

Blok 6 Optrekken en afremmen

INHOUD

	PRACTICUM
P1	Snel en nog sneller
P2	De valbeweging
P3	Krachten en snelheden
P4	Remmen en botsen
	BASISSTOF
TW0	Herhaling
TW1	Snel en nog sneller
TW2	De valbeweging
TW3	Krachten en snelheden
TW4	Remmen en botsen
	HERHAALSTOF
H1	Vraagstukken oplossen
H2	Vallen
	EXTRASTOF
E1	Oefenvragen en opgaven
E2	De horizontale worp
E3	Vrije experimentele opdrachten

TIJDSINDELING

T0,W0	1 lesuur
P1	1 lesuur
T1,W1	1 lesuur
P2	1 lesuur
T2,W2	2 lesuren
P3	1 lesuur
T3,W3	2 lesuren
P4	1 lesuur
T4,W4	2 lesuren
D-toets	1 lesuur
H/E-stof	2 lesuren
E-toets	1 lesuur
Totaal	16 lesuren

ALGEMEEN

In dit blok wordt de behandeling van de mechanica voortgezet, waarmee in blokken 4 en 6 van deel 1mhv is begonnen. Deze blokken worden kort herhaald. De versnelling en de afstand van de eenparig versnelde bewegingen worden behandeld, gebruik makend van de gemiddelde snelheid en niet met de s_t -formule. Het blijkt dat deze formule voor geen enkel vraagstuk noodzakelijk is. Bij de valversnelling komt de s_t zonder beginsnelheid wel aan de orde. Vooral aan de hand van contexten worden de eerste en tweede wet van Newton behandeld. Het blok besluit met toepassingen in het verkeer. Het blok bevat voorstellen voor practicum in de vorm van een klein open onderzoek.

BASISVORMING

Aan de orde komen de leerdoelen G 16.1, G 16.4, G 16.5 en G 16.6.

BIJ BLOK 6

P1

Via vragen wordt oude kennis opgehaald. Vervolgens tekenen leerlingen kwalitatieve snelheid-tijd- en afstand-tijdgrafieken van eenparige en eenparig versnelde bewegingen. Geen proeven dus.

BIJ BLOK 6

P2

Na een demonstratie van de vrije val analyseren de leerlingen de tikkerstrook van de valbeweging.

Benodigd materiaal:

- vacuümpomp met valbuis (voorzichtig!)
- tijdtikker,
- gewichtje (met één tot drie tijdtickers kunnen voor een hele klas stroken worden gemaakt.)

BIJ BLOK 6

P3

Via vragen wordt oude kennis opgehaald. Met de luchtkussenbaan (demonstratie) wordt het verband tussen kracht, tijd en snelheidstoename onderzocht.

Benodigd materiaal:

- luchtkussenbaan met een slee, fotocellen, katrol en verschillende massa's

Dit practicum bevat 18 korte beschrijvingen van onderzoekjes die door leerlingen zouden kunnen worden uitgevoerd. Het is wellicht mogelijk om de leerlingen verschillende proefjes uit te laten voeren, waarbij de moeilijkheidsgraad wordt aangepast aan de leerlingen. Een schriftelijk verslag zou ingeleverd moeten worden. Ook mondelinge verslaggeving in de klas is een optie. Per proef volgen hier enkele aanwijzingen. De moeilijkheidsgraad wordt aangegeven met M, MM, of MMM: meer M-en is moeilijker.

1 Reactietijd met liniaal (M, halve les)

Reactietijd van beide leerlingen laten meten. Variatie: Liniaal laten vallen door geopende hand, ofwel langs de muur onder de 'rem'voet door. Gezichtsvermogen (proefpersoon kijkt) maar ook gevoel (proefpersoon wordt aangestoten) en gehoor (proefpersoon wordt gewaarschuwd door geluid) kunnen een rol spelen. De metingen minstens drie maal laten uitvoeren. Formule:

$$\text{valafstand in centimeter}/490 = \text{valtijd}^2$$

Zie ook bijlage 1 achter dit blok, die informatie en aanwijzingen bevat voor deze proef! De bijlage is een overdruk van bladzijde 24 uit 'Verkeer', een experimentele uitgave van PLON uit 1983.

2 Teken van school-thuis route (M of MM, één les)

Voor wie durft (MM): stuur de leerling(en) naar buiten, laat afstanden meten met een afstandsmeter op de fiets en laat de route tekenen zonder kaart. Stel hoge eisen aan de zelfgemaakte kaart en de beschrijvingen van onveilige situaties.

De route kan ook getekend worden (M) met behulp van een stadsplattegrond. De 'proef' kost dan beduidend minder tijd.

3 Remkracht van de fiets (MM, halve les)

Hoewel het waarschijnlijk nauwkeuriger is de remkracht te meten in een rijdende situatie, is het zeker ook interessant de remkracht bij stilstand te meten. Een leerling zit op de fiets, houdt zich in evenwicht tegen een muur of boom en remt met een handrem. De tweede leerling trekt de fiets vooruit met een veerunster. Met blokjes van verschillende afmetingen tussen stuur en remhendel kan de remkracht ingesteld worden (zie bijlage 2, blz. 28 en 29). De remkracht van de voor- en achterrem moet apart worden gemeten.

4 Versnelling van de zwaartekracht bepalen met een slinger (M, één les)

Toepassingen van:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g}$$

Laat de leerling(en) de slingertijd meten van bijvoorbeeld drie slingers: lengte 0,3; 1 en 2 meter.

5 Botsingen op de luchtkussenbaan (MMM, één les)

De sledes zijn voorzien van elastiek of magneten met de gelijknamige polen naar elkaar toe gericht. Slede 1 krijgt een reproduceerbare snelheid (v_1) met behulp van een valgewicht dat over een ingestelde afstand valt. Slede 2 staat stil en krijgt na de botsing de snelheid v_2 . Slede 1 krijgt de snelheid v_3 . De drie snelheden moeten na elkaar met behulp van een of twee fotocellen gemeten worden. Onderzoeksvraag: klopt $m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v_3 + m_2 \cdot v_2$?

6 De remweg van kleibolletjes (MM, één les)

Laat van klei bolletjes kneden van gelijke massa en laat deze vallen van verschillende hoogten. Opmeten van de cirkelvormige platte onderkant na de val en vergelijken met een getekende cirkel met de straal van de bolletjes levert de remweg. Wat levert de grafiek valhoogte/remweg? MMM: op de meetresultaten kan de formule $F \times \text{remweg} = m \cdot g \cdot h$ losgelaten worden.

Een alternatief voor de kleibolletjes zijn grote stalen kogels of knikkers die op een harde ondergrond vallen waarop een vel papier met een vel carbonpapier erop.

7 Je maximale fietssnelheid bepalen (MM, halve les)

Deze proef moet buiten worden uitgevoerd. Denk aan veiligheid! Als de maximumsnelheid is bereikt, drukt de proefpersoon de stopwatch in, trapt nog bijvoorbeeld drie pedaalslagen en drukt dan de stopwatch weer in. Voor of na deze meting moet de leerling de afgelegde weg na één pedaalslag opmeten.

8 Onderzoek van veiligheidshelmen (MM, één les)

Geen destructief onderzoek! De gedachte achter deze opdracht is dat leerlingen goed kijken (vorm van de helm, dikte voering, sluiting, enz.) en hun waarnemingen bij voorkeur vooral met tekeningen weergeven. Mogelijk meten: het gewicht van de helmen.

9 De remweg van je fiets meten (MM, één les)

Deze proef komt overeen met die in P3, blok 4 van deel 1 m.h.v. Uitbreiding: de remkracht bepalen met $F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v^2$. De gevonden remkracht kan vergeleken worden met die uit proef 3 hiervoor. Zie ook bijlage 2 achter dit blok, die informatie en aanwijzingen bevat voor deze proef. De bijlage is een overdruk van de bladzijden 28, 29, 30 en 66 uit 'Verkeer', PLON, 1983.

10 De wrijvingskracht van een fiets meten (MM, halve les)

Is één van de twee fietsen voorzien van een snelheidsmeter, dan kan een serie metingen worden uitgevoerd voor de relatie snelheid/wrijving. Deze proef kan aangevuld of vervangen worden door een meting van de rolwrijving. Zie ook bijlage 3 achter dit blok, die informatie en aanwijzingen bevat voor deze proef. De bijlage is een overdruk van de bladzijden 42 t.e.m. 44 uit 'Verkeer', PLON, 1983.

11 Benzineverbruik van auto's (MM, één les)

Het gaat hierbij om het vinden en ordenen van informatie verkregen uit folders van auto's: Autokampioen, boekjes uit de bibliotheek en dergelijke. *Vooraf moet informatie verzameld zijn.*

12 Onderzoek van de loopbeweging van je been met een tijdtikker (MMM, één les)

Bevestig de tikkerstrook aan been of voet. Stilstandtijd is gelijk aan beweegtijd.

13 Onderzoek aan stoplichten en kruispuntverkeer (MM, één les)

Voordat wordt gemeten, moeten de onderzoeksvragen eerst goed geformuleerd worden, zoals: meting van rood-, groen- en oranjetijd in beide richtingen; zijn de tijden afhankelijk van het verkeer m.a.w. zijn er inductielussen; is de invloed van één auto gelijk aan die van verschillende auto's op de tijd; schakelen groen aan en oranje uit gelijktijdig.

14 Overbrengverhoudingen bij een derailleur (M, één les)

Hoeveel meter per pedaalslag rijdt de fiets bij ieder van de tandwielcombinaties? Hoe verhouden de aantallen tanden zich?

15 Wedstrijd tussen fietser en hardloper (MM, één les)

Dit is de proef waarover in P1 (vraag 3) is nagedacht. Fietser A en hardloper B houden de wedstrijd. Voor iedere afstand van 10 tot 40 of meer meter wordt opnieuw gestart. C start, D staat bij de eindstreep (10 m, 20 m enz.) met twee stopwatches. De snelheid-tijdgrafiek kan worden afgeleid uit de grafiek van de gemiddelde snelheden.

16 Een karretje rijdt van een helling, gekoppeld aan een tijdtikker (MM, één les)

Uit de afstand-tijdgrafiek is een snelheid-tijdgrafiek af te leiden. Alleen als voldoende hulp kan worden geboden.

17 Valsnelheden van stalen kogeltjes in glycerine (M, halve les)

Metingen voldoende herhalen voor reproduceerbare resultaten. Er kan een grafiek van de relatie doorsnede/snelheid gemaakt worden.

18 Meting aandrijfkracht bij een dynamo die wel/geen stroom levert (MMM, één les)

Een fiets met dynamo maar ook een losse dynamo zou gebruikt kunnen worden. In het laatste geval moet op de dynamokop een busje gemaakt worden om touw op te wikkelen. De dynamo wordt aangedreven door de zwaartekracht op grotere en kleinere gewichten. Waarschijnlijk is het beter met behulp van touw en katrollen een voldoende lange valweg te maken. Via $F \cdot v$ kan een uitspraak worden gedaan over het gebruikte vermogen.

