VERKEER EN VEILIGHEID

PLON BV UITGEVERIJ nib

PLON / BV UITGEVERIJ nib ZEIST

PROJECT LEERPAKKETONTWIKKELING NATUURKUNDE

* Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) is in 1972 begonnen onder auspiciën van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). De opdracht was: het ontwikkelen en door middel van onderzoek evalueren van leerpakketten voor natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo, en het ontwerpen van een plan voor goede begeleide introductie daarvan in de scholen.
* Het PLON werkt onder toezicht van een stuurgroep waarin vertegenwoordigers uit het onderwijs, de vervolgopleiding, didactische instellingen, onderwijsondersteuningsinstituten, lerarenopleidingen en het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen vertegenwoordigd zijn.
* Het PLON is ondergebracht bij de Vakgroep Natuurkunde Didaktiek van de Rijksuniversiteit Utrecht. Deze vakgroep participeert tevens in de activiteiten ten behoeve van havo-bovenbouw. Ten behoeve van vwo-bovenbouw bestaat een samenwerkingsverband met de universiteiten van Amsterdam (GU) en Groningen, en groepen leraren die werken aan de ontwikkeling van lesmateriaal.
* Het adres van het PLON is:
  PLON, lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA, de Uithof, Utrecht
  Tel. 030-532717

© 1981 Rijksuniversiteit Utrecht Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde/BV Uitgeverij N I B Zeist

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without the prior permission of the publisher.

Experimentele uitgave

VERKEER EN VEILIGHEID

Samengesteld door de projectgroep van het PLON
voor de 4e klas mavo en
voor de 3e klas havo/vwo

Experimentele versie

PLON BV UITGEVERIJ nib

OVER DIT BOEK

Voor je ligt een boek over „Verkeer en Veiligheid". Dit boek behandelt het thema „Verkeer en Veiligheid" vanuit natuurkundige theorieën over bewegingen en bewegingsveranderingen onder invloed van krachten.
Omdat remmen, botsen, optrekken, hard rijden allemaal bewegingen onder invloed van krachten zijn, is de natuurkundige theorie goed te gebruiken bij verkeersveiligheid.
Uiteindelijk wordt aandacht besteed aan het voorkomen van letsel bij botsingen, bijvoorbeeld door bromfietshelm of veiligheidsgordel en het voorkomen van botsingen door met een veilige snelheid te rijden.

Dit boek bestaat uit vijf delen.

De inleiding: deze gaat over verkeersveiligheid blz. 3
Het theoriedeel: deze behandelt bewegingen en bewegingsveranderingen onder invloed van krachten blz. 9
De vervolgonderzoeken: deze laten zien hoe je de theorie kunt gebruiken om voorzieningen op het gebied van verkeersveiligheid beter te snappen blz. 5
De bijlagen: deze gaan wat dieper in op de theorie en bereiden voor op het thema „Machines en energie" blz. 89
De leesteksten: deze gaan over algemene aspecten van verkeersveiligheid blz. 103

Van het theoriedeel is bijna alles voor iedereen verplicht. De vervolgonderzoeken worden over de klas verdeeld.
De leesteksten kun je gebruiken bij de rapportages of je kunt ze zomaar lezen.
Bij het begin van elk deel vind je een uitvoerige inhoudsopgave.

Veel leer-, onderzoek- en leesplezier.

Verkeers(ón)veiligheid.

Bij gewoon lopen heb je een snelheid van ongeveer 5 km/h. Als twee voetgangers op elkaar botsen is er weinig aan de hand. De gevaren ontstaan pas als de snelheid kunstmatig wordt opgevoerd met fietsen maar vooral met bromfietsen, motoren of auto's. De snelheden die daarmee gehaald worden zijn zo groot, dat je zintuigen soms niet meer in staat zijn om goed te reageren in onverwachte situaties. Bovendien kan het lichaam de botsingen bij die snelheden niet verdragen.

De snelheid van voetgangers bedraagt ongeveer 5 km/h. Bij die snelheid zullen zij geen ongelukken krijgen of veroorzaken.

Daarom is het gevaarlijk om je (zonder voorzorgen) met grote snelheid voort te bewegen. Bij toenemende verkeersdrukte neemt dat gevaar nog toe en wordt de verkeersveiligheid een groot probleem, of beter: de verkeersonveiligheid. Want in 1979 vielen er in Nederland in het verkeer 1977 doden; in 1972 zelfs 3264! Vergelijk deze getallen maar eens met die van andere rampen:

- De watersnoodramp van 1953 (Zeeland): ca. 2000 doden; een gevolg hiervan is het Delta-plan, een projekt dat miljarden kost en dat een dergelijke ramp in de toekomst moet voorkomen.
- De ramp in 1977 met 2 Boeiings 747 op de Canarische eilanden, waarbij ook een toestel van de KLM betrokken was: ca. 600 doden.

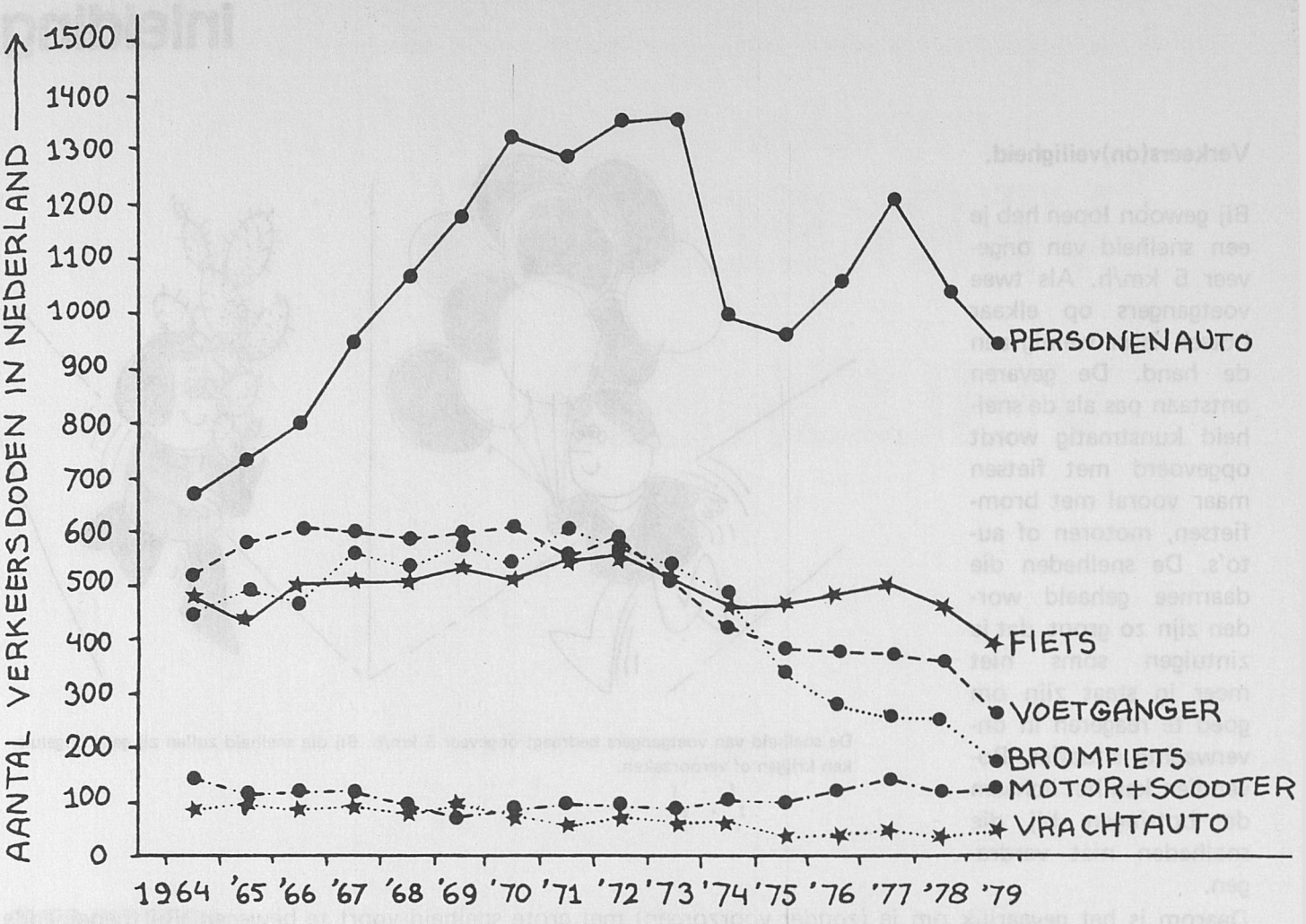
  Over de vliegramp rapporteerden radio, tv en kranten dagenlang. Per afgelegde kilometer is vliegen echter veiliger dan het deelnemen aan het verkeer als voetganger, (brom)fietser of automobilist.

Het zou dus reëel zijn, als de media als kranten en tv veel meer aandacht zouden besteden aan de verkeersonveiligheid voor die voetganger, (brom)fietser of automobilist. In het verkeer sterven per jaar minstens zoveel mensen.

ISRAËL ONTDEKT NIEUW SLAGVELD

Verkeer dodelijker dan Arabieren

TEL AVIV (Reuter) — In vier oorlogen met de Arabieren zijn ongeveer 10.000 Israëli's gesneuveld. Israël is nu tot de ontdekking gekomen dat er een nog bloediger slagveld bestaat, de openbare weg. Volgens de laatste officiële gegevens hebben verkeersongelukken sinds het uitroepen van de staat Israël het leven van 11.000 mensen geëist. Of zoals minister van transport Landau het onlangs uitdrukte: „Israël verliest jaarlijks een aantal mensen door dodelijke ongelukken en blijvende invaliditeit dat gelijk staat aan een bataljon".



Ontwikkeling van de aantallen verkeersdoden in Nederland naar wijze van de deelname aan het verkeer in de jaren 1964 t/m 1979

De figuur hierboven laat zien hoe de verkeersdoden verdeeld zijn over de verschillende vervoermiddelen.

Opdracht 1:

Bij welk vervoermiddel vallen de meeste verkeersdoden?

Opdracht 2:

Onder personen in vrachtauto's vallen de minste verkeersdoden. Hoe komt dat?

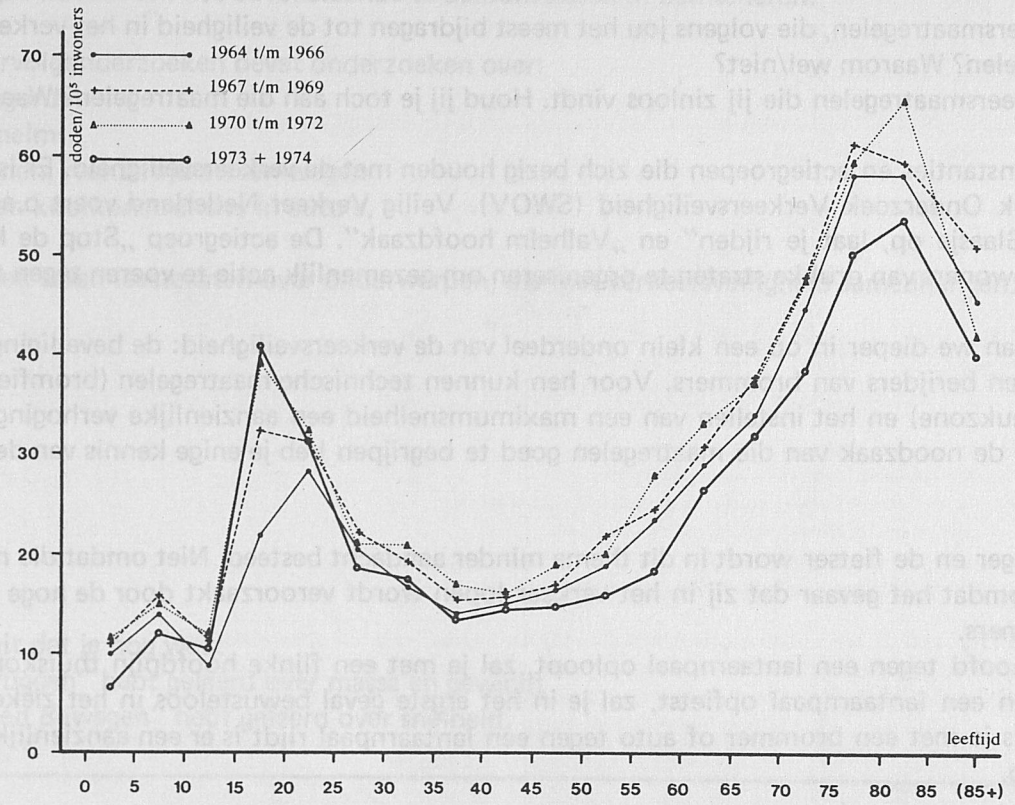
Opdracht 3:

Vanaf 1 februari 1975 is de bromfietshelm verplicht. Is dit in de grafiek terug te vinden?

Opdracht 4:

In 1975 werd het dragen van een veiligheidsgordel verplicht voor automobilisten en hun medepassagiers voorin. Voor die tijd waren veel auto's al voorzien van veiligheidsgordels. Kort daarvoor waren ook snelheidsbeperkingen ingesteld voor automobilisten n.a.v. de energiecrisis, die toen aktueel werd. Ook was net de alcoholwetgeving verscherpt (blaaspijpjes). Zijn de resultaten van deze maatregelen in de grafiek zichtbaar?

De grafiek hieronder laat zien bij welke leeftijd de kans op een ongeval groot is.



