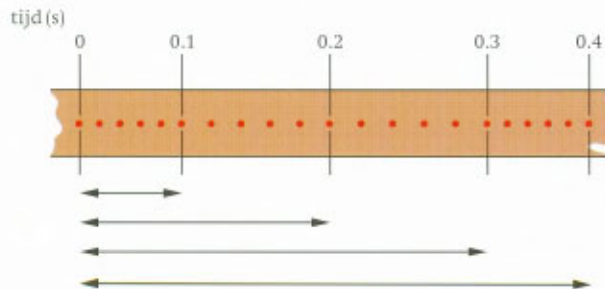
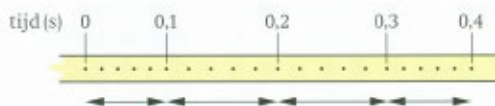


FIG. 40

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 welke afstand 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 (zie figuur 41).

FIG. 41



- Maak een tabel waarin je uitzet: de tijdsduur, de afstand die in die tijdsduur is afgelegd en de bijbehorende gemiddelde snelheid (zie figuur 42).
- Maak van jouw metingen een gemiddelde-snelheid-tijddiagram, zoals in figuur 43.

FIG. 42 Gemiddelde snelheid berekend per 0,1 s.

tijdsduur	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. 43 Gemiddelde snelheid berekend per 0,1 s.

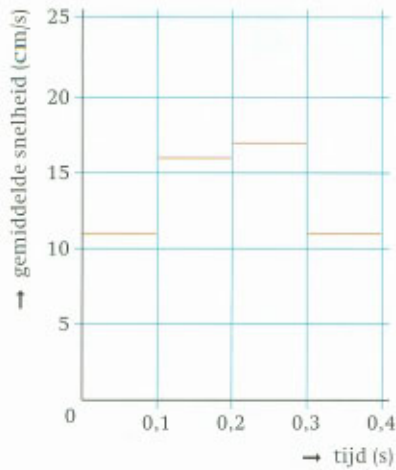


FIG. 44

tijdsduur	afstand (cm)	gemiddelde snelheid (cm/s)
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
...	...	...
...	...	...

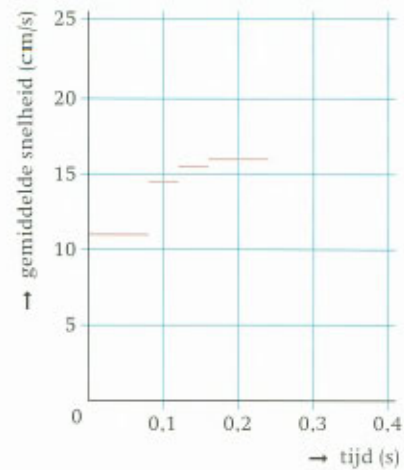
Je kunt ook nauwkeuriger werken. Neem dan niet telkens vijf intervallen (0,1 s), maar twee intervallen (0,04 s).

**c** Maak weer een tabel zoals in figuur 44. Teken de resultaten van je berekeningen in een gemiddelde snelheid-tijddiagram (zie ook figuur 45).

**d** Welke grafiek geeft het beste beeld van de snelheid op ieder tijdstip? Hoe komt dat?

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

FIG. 45



**e** Teken in het diagram de snelheid-tijdgrafiek. Leg het snelheid-tijddiagram en het afstand-tijddiagram naast elkaar.

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

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

**9** Grafieken van de andere tikkerstroken.

**a** Maak van de andere tikkerstroken een afstand-tijddiagram. Bekijk zelf of je met vijf intervallen of met twee intervallen 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** Vergelijk de schetsen die je bij opdracht 5 en 6 gemaakt hebt met de grafieken van opdracht 9. Wat is je commentaar?

**E2 De fiets**

We zetten een fiets zonder kettingkast op zijn kop (figuur 46). Als je de trappers ronddraait, draait het grote tandwiel op de trapas mee. De ketting zorgt ervoor dat het kleine tandwiel op de achteras ronddraait, en daardoor ook het achterwiel.