Benodigd materiaal voor de onderzoekjes:

1 lange liniaal

2 stadsplattegrond en/of fiets met afstandsmeter

3 fiets met handremmen, blokjes van verschillende dikte, plakband om blokjes vast te zetten onder stuur, krachtmeters 100 tot 1000 N

4 touw, gewichtje, statief, stopwatch

5 luchtkussenbaan, twee sledes met elastiek of magneten, fotocellen, katrol en verschillende massa's

6 klei of plasticine, weegschaal, liniaal, stalen kogels of knikkers plus carbonpapier.

7 fiets, stopwatch, meetlint (of stoeptegels van 30 cm tellen!)

8 bromfietshelmen van klasgenoten

9 fiets, stopwatches, meetlint (of stoeptegels tellen)

10 fiets, krachtmeter 100 N, stevig touw

11 reclamefolders en andere documentatie: Autokampioen, enz.

12 tijdtikker

13 stopwatches, meetlint (of stappen tellen)

14 fiets met derailleur, meetlint of meetlat

15 fiets, stopwatches, meetlint (of stoeptegels tellen)

16 tijdtikker, plank, speelgoedkarretje of -autootje

17 stopwatch, glycerine, fietskogels in diverse maten

18 fiets of losse dynamo, katrollen, statiefmateriaal, touw, gewichtjes

BIJ BLOK 6

T0

Herhaling van eenheden, grootheden, formule voor constante snelheid, afstand-tijd- en snelheid-tijd-diagrammen, evenredigheid, krachten in verkeer, berekening van remweg, reactietijd en stopafstand.

BIJ BLOK 6

T1

Het begrip versnelde beweging en beweging met constante snelheid wordt verhelderd met voorbeelden. Voor een kwalitatief begrip van verschillende soorten rechtlijnige bewegingen wordt de denkbeeldige wedstrijd tussen een fietser en een hardloper besproken. Het begrip versnelling wordt uitgelegd. Er wordt uitgelegd hoe met behulp van de gemiddelde snelheid de afstand bij een versnelde beweging kan worden berekend.

BIJ BLOK 6

T2

De valbeweging wordt besproken. Deze beweging wordt gebruikt om de (v,t) -grafiek van een versnelde beweging te tonen. De afstandsformule voor een eenparig versnelde beweging in zijn eenvoudigste vorm wordt toegelicht. Er worden voorbeeld-sommen gegeven en een opsomming van grootheden en formules.

BIJ BLOK 6

T3

Aan de hand van een groot aantal foto's wordt de werking van een kracht (versnelling, evenwicht in stilstand en bij beweging) duidelijk gemaakt. Nu worden de eerste twee wetten van Newton geformuleerd. De tweede wet (snelheidstoename afhankelijk van kracht en tijd) wordt toegepast in enkele voorbeelden.

BIJ BLOK 6

T4

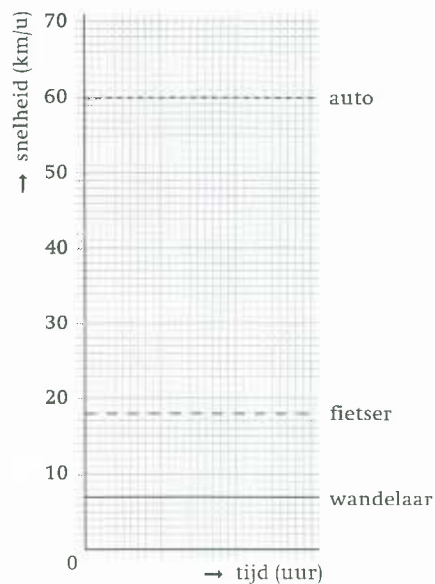
Dit is een paragraaf waarin kennis uit vorige paragrafen wordt toegepast op verkeerssituaties: remwegberekeningen, kwalitatieve toepassingen van veiligheidsmaatregelen.

ANTWOORDEN BLOK 6

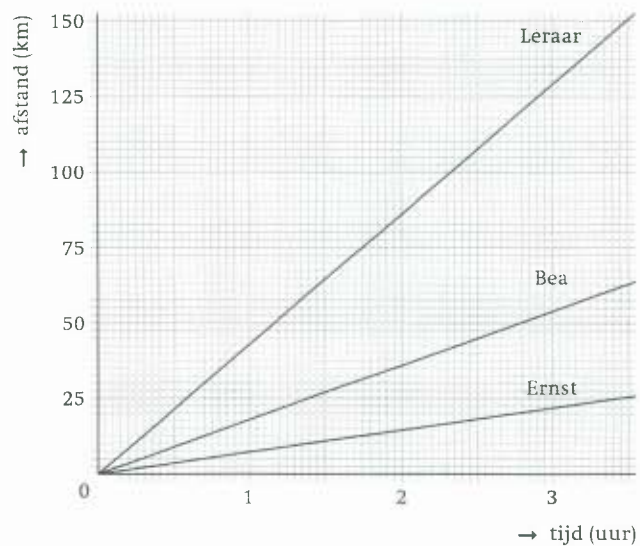
P1

- 1 a m/s of km/u
b $v_{\text{gem}} = s/t = 50/3 = 16,7 \text{ km/u}$; dat is:
 $16,7/3,6 = 4,6 \text{ m/s}$
c $v_{\text{gem}} = s/t$

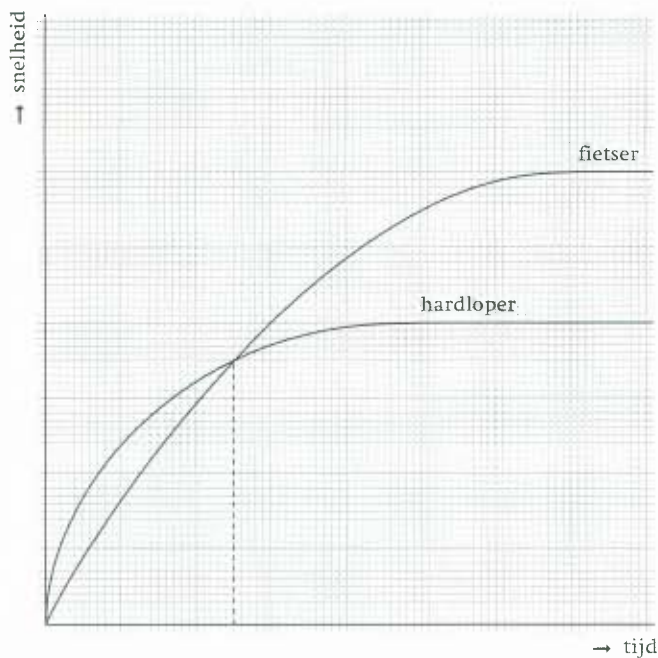
- 2 a Zie figuur.



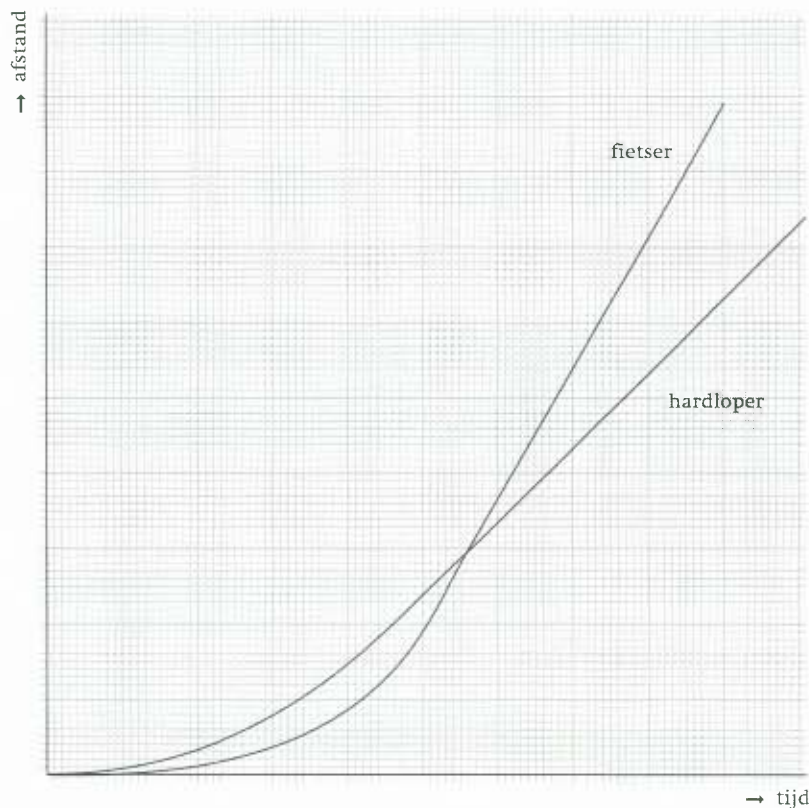
- b Omdat de afstand toeneemt, als de tijd toeneemt.
- c Zie figuur.



- 3 **a** Hun beginsnelheden zijn 0 km/u.
b Vlak na de start ligt de hardloper al snel voor op de fietser. De fietser loopt daarna in op de hardloper en ligt na enige tijd vóór op de hardloper.
c Zie figuur.



- d** Dit is het tijdstip waarop de beide grafieken elkaar snijden.
e Zie figuur. De fietser haalt de hardloper in op het tijdstip waarop beide grafieken elkaar snijden.



- f** Bij het inhalen gaat de fietser sneller. Het tijdstip van gelijke snelheden was dus vóór het inhaal-tijdstip.