Vergelijking van de gemiddelde aantallen verkeersdoden per 100.000 inwoners van één leeftijdsklasse in een aantal perioden

Opdracht 5:

Vergelijk de kans dat jij bij een verkeersongeval met dodelijke afloop betrokken raakt met de kans daarop voor

- je jongere broertje of zusje
- je ouders
- je leraar
- je direkteur van de school
- je grootouders
- je overgrootouders.

De kans op een dodelijk verkeersongeluk is het grootst voor personen tussen 15 en 20 jaar en voor bejaarden. Bij de 15–20 jarigen zijn het vooral ongevallen met bromfiets of personenauto. Bij de bejaarden vallen de meeste slachtoffers als voetganger.

Opdracht 6:

Hoe komt dat?

Behalve doden vallen er talrijke gewonden in het verkeer. In 1979 waren dat er 56.621 in Nederland. Daarnaast wordt er veel schade aangericht aan auto's, brommers, lantaarnpalen, bomen enz.

Onveiligheid in het verkeer is dus een levensgroot probleem. Dat weet je waarschijnlijk ook uit eigen ervaring. Om de veiligheid te vergroten zijn talrijke maatregelen genomen. Die hebben de laatste tijd voor flinke daling van het aantal verkeersdoden gezorgd. Dat heb je uit de grafiek op blz. 4 kunnen opmaken.

Opdracht 7
Noem de verkeersmaatregelen, die volgens jou het meest bijdragen tot de veiligheid in het verkeer. Houd jij je aan die maatregelen? Waarom wel/niet?
Noem ook verkeersmaatregelen die jij zinloos vindt. Houd jij je toch aan die maatregelen? Waarom wel/niet?

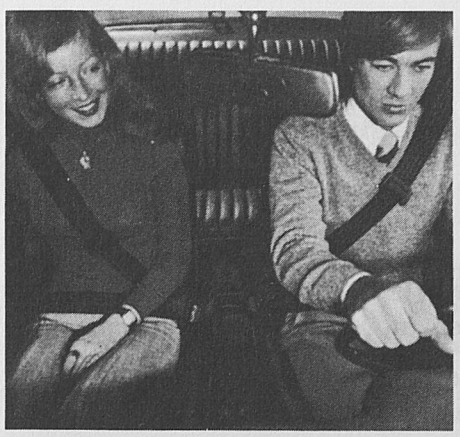
Er zijn allerlei instanties en actiegroepen die zich bezig houden met de verkeersveiligheid. Er is een Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV). Veilig Verkeer Nederland voert o.a. reclamecampagnes zoals „Glaasje op, laat je rijden" en „Valhelm hoofdzaak". De actiegroep „Stop de kindermoord" probeert o.a. bewoners van drukke straten te organiseren om gezamenlijk actie te voeren tegen te hard rijden.

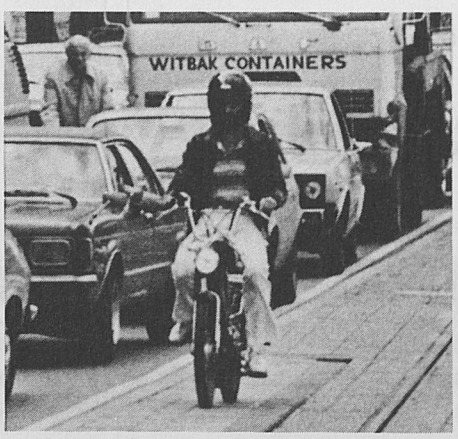
In dit thema gaan we dieper in op een klein onderdeel van de verkeersveiligheid: de beveiliging van inzittenden van auto's en berijders van brommers. Voor hen kunnen technische maatregelen (bromfietshelm, veiligheidsgordel, kreukzone) en het instellen van een maximumsnelheid een aanzienlijke verhoging van de veiligheid geven. Om de noodzaak van die maatregelen goed te begrijpen heb je enige kennis van de natuurkunde nodig.

Aan de voetganger en de fietser wordt in dit thema minder aandacht besteed. Niet omdat die minder belangrijk zijn, maar omdat het gevaar dat zij in het verkeer lopen wordt veroorzaakt door de hoge snelheden van auto's en brommers.
Als je met je hoofd tegen een lantaarnpaal oploopt, zal je met een flinke hoofdpijn thuiskomen. Als je in volle vaart tegen een lantaarnpaal opfietst, zal je in het ergste geval bewusteloos in het ziekenhuis terecht komen. Maar als je met een brommer of auto tegen een lantaarnpaal rijdt is er een aanzienlijke kans op een dodelijke afloop.

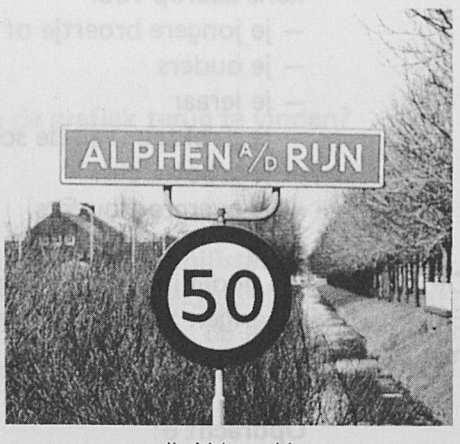
Opdracht 8
Bedenk wat in de bovengenoemde voorbeelden de gevolgen zijn als achtereenvolgens een voetganger, fietser, bromfietser en automobilist in plaats van tegen een lantaarnpaal tegen een andere voetganger of een fietser botst.

Door hun snelheid maken auto en bromfiets bij een botsing zulke grote krachten vrij, dat je lichaam, je botten, daar niet tegen bestand zijn. Bromfietshelm, veiligheidsgordel en kreukzone in de auto verkleinen die krachten. Daardoor vergroten ze de veiligheid van de gebruikers.
Maar ze dragen weinig bij tot de veiligheid van andere verkeersdeelnemers. Een lagere snelheid doet dat wel. Denk daaraan als je op een brommer of (later) in een auto rijdt.


veiligheidsgordels



bromfietshelm



snelheidsbeperking

In het theoriedeel vind je onder andere:
- waarom het zoveel moeite kost om een brommer of een auto in een onverwachte situatie op tijd tot stilstand te brengen.
- waarom autopassagiers bij een botsing naar voren vliegen.
- volgens welke wetten bewegingen van auto's en fietsen te beschrijven zijn die optrekken, afremmen of botsen.
- hoe groot krachten kunnen zijn bij remmen, optrekken en botsen.
- proeven en opdrachten om het bovenstaande te demonstreren of aan te leren.

Het deel met vervolgonderzoeken bevat onderzoeken over:
- de veiligheidsgordel
- de bromfietshelm
- veilige snelheden, reaktietijd en remwegen
- kreukzone's en kooikonstrukties in auto's.

Achterin het boek staan leesteksten over onderwerpen, die met verkeersveiligheid samenhangen.

Ophalen

We gaan ervan uit dat je nog weet
- wat je bij „Bruggen" hebt geleerd over massa en gewicht
- wat je bij „Zien Bewegen" hebt geleerd over snelheid.

> We spreken af: een massa van 1 kg ondervindt een kracht t.g.v. de zwaartekracht van 10 N.
> Ook wordt dan vaak gezegd: het gewicht van een massa van 1 kg is 10 N.

Wat je bij „Bruggen" over massa en gewicht geleerd hebt:

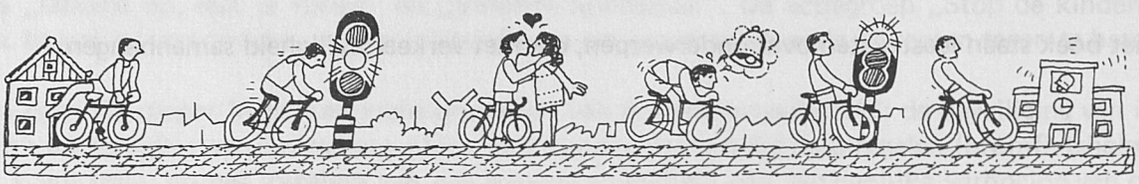
4.3 Gemiddelde snelheid en de snelheid op een bepaald moment

In de voorbeelden van de vorige paragraaf was de snelheid steeds:

$$\frac{\text{de door de auto afgelegde weg}}{\text{de tijd die daarvoor nodig was}}$$

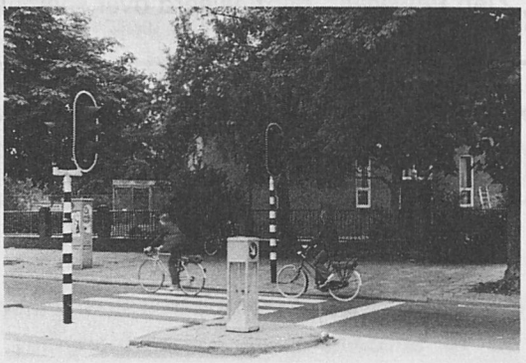
Dat is niet altijd zo. Kijk maar eens naar het volgende voorbeeld. Iemand woont 4 km van school. Hij fietst er 15 minuten over, ofwel 0,25 uur.

Dan is zijn snelheid dus $\frac{4 \text{ km}}{0{,}25 \text{ uur}} = 16 \text{ km/h}$



Is dat ècht zo? Waarschijnlijk niet, want:
- toen hij opstapte, reed hij zeker langzamer
- toen hij dat stoplicht nog wilde halen, reed hij zeker harder
- toen zijn vriendin hem inhaalde, stopte hij even
- vlakbij school ging hij extra hard rijden om vóór de bel binnen te zijn
- en hij moest vlak voor school tòch weer remmen

Toch zegt die 16 km/h wel iets. Het is de *gemiddelde snelheid* over die afstand geweest.
Maar hoe zit het nu met de snelheid op het moment dat hij het stoplicht passeerde?
De foto's hieronder werden bij dat stoplicht gemaakt, met een tussentijd van 0,9 seconde.



Opdracht 6:

Met welke snelheid passeerde de fietser het stoplicht?
De fiets is 1,75 m lang.

Je kunt de snelheid op een bepaald moment uitrekenen door de gemiddelde snelheid over een klein tijdje (of een klein afstandje) uit te rekenen.

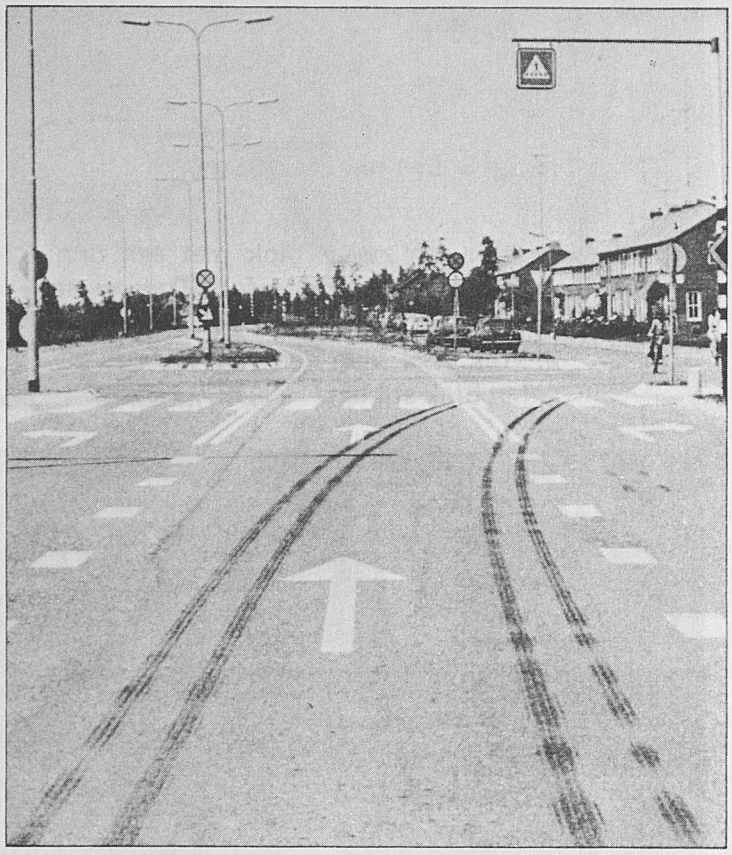
Wat je bij „Zien Bewegen" geleerd hebt over snelheid, gemiddelde snelheid en de snelheid op een bepaald moment.

inhoud theoriedeel

Hoofdstuk 1	traagheid	blz. 11
1.1	proeven en opdrachten over traagheid	blz. 11
1.2	theorie over traagheid	blz. 17
1.3	krachten bij constante snelheid	blz. 18
1.4	krachten bij snelheidsveranderingen	blz. 20
1.5	oefenen met traagheid	blz. 21
1.6	antwoorden bij de proeven en opdrachten van 1.5	blz. 24
Hoofdstuk 2	twee bewegingswetten en toepassingen daarvan	blz. 25
2.1	meten van massa, snelheid en kracht	blz. 25
2.2	een eerste bewegingswet	blz. 29
2.3	de bewegingswet anders geschreven	blz. 42
2.4	een tweede bewegingswet	blz. 45
2.5	wat kun je met de twee bewegingswetten?	blz. 47
2.6	een beweging met vaste versnelling of vertraging nader bekeken	blz. 48
2.7	bewegingen met constante versnelling	blz. 51
2.8	welke krachten kun jij uitoefenen?	blz. 52

traagheid

Deelnemers aan het verkeer veranderen steeds de snelheid van hun fiets, auto of ander voertuig: ze passen hun snelheid aan aan de verkeersomstandigheden, aan de mogelijkheden van hun voertuig of aan de haast die zij menen te hebben. Dit veranderen van snelheid kost soms moeite.
Kijk maar eens naar de remsporen op de foto hiernaast. Het duurde even voordat de auto die deze strepen op het wegdek trok, stilstond. Ondertussen gleed hij nog enkele tientallen meters door.
Je zou kunnen zeggen dat de auto moeizaam (traag) van snelheid verandert. Hij stopt niet meteen, maar vertoont *traagheid.*
In de volgende proeven en opdrachten zal je zien dat niet alleen auto's, maar allerlei voorwerpen *traagheid* vertonen.