- 1 a** Draai de trappers rustig rond met constante snelheid. Meet de tijd die nodig is voor 10 omwentelingen van het achterwiel. (Als je de achterband een beetje afremt met je hand loopt het achterwiel niet 'voor' op de trappers). Noteer deze tijd.

FIG. 46 Let goed op het ventiel van het achterwiel. Dan kun je het aantal omwentelingen goed tellen.



De *omlooptijd* is de tijd die nodig is voor één omwenteling van het achterwiel.

- b** Bereken de omlooptijd.

Het aantal omwentelingen in één minuut wordt het *toerental* genoemd. Als de omlooptijd bijvoorbeeld 2,4 seconde is, is het toerental:

$$60 : 2,4 = 25 \text{ omwentelingen per minuut}$$

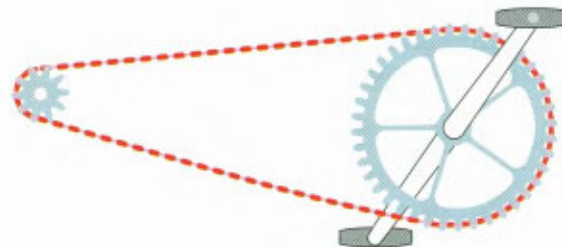
- c** Bereken het toerental van het achterwiel uit de omlooptijd.

We vergelijken nu de omwentelingen van de trappers en die van het achterwiel. Draai de trappers langzaam en precies vijf maal rond. Rem het achterwiel een beetje af met je hand. Tel het aantal omwentelingen van het achterwiel. (Schat het deel van de laatste omwenteling, als de laatste omwenteling niet geheel voltooid wordt.)

- d** Hoeveel keer draait het achterwiel rond, als de trappers één maal worden rondgedraaid (één cijfer achter de komma)?

Het getal dat je nu gevonden hebt, is de *overbrengingsverhouding* tussen trappers en achterwiel. Als het grote tandwiel op de trapas meer tanden bevat, draait het achterwiel vaker rond. Dan is de overbrengingsverhouding dus groter (figuur 47).

FIG. 47 Het grote tandwiel heeft 40 tanden, het kleine tandwiel heeft 10 tanden. Als je de trappers één maal ronddraait, draait het kleine tandwiel vier maal rond.



- e** Tel de tanden op het grote en op het kleine tandwiel. Noteer de aantallen.

Voor de overbrengingsverhouding geldt:

$$\text{overbrengingsverhouding} = \frac{\text{aantal tanden grote tandwiel}}{\text{aantal tanden kleine tandwiel}}$$

- f** Bereken de overbrengingsverhouding.

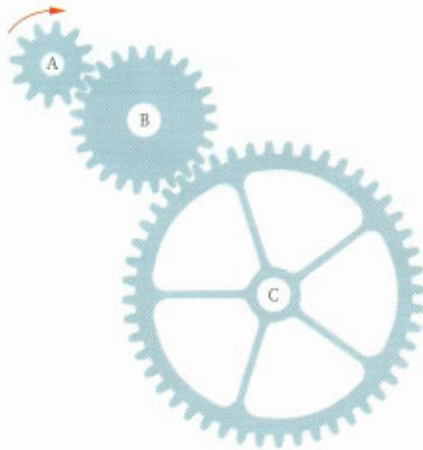
- g** Zijn je antwoorden bij f en d gelijk?

Nu volgen nog enkele opgaven om je nieuwe kennis uit te testen.

## Oefenvragen en opgaven

- 2 **a** In hoeveel minuten draaien de secondenwijzer, de minutenwijzer en de urenwijzer van een klok rond?
- b** Bereken de toerentallen van de drie wijzers van de klok.
- 3 Het puntje van de minutenwijzer (de grote wijzer) van een torenklok doorloopt een cirkelomtrek van 18 meter.
- a** Hoe groot is de omlooptijd van die minutenwijzer (in s)?
- b** Bereken de snelheid van het puntje van de minutenwijzer in mm/s.
- c** Het puntje van de urenwijzer (de kleine wijzer) van die torenklok heeft een andere snelheid. Is die groter of kleiner dan bij de minutenwijzer? Geef twee redenen voor je antwoord.
- 4 Je fietst tegen een helling op. Wat heb je het liefst: een grote of een kleine overbrengingsverhouding? Leg je antwoord uit.
- 5 Je ziet in figuur 48 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. 48



- 1 In figuur 49 zie je de tijdtikkerstrook van een valbeweging op ware grootte. De tijdtikker zet iedere 0,02 seconde een stip.