ANTWOORDEN BLOK 6

P2

- 1 **a** Met de lucht erbij was de knikker eerder beneden. In de luchtledige buis zijn knikker en watten gelijk beneden.
b De watten ondervonden meer wrijving van de lucht dan de knikker. In vacuüm ondervinden beide geen wrijving.
- 2 **a** De tweede stip staat vlak naast de eerste.
b De afstand tussen de stippen wordt steeds groter; per 0,02 s wordt dus steeds een langere weg afgelegd.
c Door de gemiddelde snelheid over het laatste interval te berekenen (lengte laatste interval delen door 0,02); na 0,02 s zal de snelheid praktisch nog gelijk zijn aan die gemiddelde snelheid.
d Door het aantal intervallen te tellen en te vermenigvuldigen met 0,02 s.
In de opgave hoort nog te staan dat figuur 6 is getekend op schaal 1:5. We vinden dan:
 $v_{\text{eind}} = (1,6 \times 5) / 0,02 = 400 \text{ cm/s} = 4 \text{ m/s}$
 $v_{\text{begin}} = 0 \text{ m/s}$
 $\Delta t = 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ s}$
 $a = (4 - 0) / 0,44 = 9,1 \text{ m/s}^2$

ANTWOORDEN BLOK 6

P3

- a** Spierkracht, zwaartekracht, veerkracht, wrijvingskracht, magnetische kracht, elektrische kracht.

b Eenheid van kracht: newton (N); eenheid van snelheid: meter per seconde (m/s).
- a** De zwaartekracht en de normaalkracht (uitgeoefend door het wegdek).

b De omlaag gerichte pijl van F_z en de omhoog gerichte van F_n moeten even lang zijn!

c De stuwkracht van de motor F_m en de wrijvingskracht F_w .

d Als de auto een constante snelheid heeft, moeten F_m (in de rijrichting) en F_w (tegen de rijrichting in) even lang zijn. Als de snelheid toeneemt moet $F_m > F_w$ zijn; maar er is niets gegeven over de soort snelheid.
- a** Een kracht is er de oorzaak van dat de snelheid van een voorwerp verandert in grootte en/of in richting. Voorbeelden:

 - Als je van een heuvel afrijdt met je fiets, neemt je snelheid toe.
 - Als je ineens sterke tegenwind krijgt op een horizontale weg, neemt je snelheid af.
 - Als je een kogel aan een touw rondslingert, verandert de snelheid voortdurend van richting door de spankracht in het touw.

b Als je niet hard fietst en met kracht remt, krijg je een korte remweg.
- a** door een slede met een kleine massa te nemen;

b door een zwaar gewichtje aan de lange draad te hangen;

c door de luchtkussenbaan naar omlaag te laten hellen;

d door een zwaarder gewichtje en een baanhelling te combineren;

e door een langere draad te nemen, zodat het gewichtje langer aan de slede trekt.
- a** Je meet de afstand tussen de fotocellen op, die de slede aflegt nadat het gewichtje op de steltafel was gestuit (de snelheid tussen de fotocellen bleef dus constant). Je deelt dan deze afstand door de met de fotocellen gemeten tijd.

c – twee maal zo groot.
– een half maal zo groot.
– twee maal zo groot.

ANTWOORDEN BLOK 6

P4

Individueel of groepsonderzoek; keuze uit 18 experimenten.

ANTWOORDEN BLOK 6

W0

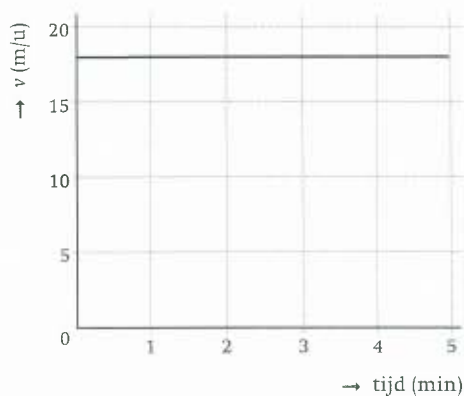
- a** $100 \text{ km/u} = 100/3,6 = 28 \text{ m/s}$

b $2 \text{ m/s} = 2 \times 3,6 = 7,2 \text{ km/u}$
- $800 \text{ m} = 0,8 \text{ km}$

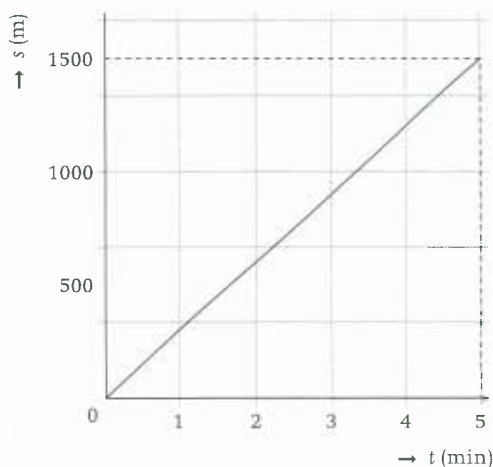
$t = s/v = 0,8/3 = 0,27 \text{ uur} = 16 \text{ minuten}$
- a** $5 \text{ minuten} = 5/60 = 0,083 \text{ uur}$

$s = v \cdot t = 18 \times 0,083 = 1,5 \text{ km}$

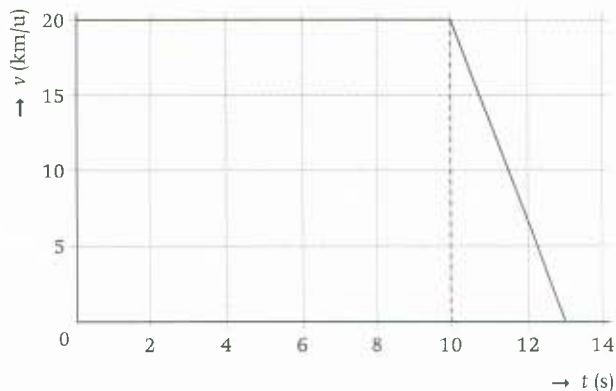
b Zie figuur.



c Zie figuur.



4 a Zie figuur.

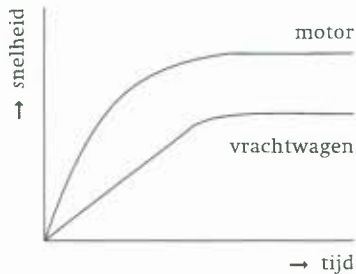


- b** $v = 20 \text{ km/u} = 20/3,6 = 5,56 \text{ m/s}$
- In 10 seconden: $s = 5,56 \times 10 = 56 \text{ m}$
- Tijdens remmen: $s = \frac{1}{2} \times 5,56 \times 3 = 8 \text{ m}$
- De straat is $56 + 8 = 64 \text{ meter}$ lang.

ANTWOORDEN BLOK 6

W1

- a** $s = v \cdot t$
b De beginsnelheid is 0 m/s.
c $v = 9,8 \cdot \Delta t$
- a** De versnelling is de toename van de snelheid per seconde.
b Zie figuur.



- c** De toename van de snelheid van de motor is in het begin groter. De snelheid-tijdgrafiek is dus steiler.
d Op een zeker moment heeft de motor zijn maximumsnelheid bereikt. Dan is de versnelling 0.
- a** $20 \text{ km/u} = 20/3,6 = 5,56 \text{ m/s}$
 $a = \Delta v / \Delta t = 5,56/7 = 0,79 \text{ m/s}^2$
b De gemiddelde snelheid was $5,56/2 = 2,78 \text{ m/s}$.
 $s = v_{\text{gem}} \cdot t = 2,78 \times 7 = 19 \text{ m}$
 - a** De auto rijdt tijdens het passeren gemiddeld met $(100 + 120) : 2 = 110 \text{ km/h} = 30,6 \text{ m/s}$.
De auto rijdt: $s = v \cdot t = 30,6 \times 12 = 367 \text{ meter}$
b $90 \text{ km/u} = 25 \text{ m/s}$
De vrachtauto rijdt in 12 seconden $= 25 \times 12 = 300 \text{ meter}$
De auto rijdt $(367 - 300) = 67 \text{ meter}$ meer.
 - a** $a = \Delta v / \Delta t$, dus $\Delta v = a \cdot \Delta t = 3 \times 6 = 18 \text{ m/s}$
De snelheid van de auto wordt dus 18 m/s minder.
De snelheid was $110 \text{ km/u} = 31 \text{ m/s}$.
De snelheid waarmee hij botst is dus $31 - 18 = 13 \text{ m/s}$ ($= 47 \text{ km/u}$).
b 1 Harder remmen.
2 Met minder grote snelheid rijden, minder dan 110 km/u .

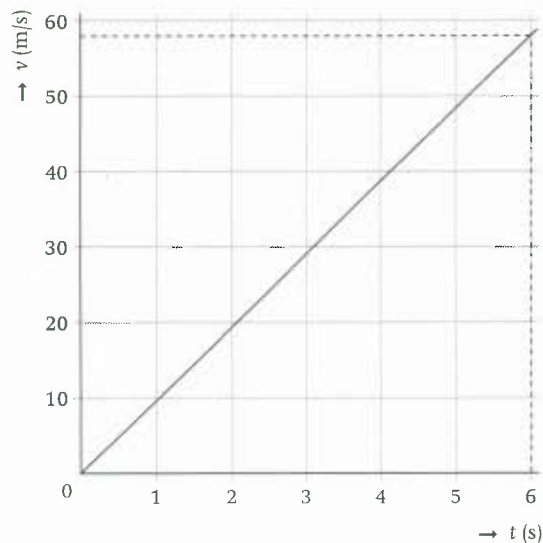
ANTWOORDEN BLOK 6

W2

- afstand en tijd
- In de eerste 5 seconden rijdt de auto gemiddeld met een snelheid van $45/2 = 22,5 \text{ km/u} = 6,25 \text{ m/s}$.
De auto rijdt dus:
 $s = v \cdot t = 6,25 \times 5 = 31 \text{ meter}$.
In de volgende 12 seconden heeft de auto een snelheid van $45 \text{ km/u} = 12,5 \text{ m/s}$. Hij rijdt dan:
 $s = v \cdot t = 12,5 \times 12 = 150 \text{ meter}$.
De afstand tussen de stoplichten is dus $31 + 150 = 181 \text{ meter}$.
- a** $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
 $45 = 4,9 t^2$
 $t = 3 \text{ s}$
b $v = g \cdot t = 9,8 \times 3 = 29 \text{ m/s}$
- a** $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2 = 4,9 \times 3,1^2 = 4,9 \times 9,6 = 47,1 \text{ m}$
b Kleiner, want de steen valt korter dan 3,1 s; daar zit de tijd voor het geluid al bij.
c $t_1 + t_2 = 3,1 \text{ s} \rightarrow t_1 = 3,1 - t_2$ (1)
Voor de steen geldt: $s = \frac{1}{2} g \cdot t_1^2$ (2)
Voor het geluid: $s = v_{\text{geluid}} \cdot t_2$ waarin
 $v_{\text{geluid}} = 340 \text{ m/s} \rightarrow s = 340 t_2$ (3)
1 in 2 $\rightarrow s = 4,9 \cdot (3,1 - t_2)^2$
Omdat $s_{\text{geluid}} = s_{\text{val}}$ geldt dus (2) = (3) of:
 $4,9 \cdot (3,1 - t_2)^2 = 340 t_2 \rightarrow$
 $9,6 - 6,2 t_2 + t_2^2 = (340/4,9) t_2 = 69,4 t_2$
 $t_2^2 - 75,6 t_2 + 9,6 = 0 \rightarrow t_2 = 0,13 \text{ s}$
 $t_1 = 3,1 - 0,13 = (\text{afgerond}) 3,0 \text{ s}$
De echte diepte van de put wordt dan:
 $s = 4,9 \times 3,0^2 = 44 \text{ m}$
- a** We berekenen de gemiddelde snelheid over de opeenvolgende perioden van 0,5 seconde.
- eerste 0,5 s: $v_{\text{gem}} = 0,4 \text{ m/s}$;
midden interval = 0,25 s
- tweede 0,5 s: $v_{\text{gem}} = 1,2 \text{ m/s}$;
midden interval = 0,75 s
- derde 0,5 s: $v_{\text{gem}} = 2,0 \text{ m/s}$;
midden interval = 1,25 s
- vierde 0,5 s: $v_{\text{gem}} = 2,8 \text{ m/s}$;
midden interval = 1,75 s
b Als de snelheid eenparig toeneemt, moet v_{gem} over een interval gelijk zijn aan de snelheid op het tijdstip in het midden van het interval. De versnelling volgt dan uit: $a = v_{\text{gem}} / t_{\text{midden interval}}$
Voor de berekening van a uit de vier bovenstaande intervallen volgt dan:
 $a_1 = 0,4/0,25 = 1,6 \text{ m/s}^2$; $a_2 = 1,2/0,75 = 1,6 \text{ m/s}^2$;
 $a_3 = 2,0/1,25 = 1,6 \text{ m/s}^2$, $a_4 = 2,8/1,75 = 1,6 \text{ m/s}^2 \rightarrow$
 $a_{\text{gem}} = 1,6 \text{ m/s}^2$
Andere manier dan de bedoelde:
 $g = 2 \text{ s} : \Delta t^2 = (2 \times 3,2) : 2,0^2 = 6,4 : 4 = 1,6 \text{ m/s}^2$