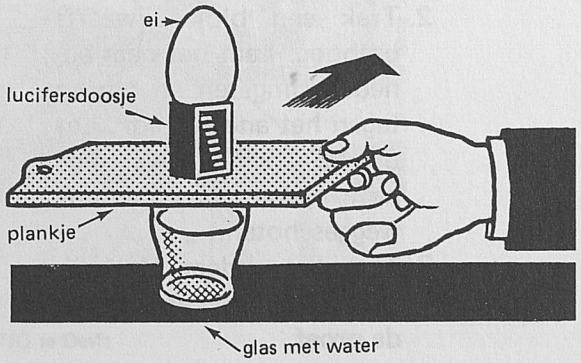


1.1. PROEVEN EN OPDRACHTEN OVER TRAAGHEID

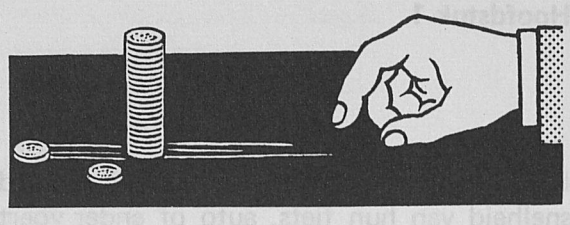
– Schrijf de resultaten van de proeven op
– Bedenk een verklaring voor wat je ziet
– Bij sommige proeven horen opdrachten. Ga steeds na wat de proef en de bijbehorende opdracht met elkaar te maken hebben.

PROEF **1 Het ei in het glas**

1. Maak de opstelling van de tekening.
2. Trek het plankje zeer snel weg.

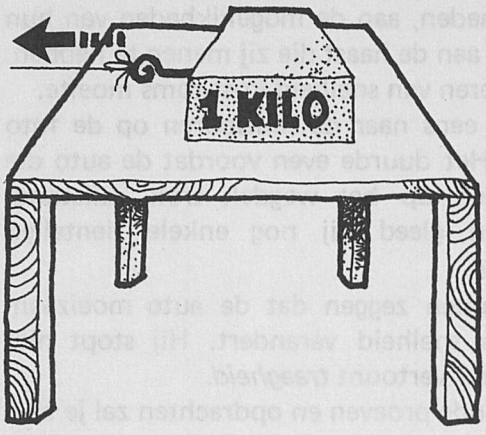


PROEF 2 Kwartjes schieten



1. Maak een stapel van 20 kwartjes.
2. Schiet een dubbeltje met grote snelheid tegen het onderste kwartje van de stapel.

PROEF 3 Een ruk aan een touw



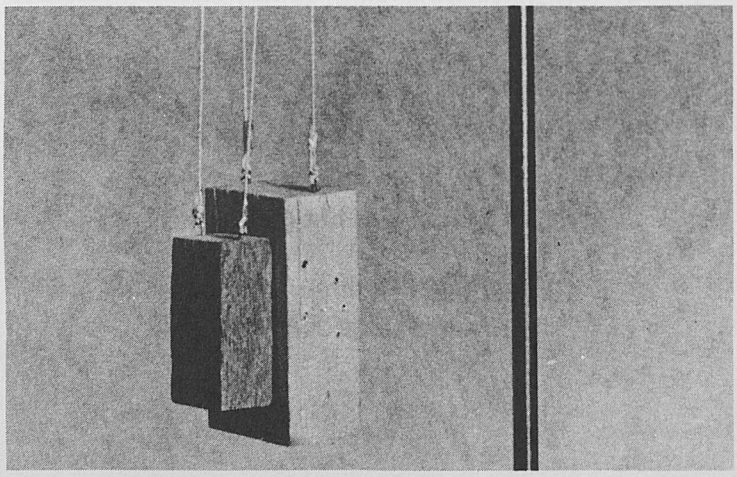
1. Trek een zwaar blok met een dun touwtje over de tafel. Trek eerst langzaam en dan steeds vlugger.
2. Trek heel vlug aan het touwtje als het blok stil ligt.

Opdracht (bij proef 3)

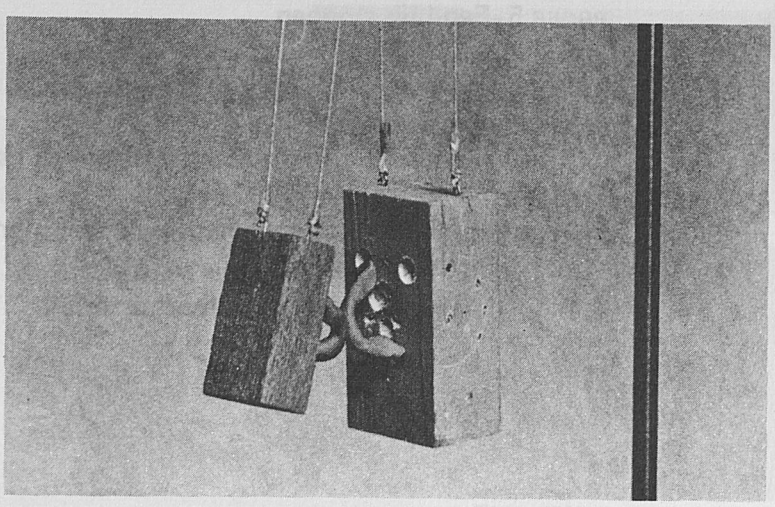
De motor van de achterste auto weigert. De voorste auto zal hem naar een garage slepen. Wat gebeurt er als de voorste auto snel optrekt op het moment dat het touw strak staat?

PROEF 4 Botsing tussen blokken

1. Hang twee verschillende blokken aan een draad zoals op de foto is aangegeven.
2. Trek een blok zijwaarts omhoog. Laat het naar beneden slingeren en botsen tegen het andere blok. Let op de snelheid waarmee het andere blok wordt weggeschoten.
3. Trek het andere blok zijwaarts omhoog en herhaal de proef.



4. Bevestig een dun reepje plasticine aan de blokken zoals op de foto hiernaast. Herhaal de proef.



Je kunt voorkomen dat de blokken ketsen door dunne strookjes plasticine op de blokken te bevestigen. De botsingen tussen de blokjes lijken dan meer op botsingen tussen voertuigen in het verkeer.

Opdracht
(bij proef 4)

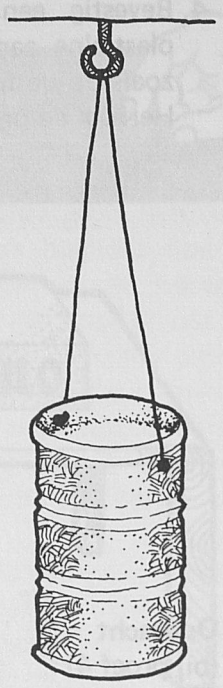
Een Volvo 343 botst op een proefbaan voor botsingen met een snelheid van 70 km/uur tegen een stilstaande stadsbus (links) en tegen een andere Volvo 343 (onder). Als er passagiers in de auto's of de bus zouden zitten, zouden zij een flinke klap krijgen. In welk geval is het risico voor de inzittenden van de rijdende auto het grootst?
In welk geval is het risico voor de inzittenden in het stilstaande voertuig het grootst?

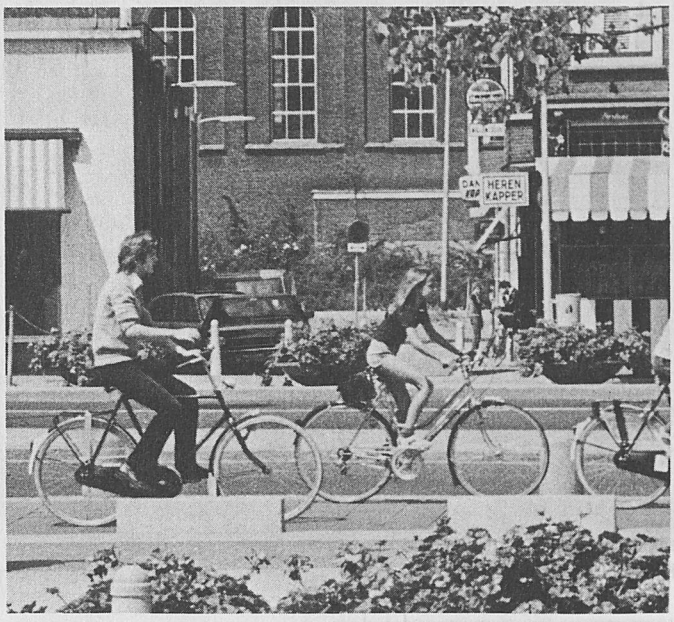
Botsing tussen Volvo 343 en en DAF-stadbus op de botsbaan van IW—TNO te Delft

Botsing tussen 2 Volvo's 343 op de botsbaan van IW-TNO te Delft

PROEF 5 **Een blik stoppen**

1. Hang een leeg blik op aan touwen zoals op de tekening hiernaast.
2. Trek het blik uit zijn ruststand zijwaarts omhoog en laat het naar beneden slingeren.
3. Rem het blik in het onderste punt van zijn baan met de hand af tot stilstand.
4. Vul het blik met zand en herhaal de proef.



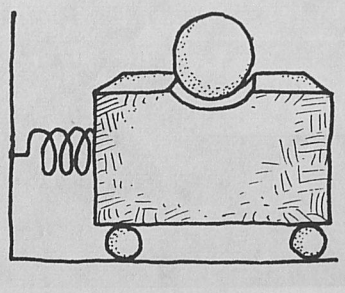


Opdracht
(bij proef 5)

Beide fietsers rijden even hard. Welke fietser kun je het gemakkelijkst tegenhouden?

PROEF 6 **Een knikker op een karretje**

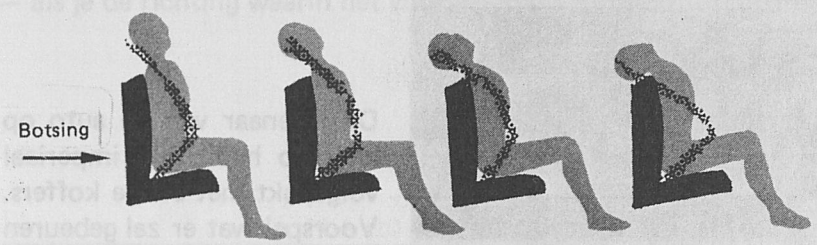
1. Duw een duwveer van een karretje een klein beetje in door het karretje zachtjes tegen een wand te duwen.
2. Leg een knikker in het karretje en laat het karretje los.
3. Wat gebeurt er met de knikker?
4. Duw de veer verder in en herhaal de proef.



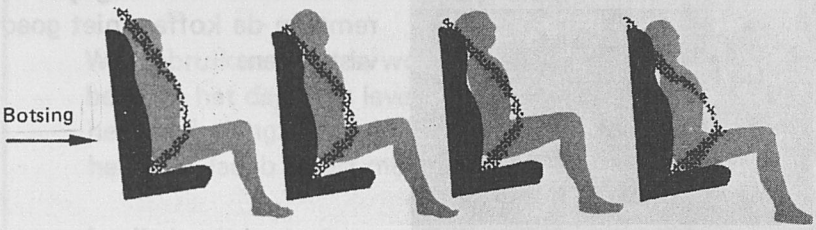
Opdracht
(bij proef 6)

Je hoofd zit „als een knikker" op de romp. Voorspel wat er met je hoofd gebeurt als je in een auto zit, die van achteren wordt aangereden.
Wat is het nut van een hoofdsteun?

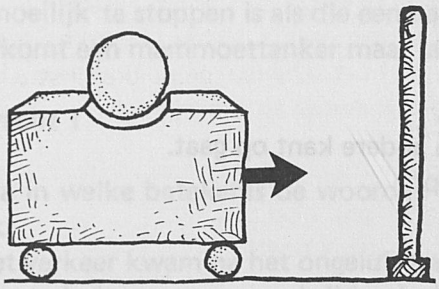
De hoofdsteun



Aanrijding van achteren; er is geen hoofdsteun aanwezig.



Aanrijding van achteren; er is wel een hoofdsteun aanwezig.



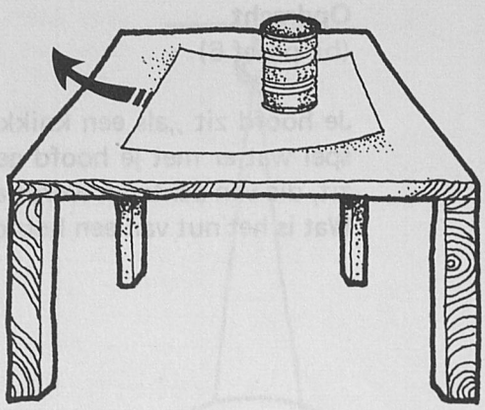
PROEF 7 **Een karretje met een knikker stoppen**

1. Leg een knikker op een karretje. Geef het karretje voorzichtig een snelheid, zodat de knikker er niet afrolt.
2. Houd het karretje plotseling tegen.
3. Wat gebeurt er met de knikker?