Maak een tabel zoals in figuur 50 hiernaast.

Met behulp van deze tabel kun je een afstand-tijd-diagram en een snelheid-tijddiagram maken. Bedenk bij het maken van het 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.

VOORBEELD: Stel de afstand tussen twee stippen is 9,0 mm = 0,90 cm; dan is  $v_{\text{gem}}$  over dat interval  $0,90 : 0,02 = 45 \text{ cm/s}$ .

Voor uitgebreide uitleg: zie E1 opdracht 8.

- 2 In figuur 51 zie je een tabel van de recordrace van Ben Johnson tegen Carl Lewis. Tussen 50 m en 70 m bereiken de beide sprinters hun topsnelheid.
- a** Reken deze snelheid om in m/s.
- b** Stel dat ze de gehele 100 m met deze topsnelheid gelopen zouden hebben. Bereken dan de tijd die ze over deze 100 m gelopen zouden hebben.
- c** Bereken uit de tabel de finishtijden van beide lopers.
- d** Geef twee redenen waarom de gemiddelde snelheid tijdens de eerste 10 m laag is.
- e** Maak een staafdiagram van de gemiddelde snelheid tegen de afstand voor Johnson. Neem horizontaal voor elke 10 m een lijnstukje van 1 cm en verticaal voor elke 10 km/u een lijnstukje van 2 cm.
- f** Hoe kun je uit de grafiek zien waar hij het snelst ging?

FIG. 49

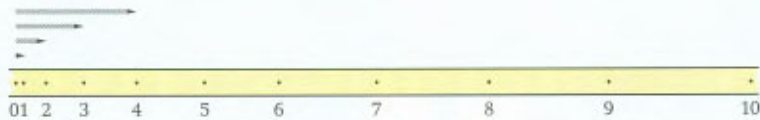


FIG. 50

afstand tussen stippen (cm)	afstand vanaf begin (cm)	tijd vanaf begin (s)	gemiddelde snelheid van het interval (cm/s)
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

FIG. 51 'Record Johnson'

Johnson		Lewis		
tijd	km/u	afstand	tijd	km/u
1,86	19,35	0 – 10 m	1,94	18,56
1,01	35,64	10 – 20 m	1,03	34,95
0,93	38,71	20 – 30 m	0,95	37,89
0,86	41,86	30 – 40 m	0,85	42,35
0,89	40,45	40 – 50 m	0,90	40,00
0,83	43,37	50 – 60 m	0,83	43,37
0,83	43,37	60 – 70 m	0,83	43,37
0,90	40,00	70 – 80 m	0,90	40,00
0,87	41,38	80 – 90 m	0,86	41,86
0,85	42,35	90 – 100m	0,84	42,86



Een andere manier om de beweging van de sprinters in beeld te brengen is de afstand uit zetten tegen de tijd.

**g** Doe dit voor Lewis. Neem horizontaal voor elke seconde 1 cm en verticaal voor elke 10 m 1 cm.

**h** Wat kun je uit deze grafiek méér halen dan uit het staafdiagram?

- 3** Als een sprinter vertrekt, voordat er 0,1 s na het startschot is verstreken, is de start vals.
- a** Waarom zou men deze tijd gekozen hebben?
- b** Hoe zou men deze tijd tussen startschot en vertrek van de sprinter kunnen meten?

Het geluid van het startschot heeft een bepaalde tijd nodig om de oren van de sprinters te bereiken.

**c** Bereken deze tijd, als de starter circa 6 m van de sprinters af staat en het geluid een snelheid heeft van 300 m/s.

**d** Vind je dat men bij wedstrijden rekening moet houden met deze tijd? Leg je antwoord uit.

**e** Wat is de beste plek voor een starter bij een wedstrijd?