6 a $s = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 6^2 = 176 \text{ m}$

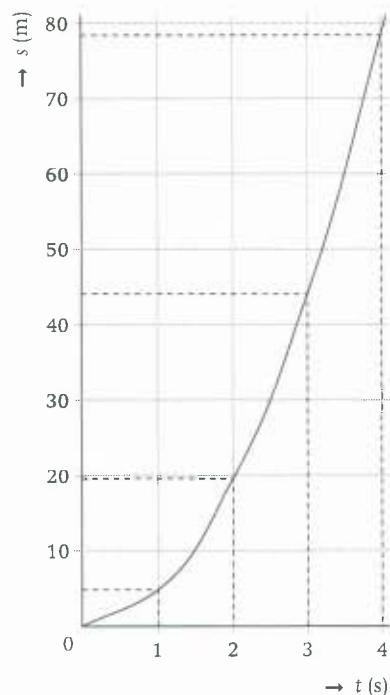
b Zie figuur.



7 Figuur c is de juiste. De beginsnelheid is nul, neemt geleidelijk toe tot de maximale snelheid is bereikt (ten gevolge van de luchtweerstand) en blijft daarna constant.

8 a	tijd (s)	afstand (m)
1	1	4,9
2	2	19,6
3	3	44,1
4	4	78,4

b Zie figuur.



ANTWOORDEN BLOK 6

W3

- a Een voetbal een trap geven.
b Een bal vangen.
c Met constante snelheid wandelen.
- Als je iets weggooit, heb je spierkracht nodig. Als je een bal veel vaart wilt geven, moet je met je arm een lange zwaai maken. Hoe langer de zwaai is, des te sneller gaat de bal. Is het een zware bal, dan kun je hem niet zoveel vaart, zoveel snelheid, geven.
- a De versnelling (eigenlijk vertraging) van de auto.
b De massa van de auto.
c Bij de botsing van de auto.
d Ja.
- a De resulterende kracht is 0, want bij constante snelheid zijn alle krachten met elkaar in evenwicht.
b $F = 20 \text{ N}$
c Met schone ketting en licht draaiende wielen is minder spierkracht nodig om de wrijving te overwinnen.
- a Beide moeten dezelfde kracht uitoefenen, want ze ondervinden dezelfde tegenkracht.
b Bekijk de formule $F = m \cdot a$. Om een grotere massa m dezelfde versnelling a te geven is een grotere kracht F nodig.
- a Van de 1500 N stuwkracht is 400 N nodig om de wrijving te overwinnen, dus is de resulterende kracht 1100 N.
b $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$
 $1100 \times 15 = 750 \times \Delta v$
De auto krijgt er aan snelheid bij:
 $\Delta v = (1100 \times 15) : 750 = 22 \text{ m/s}$
(Omdat de auto bij het stoplicht startte, is dat dus de snelheid die de auto krijgt.)
c De stuwkracht van de motor is nu alleen nodig om de wrijving te overwinnen en is dus 400 N.
- De sprinter moet tussen de stations, die dicht bij elkaar liggen, snel optrekken. Voor deze grote versnelling is een sterke motor nodig.
- a $\Delta v = 36 - 27 \text{ km/u} = 9 \text{ km/u} = 2,5 \text{ m/s}$
 $a = \Delta v / \Delta t = 2,5 / 5 = 0,5 \text{ m/s}^2$
b $F = m \cdot a = 80 \times 0,5 = 40 \text{ N}$
- De snelheid van de druppel neemt toe tot F_z evenwicht maakt met F_w . Dan is er evenwicht, zodat de snelheid constant blijft. Dat evenwicht wordt zowel bereikt bij een valhoogte van 1 km als van 3 km.

- 10 a** Zijn snelheid neemt door de val toe.
b F_w neemt toe, als de snelheid toeneemt tot $F_w = F_z$ (zie opgave 9).
c Als het valscherp opent, wordt F_w ineens veel groter: zijn snelheid neemt dus af.
d Zijn snelheid neem zóver af tot F_w weer evenwicht maakt met F_z ; zijn snelheid blijft daarna constant.

ANTWOORDEN BLOK 6

W4

- 1 a** Een versnelling van $-5,0 \text{ m/s}^2$ betekent dat de snelheid per seconde $5,0 \text{ m/s}$ *minder* wordt.
b $v = 100 \text{ km/u} = 100/3,6 = 27,8 \text{ m/s}$.
c Iedere seconde wordt de snelheid 5 m/s minder. Dat duurt dus $27,8/5 = 5,6 \text{ s}$.
d In het begin is de snelheid $27,8 \text{ m/s}$, op het laatst 0 m/s , dus:
 $v_{\text{gem}} = (27,8 + 0) : 2 = 13,9 \text{ m/s}$
e $s = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 13,9 \times 5,6 = 77,8 \text{ m}$
f $F = m \cdot a = 900 \times 5,0 = 4500 \text{ N}$
- 2** De remmen van de Mercedes moeten veel krachtiger zijn, want om de zwaardere Mercedes binnen dezelfde tijd tot stilstand te brengen is een grotere kracht nodig dan voor de Fiat.
- 3** $v = 90 \text{ km/u} = 90/3,6 = 25 \text{ m/s}$
De dronken automobilist begint $0,75 \text{ s}$ later (de helft van $1,5 \text{ s}$) te remmen dan een gewone automobilist. Hij rijdt in die $0,75 \text{ s}$:
 $s = v \cdot \Delta t = 25 \times 0,75 = 19 \text{ m}$
- 4** Ze hebben allebei een beetje gelijk. Als een auto en een tank botsen, zal de auto een grotere schok ondervinden. Eigenlijk betekent dat: door de kleinere massa van de auto krijgt deze een grotere versnelling. De kracht op allebei is even groot, maar door de grotere massa van de tank zal deze veel minder afgeremd worden.
Ze rijden tegen een rots aan. De remweg van de auto is groter, omdat deze een kreukzone heeft. De auto zal dus niet zo vlug stilstaan en dus minder kracht ondervinden dan de tank.
- 5 a** $s = \frac{1}{2} g \cdot (\Delta t)^2$
 $65 = 4,9 \cdot (\Delta t)^2$
 $\Delta t = \sqrt{(65/4,9)} = 3,64 \text{ s}$
 $v_{\text{gem}} = s/\Delta t = 65/3,64 = 18 \text{ m/s}$
Op het laatst was de snelheid twee maal zo groot: 36 m/s .
b Door het doorbuigen was de remweg groot. Dan duurt het dus (een beetje) langer voor het lichaam is afgeremd. Dan is de versnelling (eigenlijk vertraging) niet zo groot en dus ook de kracht op het lichaam van de man.
c Over de 40 cm deed de man:
 $\Delta t = s/v_{\text{gem}} = 0,40/18 = 0,022 \text{ s}$
 $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$
 $F \times 0,022 = 70 \times 36$
 $F = 115\,000 \text{ N} = 115 \text{ kN}$
- 6 a** Als de auto begint te remmen, is $v = 54 \text{ km/u} = 15 \text{ m/s}$, op het laatst is $v = 0 \text{ m/s}$.
 $F = m \cdot a$
 $4000 = 800 \times a$
 $a = 5 \text{ m/s}^2$
 $a = \Delta v/\Delta t$
 $5 = 15/\Delta t$
De remtijd $\Delta t = 3 \text{ s}$
b De auto rijdt nog $0,5 \text{ s}$ lang met een snelheid van 15 m/s .
 $s = 15 \times 0,5 = 7,5 \text{ m}$
c Tijdens het remmen is de $v_{\text{gem}} = (15 + 0) : 2 = 7,5 \text{ m/s}$, de auto remt 3 s , dus de remafstand is:
 $s = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t = 7,5 \times 3 = 22,5 \text{ m}$
De stopafstand is dus $22,5 \text{ m} + 7,5 \text{ m} = 30 \text{ m}$.
d De auto komt dus voor de stopstreep tot stilstand.
e De auto rijdt 3 s lang door met een snelheid van 15 m/s . De auto rijdt dan $s = 15 \times 3 = 45 \text{ m}$. De auto was 40 m voor het stoplicht. Als het stoplicht op rood springt, is de auto al voorbij de stoplichten. De auto rijdt dus door oranje licht.
f Als na 3 s het licht voor het andere verkeer op groen zou springen, is de auto nog op het kruispunt.
g De auto moet nog 10 meter rijden om van het kruispunt te komen. Dat kost:
 $s = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t$
 $10 = 15 \times \Delta t$
 $\Delta t = 0,67 \text{ s}$
Het licht voor het andere verkeer moet dus nog minstens $0,67 \text{ s}$ rood blijven.

H2

- 1** Aan de papierstrook van figuur 39 zat aan de *rechterkant* een gewichtje. De afstanden tussen twee stippen, de *intervallen*, worden steeds groter. Daaraan kun je zien dat de snelheid steeds *groter* wordt. Het vijfde interval heeft een lengte van $5 \times 0,3 = 1,5$ cm. De tijdtikker zet om de 0,02 seconde een stip. Bij het vijfde interval bereken je de snelheid van het gewichtje:
 $0,015 \text{ meter} : 0,02 \text{ seconde} = 0,75 \text{ meter per seconde}$.
 Bij het tiende interval was de snelheid:
 $5 \times 0,007 \text{ meter} : 0,02 \text{ seconde} = 1,75 \text{ meter per seconde}$.
 Tussen deze twee intervallen is $5 \times 0,02 \text{ seconde} = 0,10 \text{ seconde}$ verstreken. Er is aan snelheid bijgekomen: $1,75 \text{ meter per seconde} - 0,75 \text{ meter per seconde} = 1,0 \text{ meter per seconde}$. De versnelling is dus $1,0 \text{ meter per } 0,10 \text{ seconde per seconde}$ ofwel $10 \text{ meter per seconde per seconde} = 10 \text{ meter per seconde-kwadraat}$.