Opdracht
(bij proef 7)

Veel auto's hebben achter de achterbank een zogenaamde hoedenplank, waar je allerlei voorwerpen op kunt zetten.
- Waarom mag je geen zware voorwerpen op de hoedenplank neerzetten?
- Ga kijken wat je allemaal op de hoedenplanken van auto's tegenkomt. Zijn die voorwerpen gevaarlijk bij plotseling remmen of botsen?

PROEF 8 **Een blik op papier**



1. Zet een blik (of een doos) op een vel papier op tafel.
2. Ga na hoe je het vel zó weg kunt trekken, dat het blik op tafel blijft staan. Je mag het blik daarbij niet aanraken.
3. Vul het blik met iets zwaars (bijvoorbeeld zand). Herhaal de proef.

Opdracht
(bij proef 8)

De eigenaar van de auto op de foto heeft zijn imperiaal volgepakt met zware koffers. Voorspel wat er zal gebeuren als de auto snel wegrijdt of remt en de koffers niet goed vast zitten.

PROEF 9 **Een duw tegen een karretje**

1. Geef een karretje een duw, zodat het gaat rijden.
2. Geef een rijdend karretje een duw, zodat het een andere kant op gaat.
3. Geef een rijdend karretje een duw, zodat het stopt.

Welke konklusies kun je trekken uit de proeven en opdrachten van deze paragraaf?

1.2 THEORIE OVER TRAAGHEID

Traagheid

Uit de proeven en opdrachten van paragraaf 1.1 blijkt dat een voorwerp niet zomaar van snelheid verandert. Deze eigenschap noemen we de *traagheid* van een voorwerp. Dus: *ieder voorwerp bezit traagheid waardoor het moeilijk is om het voorwerp van snelheid te veranderen.*

Deze traagheid speelt een rol
– als je de grootte van de snelheid van een voorwerp wilt veranderen.
– als je de richting waarin het voorwerp beweegt wilt veranderen.

Traagheid speelt ook een rol als je een voorwerp (bijvoorbeeld een voetbal) van richting wilt veranderen.

Wij gebruiken hier de woorden „traagheid" en „traag" in een andere betekenis dan je gewend bent. In het dagelijks leven zal je „traagheid" meestal gebruiken in de betekenis van „kleine snelheid" of „langzaamheid", en „traag" in de betekenis van „langzaam". Bijvoorbeeld: „De traagheid van Jacob ergert me." Of: „De slak kroop traag over het pad."

In dit boek bedoelen we met traagheid dat het moeilijk is een voorwerp van snelheid te veranderen. Een mooi voorbeeld van een „traag" voorwerp is een zwaar beladen vrachtauto die maar erg moeilijk te stoppen is als die eenmaal op gang is. Een ander voorbeeld: Door zijn grote traagheid komt een mammoettanker maar langzaam op gang.

Opdracht 1

Ga na in welke betekenis de woorden „traagheid" en „traag" in de volgende zinnen wordt gebruikt.
– Het verkeer kwam na het ongeluk traag op gang.
– Een trein is traag: een snel rijdende trein is moeilijk te stoppen.
– De traagheid waarmee Ingrid naar school fietste zorgde ervoor dat ze te laat kwam.
– Door hun traagheid schoten de mensen naar voren toen de tram plotseling moest remmen.

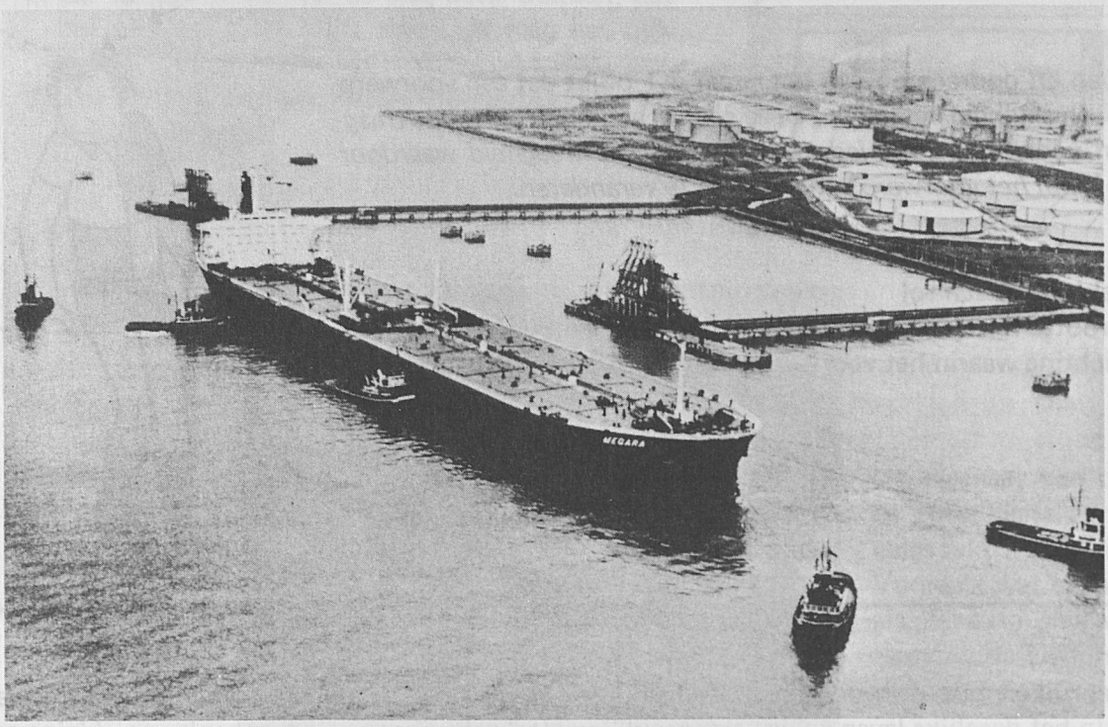
Opdracht 2

Geef een verklaring voor de proeven 1 t/m 9 waarbij de woorden snelheidsverandering en traagheid gebruikt. Vergelijk jouw verklaring met die van een klasgenoot.

Traagheid en massa

De traagheid van een voorwerp wordt bepaald door de natuurkundige grootheid massa. Een voorwerp met een grote massa heeft een grote traagheid; het kost veel moeite zo'n voorwerp van snelheid te veranderen. De massa wordt uitgedrukt in kilogram (kg).

Een mooi voorbeeld van traagheid geeft een grote olietanker. Deze zet zo'n 10 kilometer voor de kust zijn motoren al stop. Doordat hij zo'n enorme massa heeft en dus heel traag is, drijft hij de 10 kilometer tot de kust uit. Bij een snelheid voor het stopzetten van de motoren van 40 km/h drijft hij ongeveer een half uur uit. uit.



Een enorme tanker drijft door zijn enorme traagheid wel 10 kilometer uit.

Zwaarte en massa

Een voorwerp heeft ook een *zwaarte.* Dat wil zeggen dat een voorwerp door de zwaartekracht wordt aangetrokken. We merken dat dagelijks. Hoe groter de massa van het voorwerp, hoe meer zwaarte het heeft. We zagen al eerder: hoe groter de massa, hoe meer traagheid het voorwerp heeft. Massa is dus een maat voor zowel de traagheid als de zwaarte. Het maakt in de praktijk ook niet uit of je het hebt over een ,,traag'' voorwerp of over een ,,zwaar'' voorwerp. Want een traag voorwerp is ook zwaar en omgekeerd.

Door zijn zwaarte werkt op een voorwerp met een massa van 1 kg een zwaartekracht van 10 N. Op 2 kg werkt dus 20 N enz. Waarom dat zo is, vind je verder uitgelegd in bijlage 1 op blz. 91.
Vaak wordt ook wel gezegd dat een massa van 1 kg een *gewicht* van 10 N heeft.

Opdracht 3

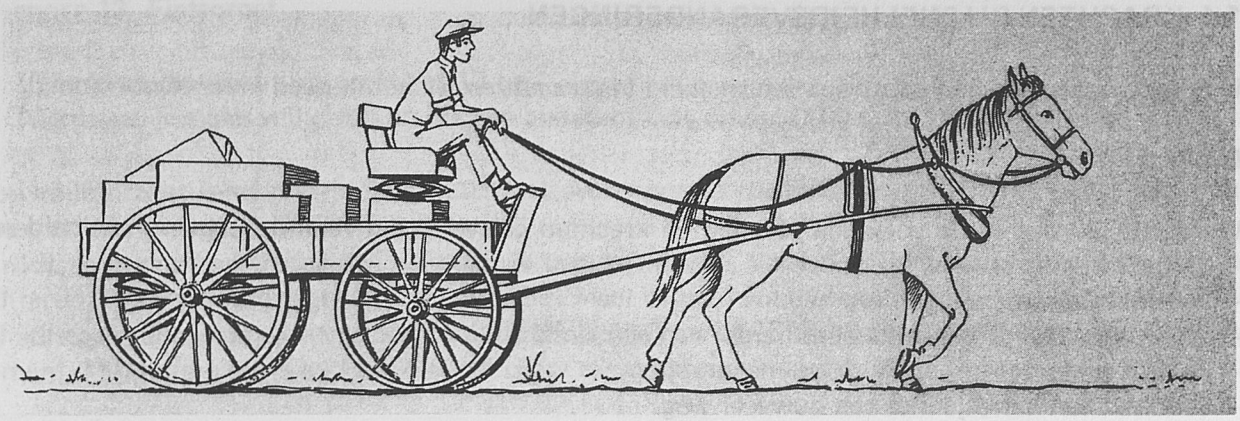
— Hoe groot is jouw massa?
— Hoe groot is jouw zwaartekracht?
— Hoe groot is jouw gewicht?

Opdracht 4

Waarom zou een wielrenner de voorkeur geven aan een lichte fiets? (Denk zowel aan de traagheid als aan de zwaarte!)

1.3 KRACHTEN BIJ CONSTANTE SNELHEID

Om met een fiets op gang te komen heb je een kracht nodig. En om een fiets zijn snelheid te laten behouden moet je een kracht blijven uitoefenen.
Dat geldt voor alle vervoermiddelen. Een automotor moet blijven draaien ook al is de ,,kruissnelheid'' bereikt.
— als je 40 km/h rijdt met je brommer, moet je de motor laten lopen om die snelheid te houden
— het paard moet de wagen blijven trekken.



Opdracht 5

- Wat zou je eraan kunnen doen als een oude fiets heel zwaar trapt?
- Hoe komt het dat je op een vlakke asfaltweg minder inspanning hoeft te verrichten om 20 km/h te blijven rijden dan op een hobbelige klinkerweg.
- Waarom zou de bovenstaande paard en wagen veel gemakkelijker te trekken zijn als die luchtbanden zou hebben?

Als je op de fiets ophoudt met trappen en zelf dus geen kracht meer uitoefent, wordt je afgeremd door een andere kracht: de wrijvingskracht. Een goed gesmeerde lichtlopende fiets ondervindt minder wrijvingskracht dan een oude verroeste fiets. Hoe kleiner de wrijvingskracht is, hoe minder inspanning het kost om met een constante snelheid te fietsen. Want je moet een trapkracht leveren die even groot is als de wrijvingskracht om met een constante snelheid te rijden.

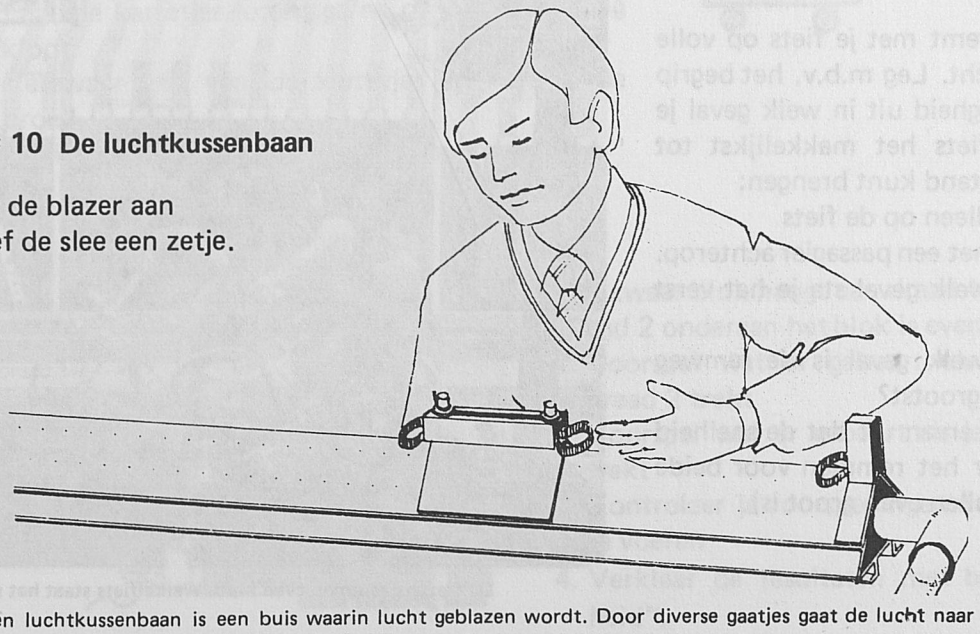
Het mooiste zou zijn als je een fiets zou kunnen maken die *helemaal geen wrijvingskracht* zou hebben (behalve als je remt!). Als je daarop een gangetje zou hebben, hoefde je helemaal niet meer te trappen maar zou je met hetzelfde gangetje door blijven rijden. Maar die fiets is nog niet uitgevonden . . .

Sommige scholen hebben een luchtkussenbaan. Daarmee kan je een soort slee op een luchtstroom laten zweven, zodat de wrijving heel erg klein is. Als je de slee een zetje geeft duurt het heel lang voordat die stil staat.

De wrijving is er dus de oorzaak van dat je in de praktijk altijd een kracht moet uitoefenen om een voorwerp dezelfde snelheid te laten houden. Die kracht is evengroot als de wrijvingskracht, maar tegengesteld gericht.

PROEF **10 De luchtkussenbaan**

1. zet de blazer aan
2. geef de slee een zetje.



Een luchtkussenbaan is een buis waarin lucht geblazen wordt. Door diverse gaatjes gaat de lucht naar buiten. Op deze lucht drijft een slee, die vrijwel wrijvingloos beweegt.

1.4 KRACHTEN BIJ SNELHEIDSVERANDERINGEN.

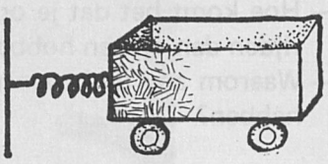
Het kost moeite om een voorwerp van snelheid te *veranderen.* Je hebt er een *kracht* voor nodig.

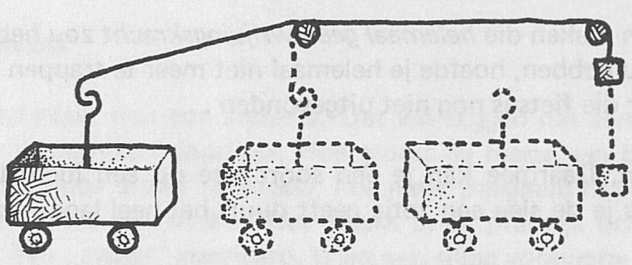
Opdracht 6

Waardoor worden in de volgende gevallen de krachten geleverd, die veranderingen in snelheid veroorzaken?
— Je rijdt weg op je fiets.
— Je rijdt met je fiets tegen een heg.
— Je rijdt zonder te trappen steeds harder van een steile helling af.
— Je rijdt op je fiets en je houdt op met trappen.
— Je schiet een karretje met een duwveer weg.
— Je trekt een karretje aan een touw steeds sneller voort.

PROEF 11 Een kar met een duwveer

1. Zet een karretje tegen een duwveer zoals op de tekening hiernaast.
2. Druk de veer in door tegen het karretje te duwen en laat dan los.
3. Verzwaar het karretje en herhaal de proef.
4. In welk geval krijgt het karretje de grootste snelheid?





PROEF 12 Een karretje aan een touw

1. Breng een karretje in beweging met behulp van een vallend voorwerp zoals op de tekening.
2. Verzwaar het karretje en herhaal de proef.
3. In welk geval krijgt het karretje de grootste snelheid?

Opdracht 7

Je remt met je fiets op volle kracht. Leg m.b.v. het begrip traagheid uit in welk geval je je fiets het makkelijkst tot stilstand kunt brengen:
a. alleen op de fiets
b. met een passagier achterop.
In welk geval sta je het verst stil?
In welk geval is de remweg het grootst?
(Ga ervan uit dat de snelheid voor het remmen voor beide gevallen even groot is).

De fietsers remmen even hard. Welke fiets staat het snelst stil?

PROEF **13 Fietsproef**

Voer het experiment uit opdracht 17 uit.
(Denk aan je eigen veiligheid en die van anderen! Doe de proef niet op de openbare weg.)

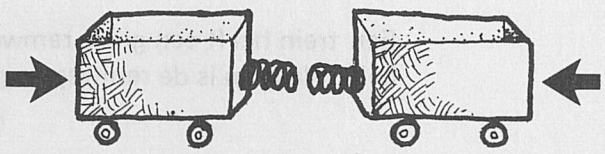
Ook als je op volle kracht remt met je fiets duurt het even voordat je stilstaat. Ondertussen legt je fiets nog een paar meter af: de remweg.
Als je hard rijdt, is je remweg groter dan wanneer je langzaam rijdt. Voor een fiets die zwaarder beladen is (vriendje achterop) is de traagheid groter. Het kost dus meer moeite om de fiets tot stilstand te brengen. Wil je toch snel stilstaan, dan moet je over betere remmen beschikken (bijvoorbeeld trommelremmen in plaats van velgremmen). Met betere remmen kun je een grotere remkracht uitoefenen.

Uit het voorgaande blijkt dat de remweg van een fiets afhangt van
– de kracht waarmee je remt
– de traagheid van fiets + berijder(s) (de massa)
– de snelheid waarmee je fietst voordat je begint te remmen.

De natuurkundige wetten die het verband hiertussen aangeven worden behandeld in hoofdstuk 2. Om die wetten goed te begrijpen moet je het begrip „traagheid" goed door hebben. Daarom kun je daarmee voor jezelf oefenen in de volgende paragraaf (§ 1.5). In paragraaf 1.6 vind je de antwoorden. Verder moet je weten hoe je krachten, massa's en snelheden kunt meten. Dit heb je nodig om de natuurkundige wetten in hoofdstuk 2 te kontroleren. Zie hiervoor de eerste paragrafen van hoofdstuk 2.

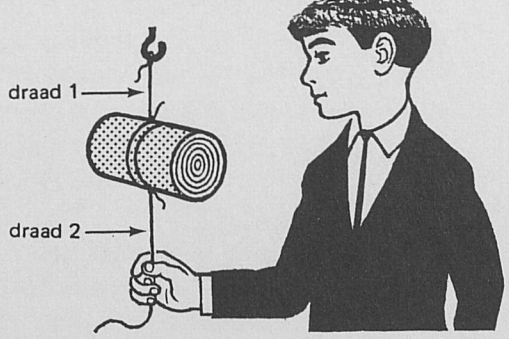
1.5 OEFENEN MET TRAAGHEID

PROEF **14 Twee karretjes**



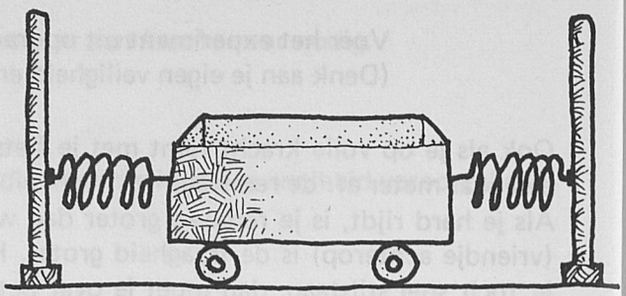
1. Duw de veren van twee gelijke karretjes in door de karretjes naar elkaar toe te drukken.
2. Voorspel welk karretje het snelst wegschiet als je het karretje loslaat.
3. Laat de karretjes los en ga na of je voorspelling klopt.
4. Verzwaar een van de karretjes en herhaal de proef.
5. Geef een verklaring voor wat je waarneemt.

PROEF **15 Een blok aan een touw**



Een zwaar blok hangt aan draad 1.
Draad 2 onderaan het blok is even sterk als draad 1.
1. Voorspel wat er gebeurt als je langzaam aan draad 2 trekt
2. Voorspel wat er gebeurt als je snel aan draad 2 trekt
3. Kontroleer je voorspellingen door de proeven uit te voeren
4. Verklaar de resultaten met behulp van „traagheid".

PROEF 16 Het trillende karretje

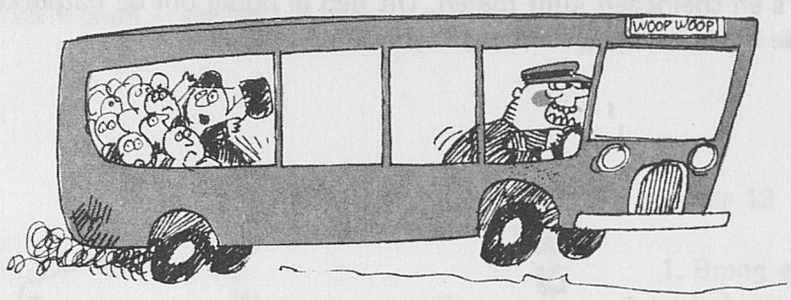


1. Bevestig een karretje met twee gelijke veren aan twee stevig opgestelde statiefstangen
2. Geef het karretje een zetje en kijk wat er gebeurt
3. Voorspel wat er gebeurt als je het karretje verzwaart en daarna weer een zetje geeft
4. Kontroleer je voorspellingen door de proef uit te voeren
5. Verklaar je resultaten met behulp van traagheid.

Gebruik bij je antwoorden van de opdrachten hieronder steeds „traagheid"

Opdracht 8

Remt de bus te snel af of trekt hij te snel op?

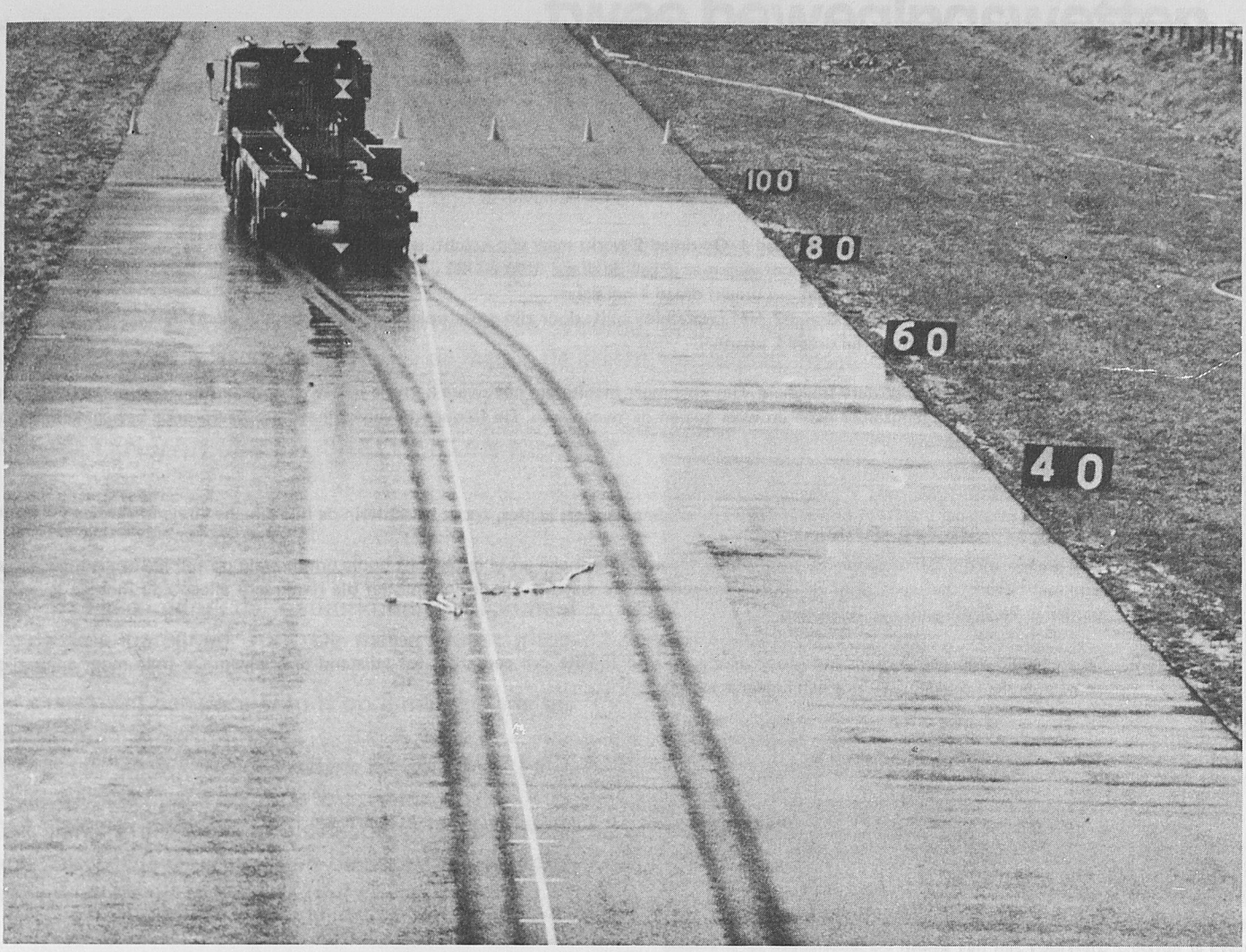


Opdracht 9

Waarom hebben alle wagons van een trein eigen remmen?

Opdracht 10

Een trein heeft een grote remweg (bijvoorbeeld 500 m) als hij op volle kracht remt bij hoge snelheid. Waarom is de remweg zo groot?



Remproef met een zware truck-oplegger-combinatie op een nat wegdek.

1.6 ANTWOORDEN BIJ PROEVEN EN OPDRACHTEN VAN § 1.5

Proef 14. Het karretje dat het lichtst is, schiet het snelst weg, want een licht karretje heeft een kleine traagheid. Het kost weinig moeite om zo'n karretje in beweging te zetten. Het karretje krijgt daarom een grote snelheid.

Proef 15. Als je langzaam aan draad 2 trekt, knapt draad 1. Op draad 2 werkt maar één kracht: de kracht waarmee je aan de draad trekt.
Op draad 1 werken twee krachten: de kracht waarmee je aan de draad trekt èn het gewicht van het zware blok. De kracht op draad 1 is dus groter dan de kracht op draad 2. Daarom breekt draad 1 het eerst.
Als je snel aan draad 2 trekt, knapt draad 2. Het zware blok blijft door zijn grote traagheid vrijwel op zijn plaats. De kracht op draad 1 wordt daardoor nauwelijks groter en draad 2 knapt.