2 $v = g \cdot \Delta t$

3 $v = g \cdot \Delta t = 9,8 \times 4 = 39,2 \text{ m/s}$

4 $v = g \cdot \Delta t$
 Klopt $6 = 9,8 \times 0,61$? Ja!

5 $v = 14 \text{ m/s}$
 $14 = 9,8 \times \Delta t$
 $\Delta t = 14/9,8 = 1,4 \text{ s}$

6 **a** $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
 $125 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times t^2$
 $t^2 = 125 : (\frac{1}{2} \times 9,8)$
 $t = 5,1 \text{ s}$
b $v = g \cdot \Delta t = 9,8 \times 5,1 = 50 \text{ m/s}$

- 7** **a** De steen krijgt op de maan veel minder snelheid.

b $s = 1,2 \text{ m}; g_{\text{maan}} = 1,6 \text{ m/s}^2$

$s = \frac{1}{2} g_{\text{maan}} \cdot t^2$

$1,2 = \frac{1}{2} \times 1,6 \times t^2$

$t^2 = 1,2 : (\frac{1}{2} \times 1,6)$

$t = 1,2 \text{ s}$

c $v = g_{\text{maan}} \cdot \Delta t = 1,6 \times 1,22 = 1,9 \text{ m/s}$

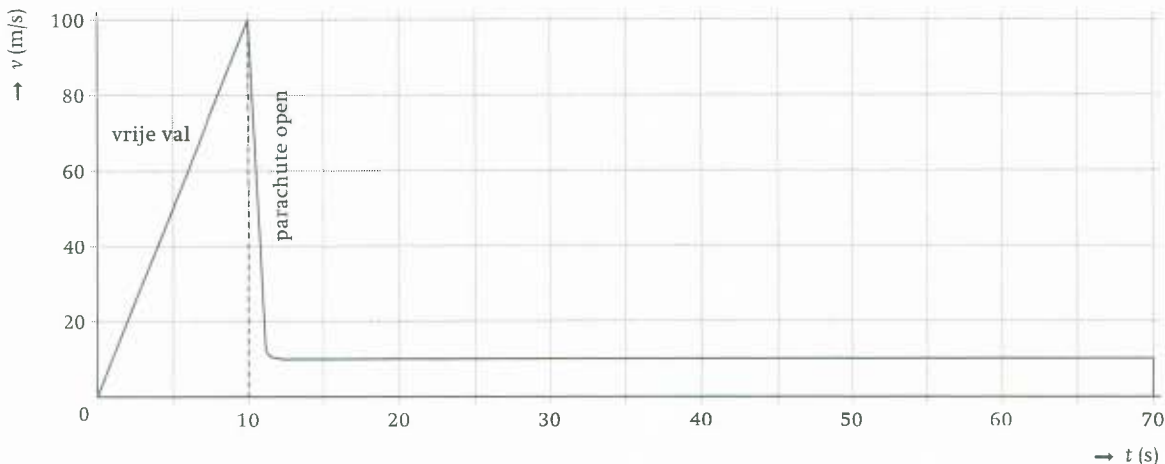
- 8** Beweging A: In 5 seconden neemt de snelheid toe van 0 m/s tot 30 m/s.

$a = \Delta v / \Delta t = 30/5 = 6 \text{ m/s}^2$

- Beweging B: In 6 seconden neemt de snelheid toe van 5 m/s tot 25 m/s.

$a = \Delta v / \Delta t = (25 - 5) : 6 = 3,3 \text{ m/s}^2$

- 9** **a** Als de parachutist uit het vliegtuig springt, wordt zijn valsnelheid steeds groter. Op het moment dat hij zijn parachute opendoet, wordt hij sterk afgeremd. De snelheid neemt af. Dan wordt zijn snelheid constant (als $F_z = F_w$).
b Zie figuur onderaan deze bladzijde.



ANTWOORDEN BLOK 6

E1

- 1 Gegevens: $v = 8,0 \text{ m/s}$, 10 seconden lang werkt een extra kracht van 20 N op een massa van 80 kg.
De versnelling is $a = F/m = 20/80 = 0,25 \text{ m/s}^2$
Door deze versnelling rijdt deze fietser een extra afstand van:
 $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \times 0,25 \times 10^2 = 12,5 \text{ m}$
Dat is dus de voorsprong die de fietser na 10 s heeft op de anderen.
- 2 Gegevens: $m = 60\,000\,000 \text{ kg}$; v van 5,0 m/s naar 0 m/s; $s = 20\,000 \text{ m}$.
De tanker vaart dit stuk met gemiddeld $(5 + 0) : 2 = 2,5 \text{ m/s}$.
Over de 20 000 m doet de tanker:
 $\Delta t = 20\,000/2,5 = 8000 \text{ s}$
De vertraging van de tanker is:
 $a = \Delta v/\Delta t = 5/8000 = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$
Hiervoor is een kracht nodig van:
 $F = m \cdot a = 60\,000\,000 \times 6,25 \cdot 10^{-4} = 37\,500 \text{ N} = 37,5 \text{ kN}$
- 3 Gegevens: $m = 0,500 \text{ kg}$; $t = 0,040 \text{ s}$; $F = 200 \text{ N}$;
 $F_w = 1,6 \text{ N}$; $s = 45 \text{ m}$
De snelheid door de trap volgt uit:
 $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$
 $200 \times 0,040 = 0,500 \times \Delta v$
 $\Delta v = 16 \text{ m/s}$
Door de wrijving krijgt de bal een vertraging van:
 $a = F/m = 1,6/0,500 = 3,2 \text{ m/s}^2$
 $a = \Delta v/\Delta t$
De bal ligt stil na:
 $\Delta t = 16/3,2 = 5 \text{ seconden}$
In deze 5 seconden is de bal met gemiddeld 8 m/s gerold over een afstand van $s = 5 \times 8 = 40 \text{ m}$.
Dat is dus minder dan 45 m.
- 4 Gegevens: $m = 0,4 \text{ kg}$; $v = 8,0 \text{ m/s}$
a De zwaartekracht F_z remt de bal af.
b $F_z = m \cdot g = 0,4 \times 9,8 = 3,9 \text{ N}$
c In het hoogste punt is de snelheid 0 m/s. (Het lijkt wel of de bal even stil in de lucht hangt.)
d $\Delta t = \Delta v/a = 8/9,8 = 0,8 \text{ s}$
e De bal heeft gemiddeld een snelheid van 4,0 m/s en zal dus een hoogte bereiken van $s = 4,0 \times 0,8 = 3,2 \text{ m}$

- 5 Gegevens: geranium valt zonder beginsnelheid van 9,0 m hoog; viooltje valt met beginsnelheid v_0 van 12,0 m hoog na 1,2 s op de grond.
a $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
 $9,0 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times t^2$
 $t = 1,4 \text{ s}$
Dit is later dan het viooltje.
b $g = \Delta v/\Delta t$
 $\Delta v = 9,8 \times 1,4 = 13,7 \text{ m/s}$
Er is geen beginsnelheid, dus dit is ook de snelheid waarmee de geranium op de grond komt.
c De gemiddelde snelheid van het viooltje was:
 $v_{\text{gem}} = 12/1,2 = 10 \text{ m/s}$
De snelheid is toegenomen met:
 $\Delta v = g \cdot \Delta t = 9,8 \times 1,2 = 11,8 \text{ m/s}$
Door alleen de val heeft het viooltje een gemiddelde snelheid van:
 $v_{\text{gem}} = 11,8/2 = 5,9 \text{ m/s}$
Het viooltje is dus weggegooid met een snelheid van $10 - 5,9 = 4,1 \text{ m/s}$.
d De eindsnelheid is de beginsnelheid + de toename ten gevolge van de valversnelling:
 $V_{\text{eind}} = 4,1 + 11,8 = 15,9 \text{ m/s}$

ANTWOORDEN BLOK 6

E2

- 1 De kogels starten tegelijk en komen tegelijk op de grond. Ze leggen de verticale afstand dus in dezelfde tijd af.
- 2 Een valbeweging, dus een eenparig versnelde beweging met $a = g = 9,8 \text{ m/s}^2$.
- 3 **a** In gelijke perioden legt kogel 1 horizontaal steeds dezelfde afstand af.
b Een eenparige beweging.
- 4 Kogel 1 en kogel 2 bevinden zich voortdurend op dezelfde hoogte.
b Kogel 1 voert in verticale richting dus ook een valbeweging uit met als versnelling g .
- 5 **a** $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
 $45 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times t^2$
 $t = 3,0 \text{ s}$
b $s = v \cdot t = 100 \times 3,0 = 300 \text{ m}$
c $90 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times t^2$
 $t = 4,3 \text{ s}$
 $s = 200 \times 4,30 = 860 \text{ m}$
Dit is $2\sqrt{2}$ maal zo ver als 300 m.
- 6 verticaal:
 $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
 $5,0 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times t^2$
 $t = 1,0 \text{ s}$
horizontaal:
 $v = 20/1,0 = 20,0 \text{ m/s}$

7 a horizontaal:

$$t = 90/30 = 3 \text{ s}$$

verticaal:

$$s = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 3^2 = 44,1 \text{ m}$$

b $t = 1 \text{ s}$:

$$\text{verticaal: } 44,1 - \frac{1}{2} \times 9,8 \times 1^2 = 39,2 \text{ m}$$

$$\text{horizontaal: } 30 \times 1 = 30 \text{ m}$$

$t = 2 \text{ s}$:

$$\text{verticaal: } 44,1 - \frac{1}{2} \times 9,8 \times 2^2 = 24,5 \text{ m}$$

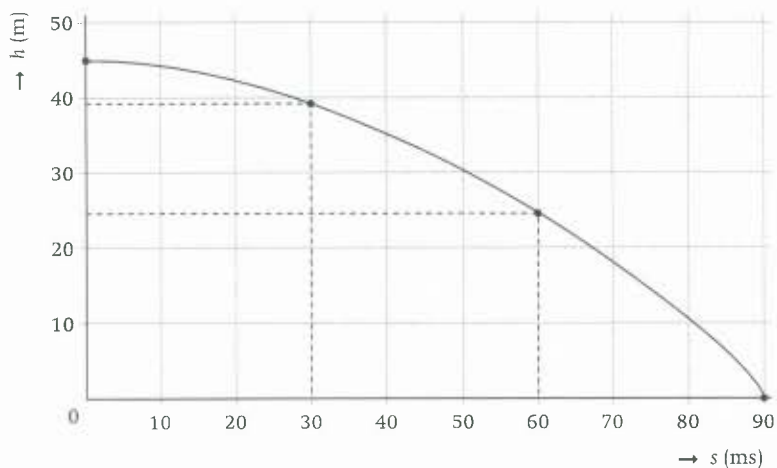
$$\text{horizontaal: } 30 \times 2 = 60 \text{ m}$$

$t = 3 \text{ s}$:

$$\text{verticaal: } 44,1 - \frac{1}{2} \times 9,8 \times 3^2 = 0 \text{ m}$$

$$\text{horizontaal: } 30 \times 3 = 90 \text{ m}$$

Zie figuur.



3.1 DE MENS IN HET VERKEER

Als deelnemer aan het moderne snelverkeer loop je risico's. Deze risico's hangen onder andere samen met ons waarnemingsvermogen, ons reactievermogen en ons beperkt incasseringsvermogen.

Bij de volgende proeven en opdrachten krijg je een idee waar onze grenzen liggen.

1. REACTIETIJD METEN

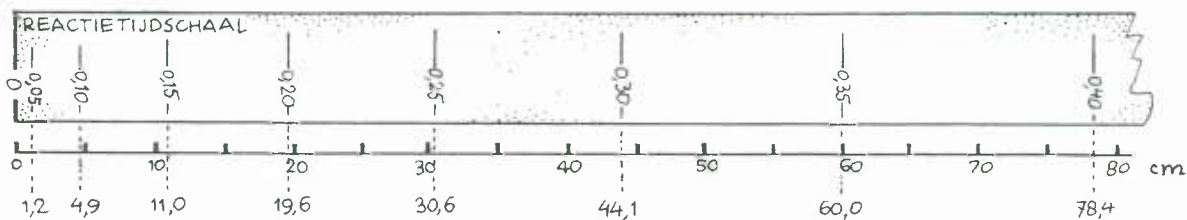
Je reactietijd is de tijd die verloopt tussen iets waarnemen en je reactie daarop.

- Er zijn een aantal manieren om reactietijd te meten. In het kader hieronder

vind je er een paar. Kies één manier uit, en bepaal de reactietijd van drie personen.

REACTIETIJD METEN

- Start een elektronische klok (onverwacht), en laat de proefpersoon de klok stoppen zodra hij ziet dat de klok is gestart.
- Meet bij een verkeerslicht hoe lang het duurt voordat mensen reageren op het groen worden van het licht. (Hoe corrigeer je daarbij voor je eigen reactietijd?)
- Teken de hieronder afgebeelde schaalverdeling op een lat van zo'n 80 cm lengte. Vraag de proefpersoon de lat tegen de muur te drukken als hij die lat ziet vallen.



De cijfers bij de schaalverdeling op de lat geven aan hoe lang de lat nodig heeft om over de afstand te vallen die bij dat streepje hoort.

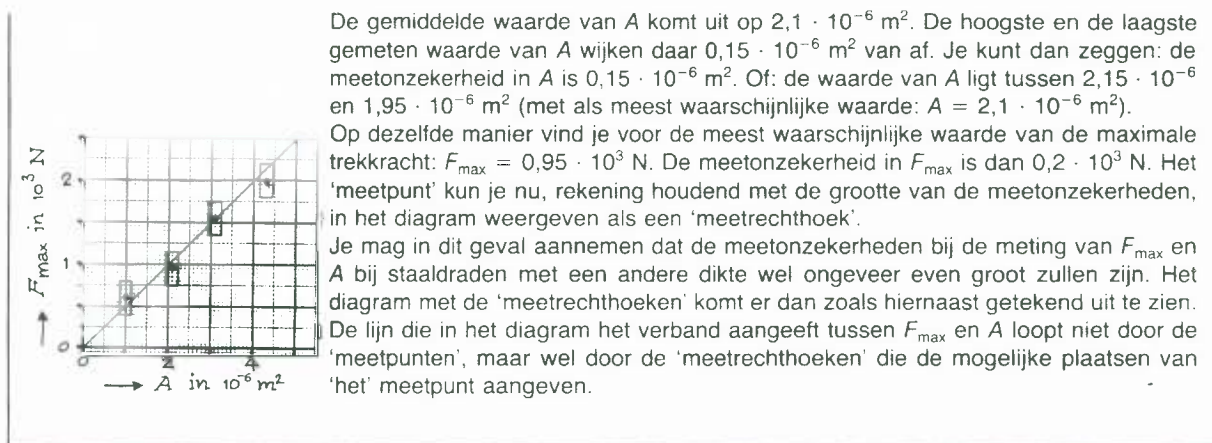


Reactietijd-meting met een vallende schaalverdeling.



Reactietijd-meting met een tijdtikker.

- Laat de proefpersoon vrij langzaam een papierstrook door een tijdtikker trekken. Schakel de tijdtikker op een overwacht moment in. Laat de proefpersoon een ruk aan de papierstrook geven, zodra hij het inschakelen van de tijdtikker hoort. Bepaal de reactietijd uit de tikkerstrook.



Een schatting van de grootte van de meetonzekerheid kun je maken door dezelfde meting een aantal malen te herhalen. Maak bij iedere proef die je doet een schatting van de meetonzekerheid in je meetresultaten, schrijf de waarde van die schatting op en houd er rekening mee bij het tekenen van diagrammen.

3.3 REMMEN OP DE FIETS

voorbereiding

Bij het remmen met een fiets heb je te maken met een vertraagde beweging. Je remt een bepaalde massa m (jezelf + fiets) met een bepaalde kracht F vanaf een zekere beginsnelheid v_0 af over een zekere remweg s_{rem} tot je stil staat.

De lengte van de remweg zal afhangen van de massa, de remkracht en de beginsnelheid.

De onderzoeksvragen zijn dan:

- welke verband is er tussen v_0 en s_{rem} , als je met een bepaalde kracht een bepaalde massa afremt tot stilstand;
- welk verband is er tussen m en s_{rem} , als je met een bepaalde kracht vanaf een bepaalde beginsnelheid afremt tot stilstand;
- welk verband is er tussen F en s_{rem} , als je vanaf een bepaalde beginsnelheid een bepaalde massa afremt tot stilstand.



Onderzoek naar de lengte van de remweg.

Maar er zijn méér factoren die de lengte van de remweg beïnvloeden. Je reactietijd bijv. Daardoor leg je, nadat je een onverwacht signaal om te remmen hebt gekregen, nog een bepaalde afstand (de 'schrikweg') af voordat je begint met remmen.

Een vierde onderzoeksvraag zou dus kunnen zijn:

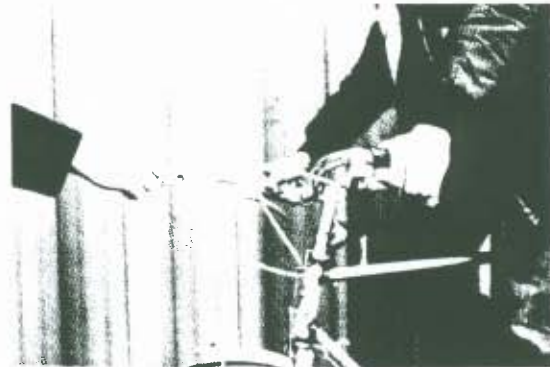
- welk verband is er tussen v_0 en de schrikweg van een fietser.

Voor de uitvoering van de proeven heb je het volgende nodig:

- Een rustig traject in de buurt van de school, waar je veilig kunt experimenteren. Probeer er voor te zorgen dat je makkelijk afstanden kunt meten, bijv. tegels in een fietspad. Markeer duidelijk de plaats van waaraf de fietser zal gaan remmen.
- Een fiets, voorzien van handremmen en een snelheidsmeter. De remkracht van de fiets moet je kunnen variëren en meten (zie de foto's hieronder). Voor het meten van de remkracht gebruik je een veerunster. Verder heb je nog een (personen)weegschaal en een meetlint nodig.

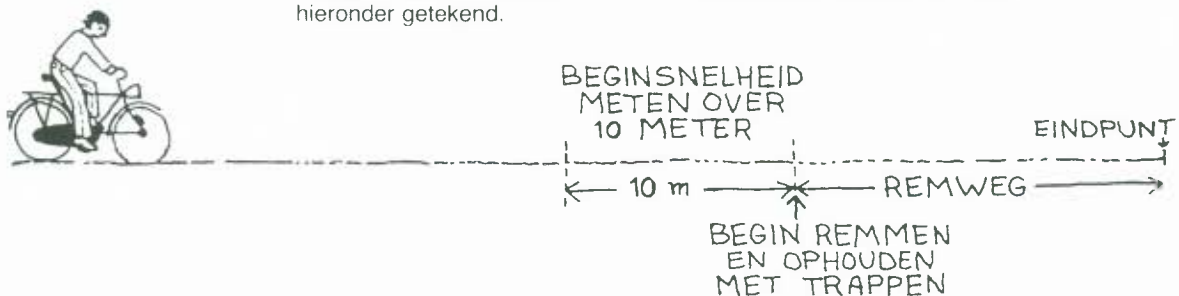


De fiets op deze foto kan remmen met een steeds even grote remkracht. De grootte van de remkracht kun je variëren door een blokje met een andere dikte te nemen.



De remkracht kun je meten door de fiets bij ingeknepen remmen langzaam met een constante snelheid aan een veerunster voort te trekken. Bij een kleine constante snelheid is de kracht die je op de veerunster afleest gelijk aan de remkracht.

Als de fiets geen snelheidsmeter heeft, kun je op een andere manier de beginsnelheid meten. Je zet dan op een onderlinge afstand van 10 m twee lijnen op de weg. Door de tijd te meten die de fietser bij constante snelheid nodig heeft voor het afleggen van deze afstand kun je de beginsnelheid berekenen. Deze meetsituatie is hieronder getekend.



In dit geval heb je dus ook nog een stopwatch nodig.

uitvoering

1. REMWEIG EN BEGINSNELHEID

- Kies (en meet) een bepaalde remkracht en massa, en houd die verder bij deze proef constant. (Wat betreft de massa betekent dit: neem steeds dezelfde fiets met dezelfde berijder.) Noteer de waarden voor remkracht en massa. Controleer tussentijds of de remkracht niet verandert.
- Meet de remweg van de fiets bij min-

stens vier verschillende waarden van de beginsnelheid (bijv. rond de 5, 10, 15 en 20 km/h).

- Bepaal de meetonzekerheid bij de meting van de remweg en de beginsnelheid.
- Maak een kort meetrapport over deze proef.