Proef 16. Het zware karretje heeft een grotere traagheid. Het kost meer moeite om het zware karretje in beweging te zetten en af te remmen. Het karretje beweegt dan dus langzamer heen en weer tussen de twee veren. De frequentie van de heen- en weergaande beweging met het zware karretje is lager.

Opdracht 8: De bus trekt te snel op. Door hun traagheid blijven de passagiers achter, zodat ze achterin de bus terecht komen.

Opdracht 9: Elke wagon maakt de massa van de trein groter. Daardoor is er een grote remkracht nodig om de trein op tijd te stoppen. De extra remkracht wordt geleverd door de eigen remmen van de wagon. Als de lokomotief die remkracht alleen zou moeten leveren, zouden er zeker ongelukken gebeuren.

Opdracht 10: De traagheid van een trein is erg groot. Het kost veel moeite om een trein tot stilstand te brengen. De trein moet enige tijd remmen en legt ondertussen nog een hele afstand af.

Hoofdstuk 2

twee bewegingswetten en toepassingen daarvan

In het vorige hoofdstuk heb je gezien dat de remweg van een fiets afhankelijk is van
– de kracht waarmee je remt
– de traagheid van fiets en berijders
– de snelheid waarmee je fietst voordat je begint te remmen.

Voor remmende auto's geldt precies hetzelfde. Voordat je in paragraaf 2.2 naar de twee bewegingswetten gaat kijken moet je eerst weten hóe je de massa, de kracht, de snelheid meet.

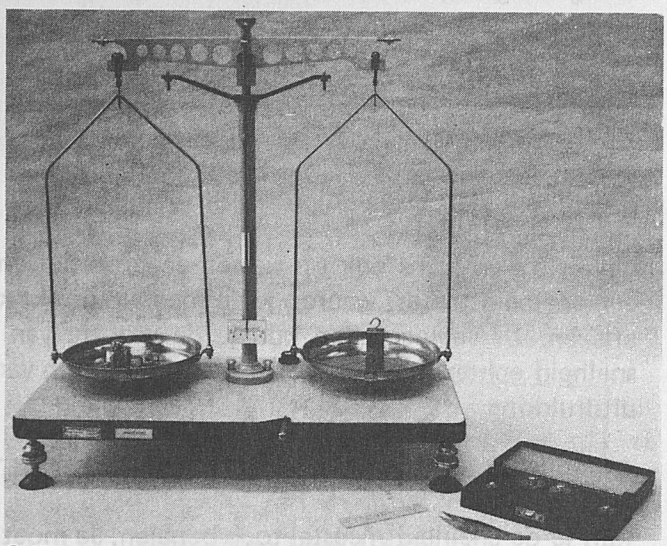
2.1. METEN VAN MASSA, SNELHEID EN KRACHT

Massa meten

De traagheid en de zwaarte van een voorwerp worden bepaald door de natuurkundige grootheid massa (zie paragraaf 1.2). De massa wordt uitgedrukt in kg.
De massa van een voorwerp is op 2 manieren te bepalen.

1. met een (gelijkarmige) balans en een doos voorwerpen met geijkte massa's.

De balans is in evenwicht als de massa van het voorwerp (rechts) evengroot is als de massa van de voorwerpen met geijkte massa's (links).



Gelijkarmige balans met een set voorwerpen met geijkte massa's. De balans is in evenwicht. De massa van het voorwerp (rechts) is even groot als de massa van de geijkte voorwerpen (links).

PROEF **1 Massa meten met een balans**

Bepaald de massa van een willekeurig voorwerp met een (gelijkarmige) balans en een set voorwerpen met geijkte massa's.

2. met een veerunster

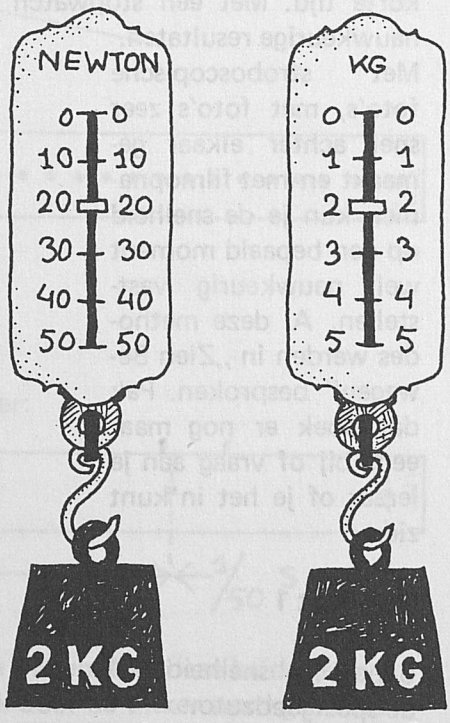
In een veerunster zit een veer. Op de schaalverdeling staat aangegeven welke kracht nodig is om de veer uit te rekken. Krachten worden in newton (N) uitgedrukt (zie veerunster 1).

Maar je ziet vaak veerunsters die geijkt zijn in kilogram (zie veerunster 2). Misschien ga jij ook wel zo'n veerunster gebruiken. Je kunt veerunsters ook in kg ijken, omdat je weet dat op een massa van 1 kg altijd (op aarde) een zwaartekracht van 10 N werkt. 20 N op veerunster 1 komt dus over een met 2 kg op veerunster 2.

De massa van een voorwerp kan je dus ook meten met veerunster 1 of veerunster 2. Als je veerunster 1 gebruikt moet je wel van newton omrekenen naar kilogram.

PROEF **2 Massa meten met een veerunster**

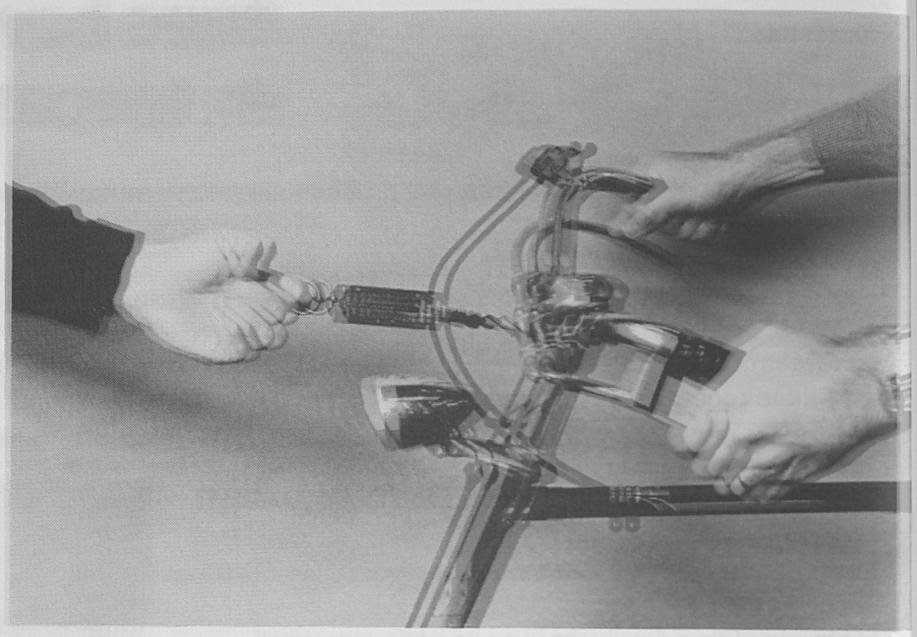
Bepaal de massa van hetzelfde voorwerp als je in proef 1 gebruikt hebt met een veerunster. Vergelijk de uitkomsten.



veerunster 1 veerunster 2

Krachten meten

Krachten kun je meten met een veerunster. Door de veerunster op de foto hiernaast af te lezen, weet je met welke kracht de fiets wordt voortgetrokken. Als de veerunster in kg aangeeft in plaats van in N, bedenk dan dat 1 kg weer overeenkomt met 10 N. Dus als de veerunster op de foto 5 kg aangeeft, is de kracht waarmee de fiets wordt voortgetrokken 50 N.

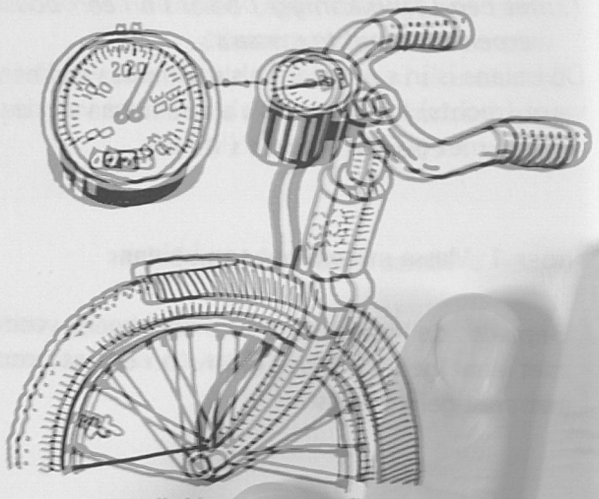


Snelheid meten (1): methoden uit Zien Bewegen

Op auto's en soms ook op fietsen en bromfietsen zit een snelheidsmeter, waarop je de snelheid direkt kunt aflezen. In veel gevallen kun je de grootte van een snelheid echter niet direkt meten. Met behulp van de uitdrukking

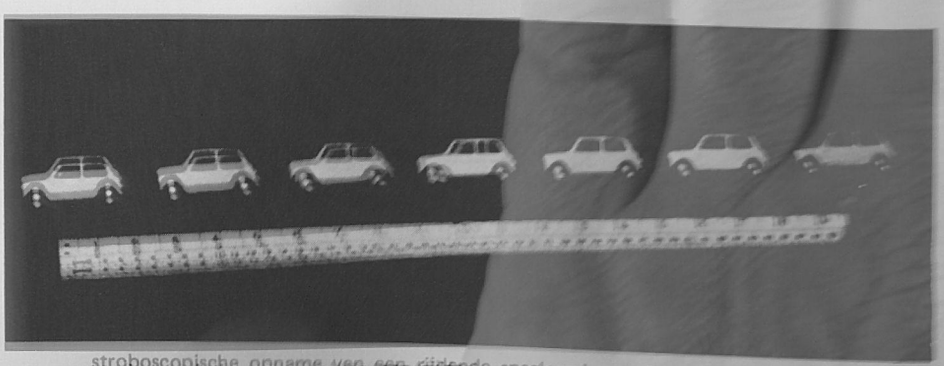
$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{de afgelegde weg}}{\text{de tijd die daarvoor nodig is}}$$

kun je de snelheid meestal toch bepalen. Je moet dan de afgelegde weg meten (bijvoorbeeld met een meetlint en de bijbehorende tijd (bijvoorbeeld met een stopwatch). Je meet dan de gemiddelde snelheid over een bepaald meettrajekt.



snelheidsmeter van een fiets

Als je de snelheid op een bepaald moment wilt meten, bepaal je de gemiddelde snelheid gedurende een heel korte tijd. Met een stopwatch krijg je hierbij geen nauwkeurige resultaten.
Met stroboscopische foto's, met foto's zeer snel achter elkaar gemaakt en met filmopnamen kun je de snelheid op een bepaald moment wel nauwkeurig vaststellen. Al deze methodes werden in „Zien Bewegen" besproken. Pak dat boek er nog maar eens bij of vraag aan je leraar of je het in kunt zien.



stroboscopische opname van een rijdende speelgoedauto. De meetlat is 0,5 m lang; 10 lichtflitsen per seconde.