MEETRAPPOR

In een meetrapport staat zo kort mogelijk:

- de onderzoeksvraag;
- de meetomstandigheden;
- de meetresultaten (lieft in tabelvorm).

2. REMWEG EN REMKRACHT

- Kies (en meet) een bepaalde beginsnelheid en massa, en houd die verder bij deze proef constant. Noteer de waarden voor beginsnelheid en massa.
- Meet de remweg van de fiets bij minstens vier verschillende (gemeten) waarden van de remkracht.

den van de remkracht.

- Bepaal de meetonzekerheid bij de meting van de remweg en de remkracht.
- Maak een kort meetrapport over deze proef.

3. REMWEG EN MASSA

- Kies (en meet) een bepaalde beginsnelheid en remkracht, en houd die verder bij deze proef constant. Noteer de waarden voor beginsnelheid en remkracht. Controleer tussentijds of de remkracht niet verandert.
- Meet de remweg van de fiets bij enkele (gemeten) waarden van de massa. (Het veranderen van de massa is mogelijk door verschillende personen op de fiets te laten rijden, door iemand achterop te laten zitten of iets dergelijks; zorg ervoor dat de waarden van de massa niet te dicht bij elkaar liggen.)

lijk door verschillende personen op de fiets te laten rijden, door iemand achterop te laten zitten of iets dergelijks; zorg ervoor dat de waarden van de massa niet te dicht bij elkaar liggen.)

- Bepaal de meetonzekerheid bij de meting van de remweg en de massa.
- Maak een kort meetrapport over deze proef.

4. SCHRIKWEG EN BEGINSNELHEID

Bij deze proef moet je er voor zorgen dat de fietser het signaal om te remmen als iets onverwachts ervaart. Overleg met elkaar hoe je dat wilt bereiken, en hoe je dan de schrikweg (de afstand die de fietser aflegt tussen het remsignaal en het moment dat hij begint te remmen) kunt meten. (Als je daar niet helemaal uitkomt, vind je in het kader hieronder wat aanwijzingen.)

ser aflegt tussen het remsignaal en het moment dat hij begint te remmen) kunt meten. (Als je daar niet helemaal uitkomt, vind je in het kader hieronder wat aanwijzingen.)

SCHRIKWEG METEN

Een mogelijkheid voor het geven van een onverwacht remsignaal is dat degene die dit signaal geeft daarvoor het moment kiest dat de fietser een door hem gekozen punt passeert. De stopweg (= schrikweg + remweg) kan dan gemeten worden. Bij proef 1 bijv. heb je de lengte van de remweg al bepaald (bij verschillende snelheden). Je kunt dan de lengte van de schrikweg bepalen door de gemeten stop- en remweg van elkaar af te trekken. Je moet er bij deze meetmethode natuurlijk wel rekening mee houden, dat de beginsnelheid, massa en remkracht bij de proeven 4 en 1 gelijk zijn.

- Bepaal de schrikweg die een fietser aflegt bij een aantal verschillende waarden van de beginsnelheid.
- Bepaal de meetonzekerheid bij de

meting van de schrikweg en de beginsnelheid.

- Maak een kort meetrapport over deze proef.

uitwerking**5. CONCLUSIES**

- Geef de resultaten van je metingen bij de proeven 1 t/m 4 weer in diagrammen. Vermeld hierbij ook de grootheden die je constant hebt gehouden. Gebruik de bepaalde meetonzekerheden om de lijn die in een diagram het verband tussen twee grootheden weergeeft zo goed mogelijk te tekenen.
- Welke antwoorden kun je geven op

de onderzoeksvragen? (Het is niet voldoende om je daarbij te beperken tot een uitspraak, die je ook zonder metingen wel had kunnen doen!)

Zijn die antwoorden in overeenstemming met je hypothesen? Vermeld kort je argumenten en je belangrijkste twijfels bij de conclusies.

6.

- Wat zijn je belangrijkste bezwaren tegen de manier van uitvoering van dit onderzoek?

derzoek?

- Geef aan wat je door deze proeven

Met behulp van de getekende diagrammen kun je het verband tussen verschillende grootheden vastleggen in de vorm van formules. Zie hiervoor de bijlage 'evenredigheden zoeken'.

opgaven

5. RESULTATEN VAN EEN FIETSREMPROEF

Een groepje leerlingen heeft remproeven gedaan met een fiets, om het verband tussen remweg en beginsnelheid te bepalen bij een constante remkracht en een constante massa. Ze hebben gemeten: de tijd nodig om met constante snelheid een afstand van 9,6 meter af te leggen (vlak voor het remmen), de remtijd

en de remweg. Hun meetresultaten staan in de tabel.

- Bereken de beginsnelheid bij elke meting.
- Als de beweging tijdens het remmen eenparig vertraagd was, moet voor de remweg gelden dat de gemiddelde snelheid gelijk is aan de helft van de beginsnelheid. Ga na of dit redelijk klopt met de gemeten waarden van remtijd en remweg.
- Bereken de remvertraging bij elke meting.
- Volgens het verslag was de remkracht steeds 60 N; de massa is niet genoteerd, maar die kun je berekenen met $F = m \cdot a$. Voer deze berekening uit en geef aan bij welke metingen er iets misgegaan moet zijn.

	Tijd voor 9,6 m (s)	Remtijd (s)	Remweg (m)
1 ^e METING	3,2	7,0	11,7
2 ^e METING	2,1	6,5	15,2
3 ^e METING	1,7	7,1	20,1
4 ^e METING	2,1	7,9	17,5

6. WRIJVINGSCOËFFICIËNT EN REMWEG

Experimenteel blijkt dat bij vergroting van het gewicht van een auto (door passagiers en/of bagage) de maximale wrijvingskracht bij benadering evenredig

toeneemt. Met andere woorden: er is een vaste verhouding tussen maximale wrijvingskracht en gewicht; die verhouding wordt de *wrijvingscoëfficiënt* genoemd.

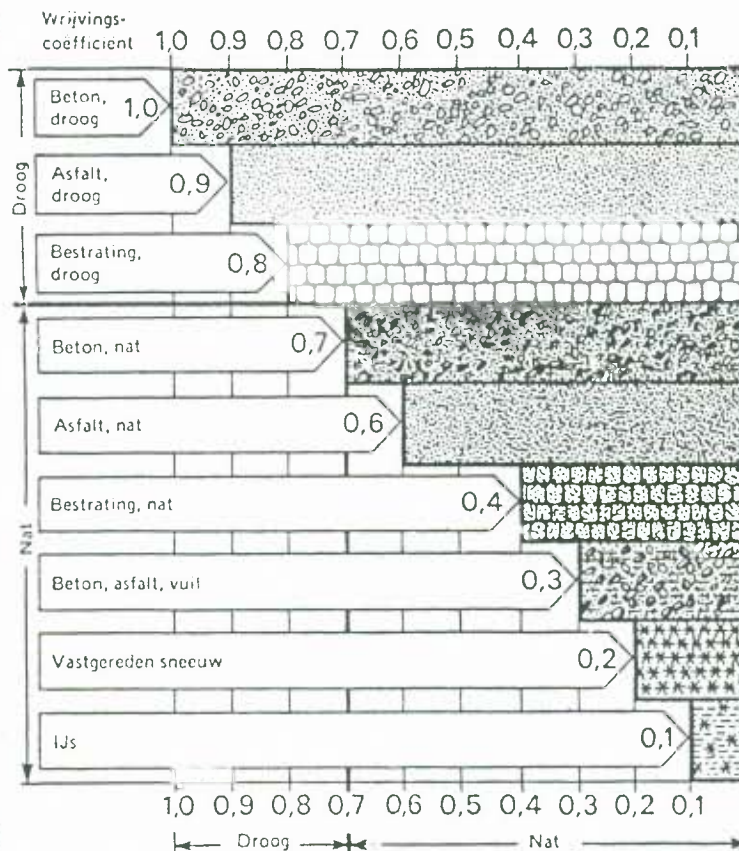
De remweg in grafiek

Het Volkswagenconcern heeft onder een groot aantal verschillende omstandigheden metingen verricht om aan te geven hoe groot slipgevaar kan zijn. De uitkomsten van de metingen geven een zogenaamde wrijvingscoëfficiënt weer, die hierboven in grafiek is gebracht.

De illustratie maakt bijvoorbeeld duidelijk, dat de automobilist bij rijden op nat asfalt met een anderhalf keer zo lange remweg moet rekenen als bij rijden op droog asfalt. Bij rijden op ijs is de remweg tien keer zo lang als op droog beton.

Bovendien wordt er voor gewaarschuwd dat bij een kletsnat wegdek het bandenprofiel zich kan vullen met water, waardoor helemaal geen remweg meer overblijft. In dat geval van „aquaplaning” valt de wagen helemaal niet meer te remmen en kan zelfs sturen onmogelijk worden.

Uiteraard hangt dit ook van het type banden om de autowielen af.



(Uit: Trouw, nov. 1977)

4.1 ROLWRIJVING EN LUCHTWEERSTAND

Bij de fietsproeven kun je ook invloed verwachten van inwendige wrijving; dat wil zeggen: wrijvingskrachten tussen bewegende onderdelen van je fiets. Zijn de assen slecht gesmeerd en de lagers versleten, dan wordt de draaiing van de wielen extra tegengewerkt, zodat de rolwrijving groter wordt. Extra wrijving krijg je ook als je je dynamo aanzet. (Een deel van de inwendige wrijving speelt niet mee in de rolwrijvingsproeven, namelijk wrijving in de trapas en wrijving tussen ketting en tandwielen.) Bij de bromfietsproef kun je ook onderzoeken, in hoeverre remmen en optrekken extra energie kost. Maar voor het overige doe je alle metingen bij constante snelheden.

Het brandstofverbruik wordt ook beïnvloed door inwendige wrijving en door het rendement van de motor; meer daarover in hoofdstuk 5.

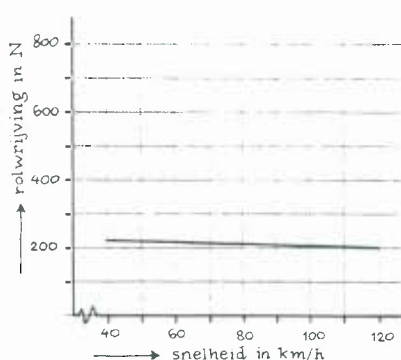
energiegebruik bij fietsen

Fietsen kost energie. Dat komt vooral door de tegenwerking van rolwrijving en luchtweerstand. In paragraaf 2.4 is al vermeld, dat deze twee soorten tegenwerkende krachten elk weer van verschillende factoren afhangen. Bij je onderzoek is het belangrijk de invloed van die verschillende factoren goed te onderscheiden. Daarom bespreken we hieronder enkele regels voor rolwrijving en luchtweerstand aan de hand van een voorbeeld. Dat voorbeeld betreft een auto, maar het geeft je een idee waar je bij proeven met fietsen, brommers en automodellen op moet letten. Bij proeven met scheepsmodellen kun je onderzoeken of voor de weerstand in water soortgelijke regels gelden als voor de weerstand in lucht.