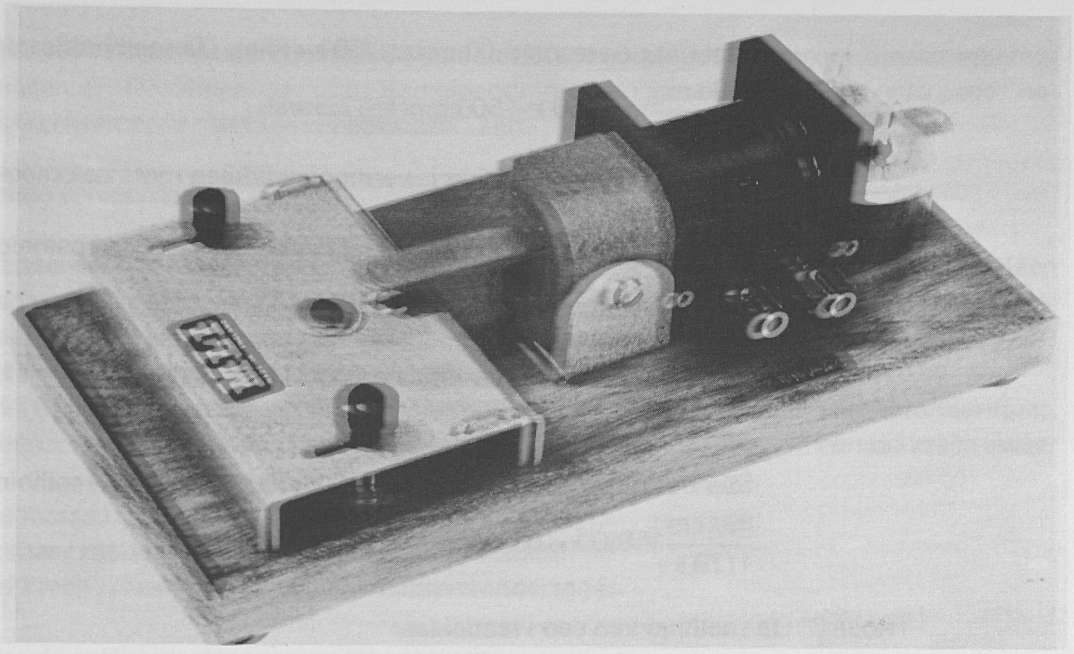
Opdracht 1

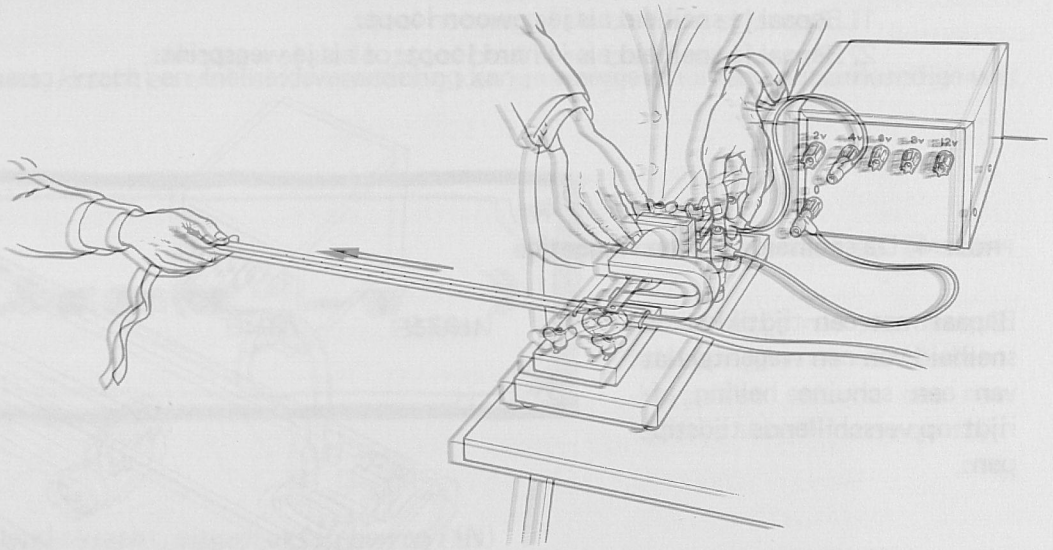
Bepaal de snelheid van de speelgoedauto.

Snelheid meten (2): de tijdtikker

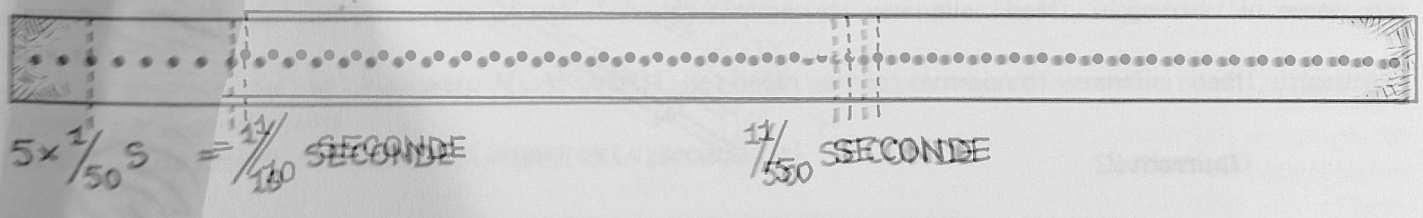
Een nieuwe manier om snelheid te meten is een meting met een tijdtikker.

Een tijdtikker is een apparaat dat 50 maal in één sekonde op en neer gaat. Als je door de tijdtikker een papierstrook trekt, zet de tijdtikker precies om de 1/50 sekonde een puntje op de papierstrook. De tijdtikker werkt op een wisselstroom die een frequentie van 50 Hz heeft, afgeleid van het lichtnet.

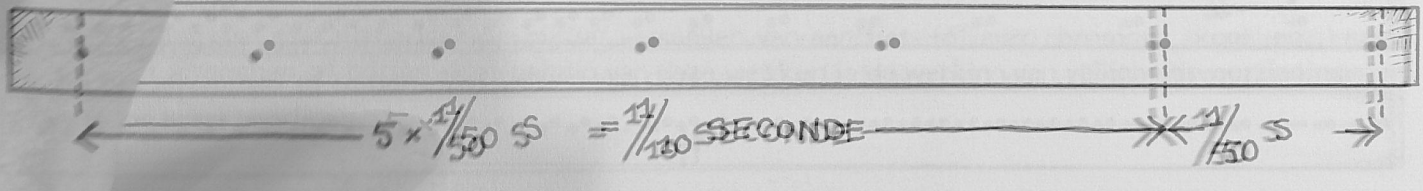




Als de papierstrook langzaam wordt voortgetrokken, zul je iets zien als hieronder:



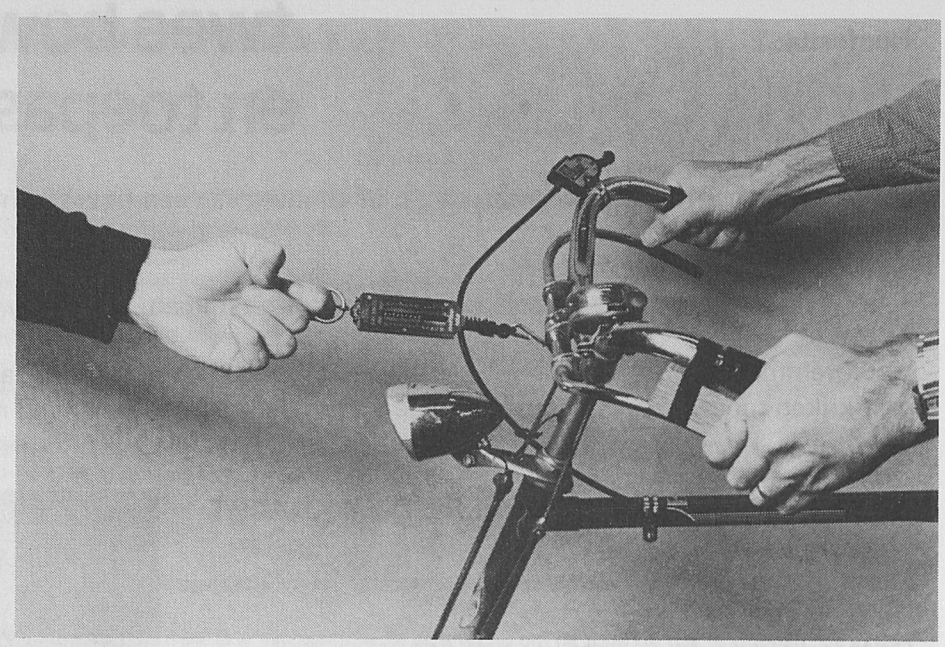
Als de papierstrook snel wordt voortgetrokken, zul je iets zien zoals hieronder:



De tijd tussen 2 tikjes ken je: 1/50 sekonde. De afstand tussen 2 tikjes kun je meten. Met deze beide gegevens kun je op een groot aantal momenten de snelheid bepalen, waarmee de strook door de tikker werd getrokken.

Krachten meten

Krachten kun je meten met een veerunster. Door de veerunster op de foto hiernaast af te lezen, weet je met welke kracht de fiets wordt voortgetrokken. Als de veerunster in kg aangeeft in plaats van in N, bedenk dan dat 1 kg weer overeenkomt met 10 N. Dus als de veerunster op de foto 5 kg aangeeft, is de kracht waarmee de fiets wordt voortgetrokken 50 N.

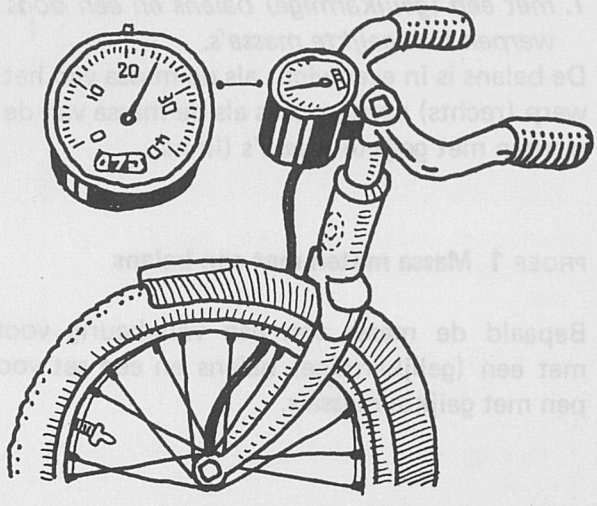


Snelheid meten (1): methoden uit Zien Bewegen

Op auto's en soms ook op fietsen en bromfietsen zit een snelheidsmeter, waarop je de snelheid direkt kunt aflezen. In veel gevallen kun je de grootte van een snelheid echter niet direkt meten. Met behulp van de uitdrukking

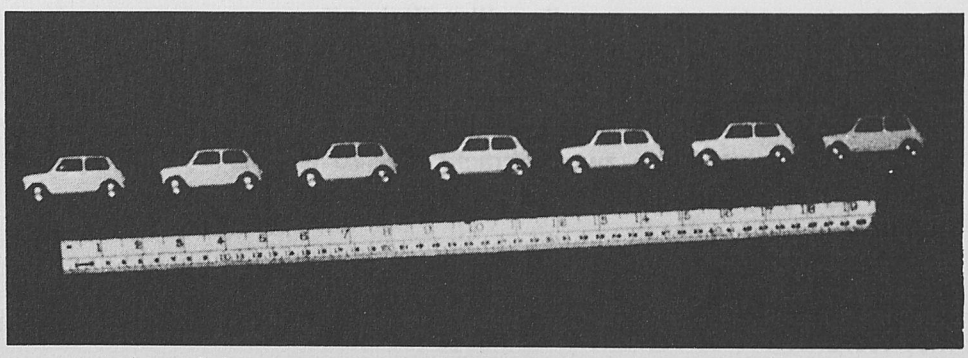
$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{de afgelegde weg}}{\text{de tijd die daarvoor nodig is}}$$

kun je de snelheid meestal toch bepalen. Je moet dan de afgelegde weg meten (bijvoorbeeld met een meetlint en de bijbehorende tijd (bijvoorbeeld met een stopwatch). Je meet dan de gemiddelde snelheid over een bepaald meettrajekt.



snelheidsmeter van een fiets

Als je de snelheid op een bepaald moment wilt meten, bepaal je de gemiddelde snelheid gedurende een heel korte tijd. Met een stopwatch krijg je hierbij geen nauwkeurige resultaten.
Met stroboscopische foto's, met foto's zeer snel achter elkaar gemaakt en met filmopnamen kun je de snelheid op een bepaald moment wel nauwkeurig vaststellen. Al deze methodes werden in „Zien Bewegen" besproken. Pak dat boek er nog maar eens bij of vraag aan je leraar of je het in kunt zien.



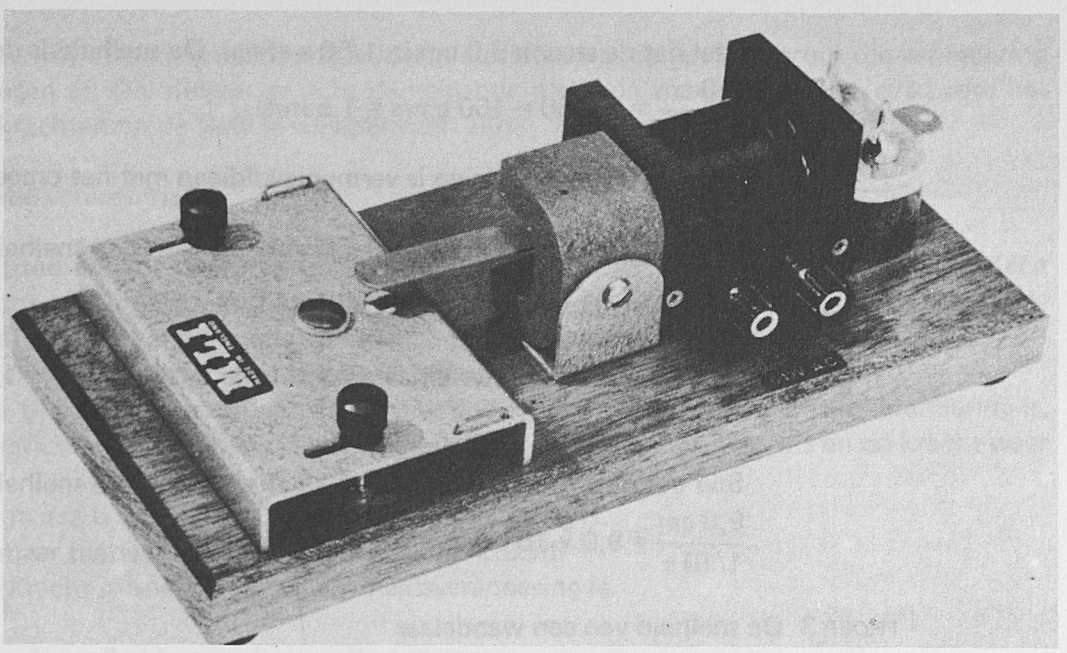
stroboscopische opname van een rijdende speelgoedauto. De meetlat is 0,5 m lang; 10 lichtflitsen per sekonde.