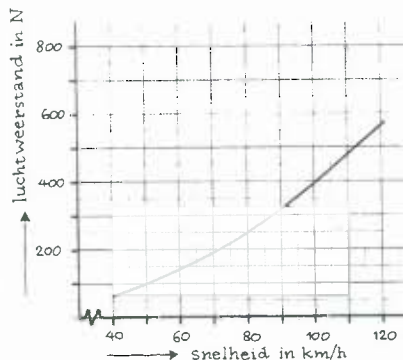
de invloed van de snelheid

De diagrammen hieronder berusten op gegevens uit onderzoek aan auto's. Het linker diagram laat zien dat de rolwrijving nauwelijks afhangt van de snelheid. In het middelste diagram zie je dat de luchtweerstand juist heel sterk van de snelheid afhangt: bij verdubbeling van de snelheid wordt de luchtweerstand viermaal zo groot; bij driemaal zo grote snelheid negenmaal zo groot. Algemeen: de luchtweerstand is evenredig met het kwadraat van de snelheid.

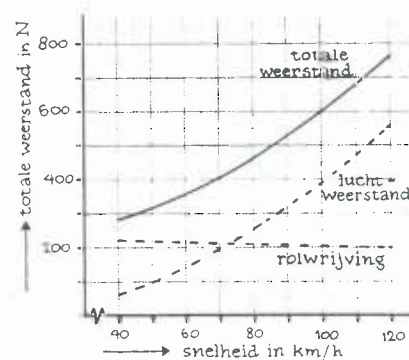
In het rechter diagram is de totale weerstand uitgezet: de som van rolwrijving en luchtweerstand. Dit diagram geeft een belangrijke aanwijzing voor het verband tussen het brandstofverbruik per 100 km en de snelheid.



Het verband tussen rolwrijving en snelheid bij een auto (massa 1400 kg).



Het verband tussen luchtweerstand en snelheid bij een auto.



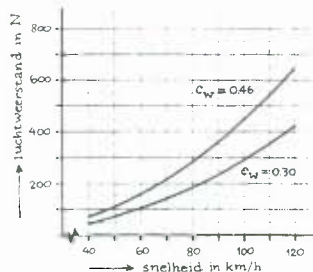
Het verband tussen totale weerstand en snelheid bij een auto.

de rolwrijving

Rolwrijving is vooral een kwestie van de vervormingen die optreden aan het contactoppervlak van de banden en het wegdek. Die vervormingen zijn (bij gegeven type banden, bandenspanning en wegdek) groter naarmate het gewicht van het voertuig groter is. De rolwrijving is bij benadering evenredig met het gewicht. Voor zuinig rijden is het dus van belang het gewicht van een auto te beperken door gebruik van lichte materialen. En bij een gegeven gewicht is het van belang de verhouding tussen rolwrijving en gewicht zo klein mogelijk te maken. In het voorbeeld hierboven is deze verhouding $200/14000 = 0,014$. Dit verhoudingsgetal wordt de *rolwrijvingscoëfficiënt* genoemd.

de luchtweerstand

Bij gegeven snelheid is de luchtweerstand nog afhankelijk van de grootte en de vorm van het voertuig. Bij *grootte* gaat het om het oppervlak dwars op de bewegingsrichting, het zogenaamde *frontale oppervlak*. De luchtweerstand is evenredig met dit frontale oppervlak. De invloed van de *vorm* wordt uitgedrukt in de zogenaamde c_w -waarde (of *luchtweerstandscoefficiënt*). Hoe lager dit getal, hoe kleiner de weerstand. In het diagram hiernaast zie je (voor een auto met een frontaal oppervlak van $1,95 \text{ m}^2$) het



Het verband tussen luchtweerstand en snelheid bij een tweetal c_w -waarden voor auto's met hetzelfde frontale oppervlak.

verband tussen luchtweerstand en snelheid bij een lage en hoge c_w -waarde.
De formule waaruit c_w wordt berekend (en die je niet uit je hoofd hoeft te kennen), luidt:

$$F_l = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

Hierin is F_l de luchtweerstand in newton, A het frontale oppervlak in m^2 , ρ de dichtheid van lucht in kg/m^3 en v de snelheid in m/s

4.2 ROLWRIJVING BIJ FIETSEN

1.

- Welke factoren zullen invloed hebben op de grootte van de rolwrijving bij een fiets?
- Formuleer onderzoeksvragen bij het onderwerp 'rolwrijving bij fietsen', waar-

op je via experimenten antwoord denkt te kunnen krijgen.

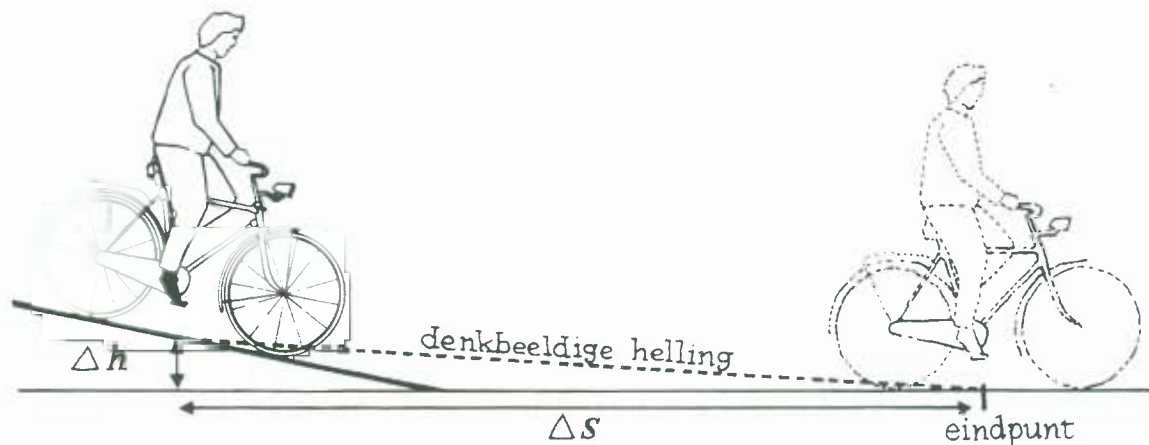
- Stel hypothesen op over de antwoorden op de onderzoeksvragen.

Voordat je gaat onderzoeken van welke factoren de rolwrijving bij fietsen afhangt en welke verbanden er bestaan tussen die factoren en de rolwrijving, moet je een keuze maken voor een meetmethode.

MEETMETHODE

Bij het meten van de rolwrijving gaat het om kleine krachten, in de orde van 1% van het gewicht van de fiets + fietser. Dat komt overeen met de mee- of tegenwerking door de zwaartekracht op een helling van 1% (zie paragraaf 2.6). Als je dus de rolwrijving meet door de fiets met een constante, *kleine* (waarom klein?) snelheid te slepen, moet je wel een goed horizontaal stuk weg uitzoeken.

Een andere methode is, dat je juist van een helling gebruik maakt, in combinatie met een vlak stuk weg. Je start zonder beginsnelheid op een hellende plank, en rijdt uit tot stilstand. De tegenwerking door de rolwrijving is dan even groot geweest als de *gemiddelde* meewerking door de zwaartekracht. Die gemiddelde meewerking door de zwaartekracht kun je vinden uit het hellingspercentage van de *denkbeeldige* helling tussen het startpunt en het punt waar je tot stilstand kwam. Neem wel een klein hoogteverschil (bijv. $\Delta h = 10$ cm) om de snelheid klein te houden met het oog op de luchtweerstand.



RANDVOORWAARDE

Let bij de uitvoering van je onderzoek op je eigen veiligheid en die van anderen.

2.

- Maak een meetplan voor het onderzoek. Houd daarbij rekening met:
 - de geformuleerde onderzoeksvra-

gen;

- de bepaling van de meetonzekerheden;

- de onderlinge taakverdeling.
- Voer het onderzoek uit. Zorg ervoor dat je de meetresultaten volledig, duidelijk en overzichtelijk noteert.
- Bereid een rapportage over je onderzoek voor, waarin de volgende punten aan bod komen:
- de onderzoeksvragen met de opgestelde hypothesen;

- een overzicht van de proefomstandigheden en de meetresultaten (denk aan de meetonzekerheden);
- de conclusies uit je onderzoek, waarbij je aangeeft wat je na je onderzoek méér weet over het onderwerp 'rolwrijving' (vergeleken met wat je al wist voor je met je onderzoek begon).

4.3 TOTALE WEERSTAND BIJ FIETSEN

1.
 - Welke factoren zullen invloed hebben op de grootte van de totale weerstand bij een fiets?
 - Formuleer onderzoeksvragen bij het onderwerp 'totale weerstand bij fietsen',

waarop je via experimenten antwoord denkt te kunnen krijgen.

- Stel hypothesen op over de antwoorden op de onderzoeksvragen.



Op deze manier kan een veerunster tegen te grote uitrekking beveiligd worden.

MEETMETHODE

De aangewezen methode om de totale weerstand bij fietsen te bepalen is een sleepproef. Het principe daarvan is heel simpel: de trekkracht is bij constante snelheid gelijk aan de som van rolwrijving en luchtweerstand.

RANDVOORWAARDE

Bij het opstellen en uitvoeren van je meetplan moet je rekening houden met de volgende punten:

- je mag werken met snelheden tot 20 km/h;
- let op verkeersregels, je eigen veiligheid en die van anderen.

2.
 - Maak een meetplan voor het onderzoek. Houd daarbij rekening met:
 - de geformuleerde onderzoeksvragen;
 - de bepaling van de meetonzekerheden;
 - de onderlinge taakverdeling.
 - Voer het onderzoek uit. Zorg ervoor dat je de meetresultaten volledig, duidelijk en overzichtelijk noteert.
 - Bereid een rapportage over je onderzoek voor, waarin de volgende punten

aan bod komen:

- de onderzoeksvragen met de opgestelde hypothesen;
- een overzicht van de proefomstandigheden en de meetresultaten (denk aan de meetonzekerheden);
- de conclusies uit je onderzoek, waarbij je aangeeft wat je na je onderzoek méér weet over het onderwerp 'totale weerstand bij fietsen' (vergeleken met wat je al wist voor je met je onderzoek begon).

4.4 BENZINEVERBRUIK VAN EEN BROMFIETS

1.
 - Welke factoren zullen invloed hebben op het benzineverbruik van een bromfiets?
 - Formuleer onderzoeksvragen bij het onderwerp 'benzineverbruik van een

bromfiets', waarop je via experimenten antwoord denkt te kunnen krijgen.

- Stel hypothesen op over de antwoorden op de onderzoeksvragen.