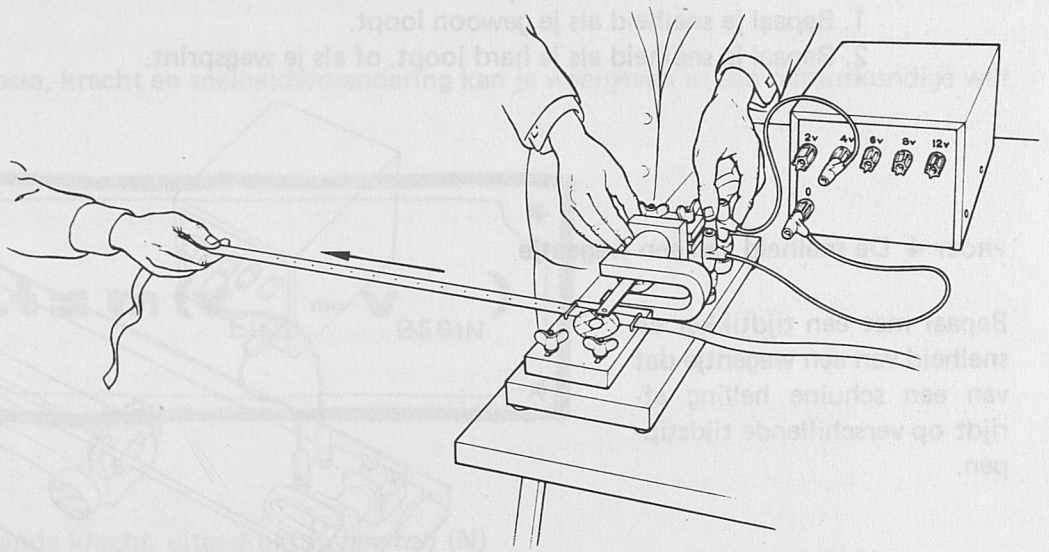
Opdracht 1

Bepaal de snelheid van de speelgoedauto.

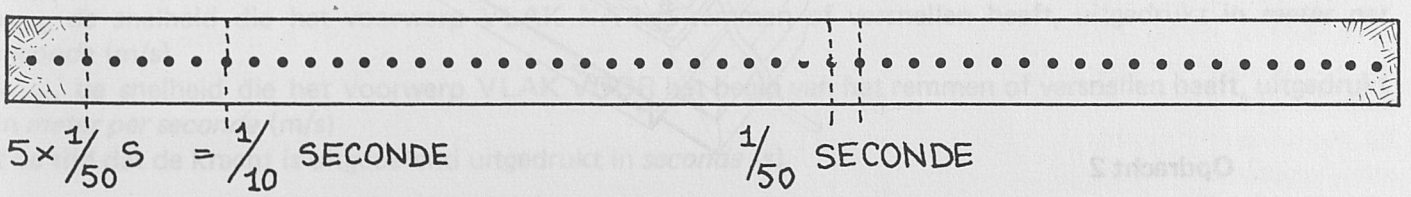
Snelheid meten (2): de tijdtikker

Een nieuwe manier om snelheid te meten is een meting met een tijdtikker.
Een tijdtikker is een apparaat dat 50 maal in één sekonde op en neer gaat. Als je door de tijdtikker een papierstrook trekt, zet de tijdtikker precies om de 1/50 sekonde een puntje op de papierstrook. De tijdtikker werkt op een wisselstroom die een frequentie van 50 Hz heeft, afgeleid van het lichtnet.

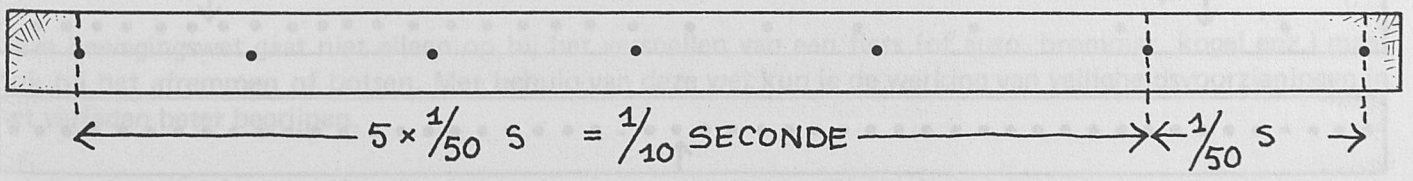




Als de papierstrook langzaam wordt voortgetrokken, zul je iets zien als hieronder:



Als de papierstrook snel wordt voortgetrokken, zul je iets zien zoals hieronder:



De tijd tussen 2 tikjes ken je: 1/50 sekonde. De afstand tussen 2 tikjes kun je meten. Met deze beide gegevens kun je op een groot aantal momenten de snelheid bepalen, waarmee de strook door de tikker werd getrokken.

Een paar rekenvoorbeelden:

Stel dat de strook 3,0 cm in 1/50 s aflegt. De snelheid is dan

$$\frac{3{,}0 \text{ cm}}{1/50 \text{ s}} = 3 \times 50 = 150 \text{ cm/s} = 1{,}5 \text{ m/s}.$$

(een rekenregel is: delen is vermenigvuldigen met het omgekeerde)

Stel dat de strook 2,0 cm in 1/50 s aflegt, dan is de snelheid

$$\frac{2{,}0 \text{ cm}}{1/50 \text{ s}} = 2{,}0 \times 50 \text{ cm/s} = 100 \text{ cm/s} = 1{,}0 \text{ m/s}.$$

Als je 5 puntjes achter elkaar neemt is de tijd 5 x 1/50 = 1/10 s (zie het voorbeeld hierboven)

Stel dat de strook 9,0 cm in 1/10 s aflegt, dan is de snelheid

$$\frac{9{,}0 \text{ cm}}{1/10 \text{ s}} = 9{,}0 \times 10 \text{ cm/s} = 90 \text{ cm/s} = 0{,}90 \text{ m/s}.$$

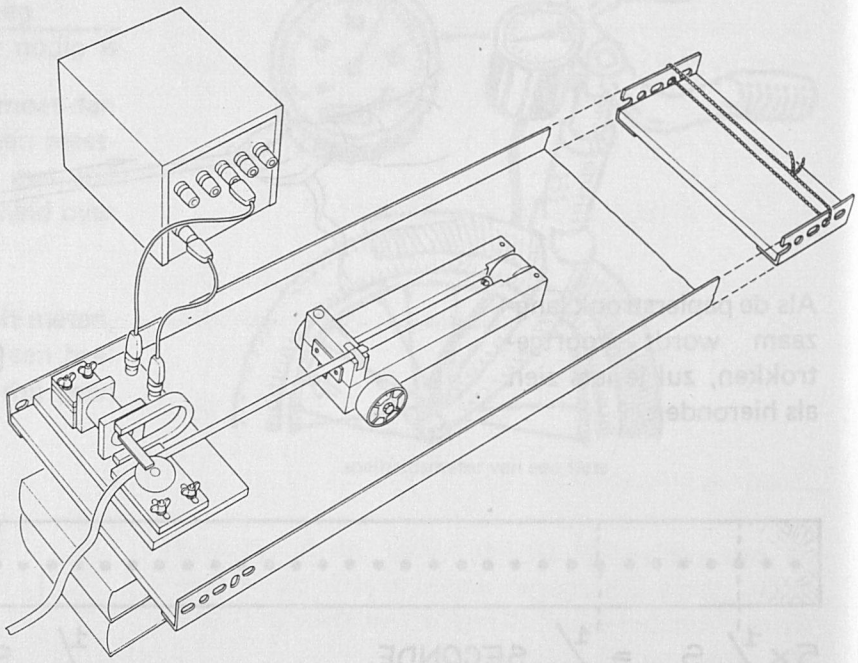
PROEF 3 De snelheid van een wandelaar

De snelheid waarmee je loopt kun je bepalen met een tijdtikker door al wandelend een papierstrook door de tijdtikker te trekken.

1. Bepaal je snelheid als je gewoon loopt.
2. Bepaal je snelheid als je hard loopt, of als je wegsprint.

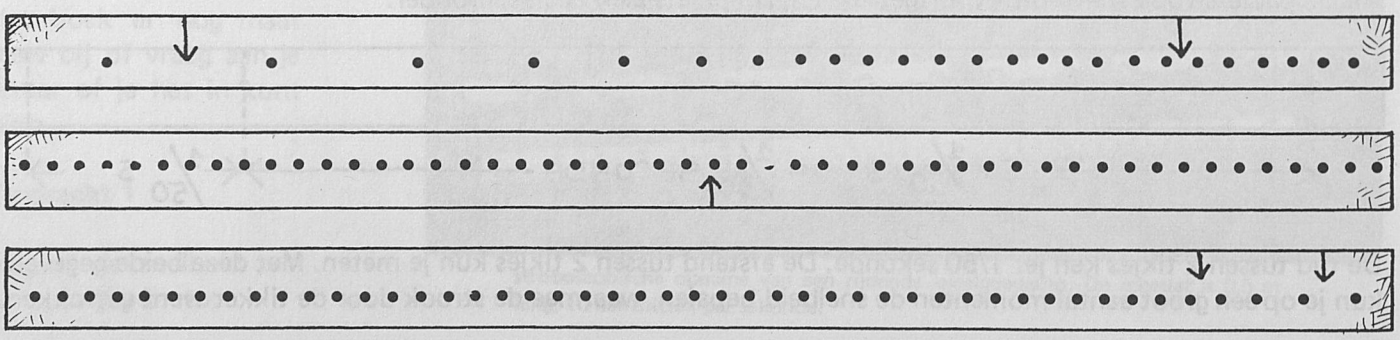
PROEF 4 De snelheid van een wagentje

Bepaal met een tijdtikker de snelheid van een wagentje dat van een schuine helling afrijdt op verschillende tijdstippen.



Opdracht 2

Een wandelaar trekt een papierstrook door een tijdtikker. Bepaal de snelheid die de wandelaar heeft op de plaatsen waar een pijltje staat. De strook is op ware grootte afgebeeld.



2.2 EEN EERSTE BEWEGINGSWET

Als je op een fiets gaat rijden of afremt, gaat de snelheid van de fiets veranderen. Hoe groot die verandering is, hangt van een aantal dingen af. Die dingen ga je in de volgende proef onderzoeken. Neem even voor het gemak aan dat de wrijvingskrachten op de fiets te verwaarlozen zijn.

PROEF 5 De snelheidstoename van een fiets

Iemand gaat op een fiets zitten en wordt voortgetrokken aan een veerunster. Probeer met de veerunster een zo constant mogelijke kracht uit te oefenen. Kies een kracht, bijv. 40 N. Let ook steeds op de *weg* die de fietser aflegt tijdens de proef. Die weg heb je nodig voor een tweede bewegingsweg (zie par. 2.4).

a. Oefen die kracht achtereenvolgens uit gedurende 2/s; 4/s; 6/s.
   Conclusie: hoe langer de tijd dat de kracht wordt uitgeoefend is, hoe . . . . . de snelheidsverandering is.
b. Doe de proef met één berijder en met 2 berijders (en nog meer?). Neem de tijd, bijv. 4 s en de kracht weer 40 N.
   Conclusie: hoe groter de massa is hoe . . . . . de snelheidsverandering is.
c. Doe de proef nogmaals, maar met een grotere en een kleinere kracht.
   Conclusie: hoe groter de kracht is hoe . . . . . de snelheidsverandering is.

Bij proef 5 heb je gezien dat de snelheidsverandering afhangt van:
– de tijd dat je de kracht uitoefent
– de massa van de fiets met berijders
– de grootte van de kracht.

De samenhang tussen tijd, massa, kracht en snelheidsverandering kan je weergeven in een natuurkundige wet, die in formulevorm luidt:

$$F.t = m(v_{EIND} - v_{BEGIN})$$

Hierbij* is:
F de remkracht of de versnellende kracht, uitgedrukt in *newton* (N)
m de massa (traagheid) van het voorwerp, utigedrukt in *kilogram* (kg)
v_{eind} de snelheid die het voorwerp VLAK NA het remmen of versnellen heeft, uitgedrukt in *meter per seconde* (m/s)
v_{begin} de snelheid die het voorwerp VLAK VOOR het begin van het remmen of versnellen heeft, uitgedrukt in *meter per seconde* (m/s)
t de tijd dat de kracht is uitgeoefend uitgedrukt in *seconde* (s)

Opdracht 3

Ga aan de hand van je conclusie uit proef 5 na of deze wet kan kloppen.

Deze bewegingswet gaat niet alleen op bij het versnellen van een fiets (of auto, brommer, kogel enz.) maar ook bij het afremmen of botsen. Met behulp van deze wet kun je de werking van veiligheidsvoorzieningen in het verleden beter begrijpen.

* F komt van 't Engelse Force; v van het Latijnse velocitas, dat snelheid betekent

Bijvoorbeeld: Een auto (800 kg) botst met een v_{begin} = 20 m/s tegen een boom. In de bots-tijd t neemt de snelheid af tot v_{eind} = 0.
Als we deze gegevens in de bewegingswet invullen, krijgen we:

$F.t = 800\ (0 - 20)$ (F is negatief omdat het een remkracht is).

Hieruit kun je zien dat een korte botstijd t een grote botskracht F tot gevolg heeft (zie bijv. opdracht 8 van deze paragraaf). Als je de botstijd kunt verlengen (en de kreukzone van een auto doet dat) wordt de botskracht kleiner. Er is dan een grotere kans om de botsing te overleven.

Opdracht 4

We gaan kijken naar een bromfietser die 40 km/h rijdt en die, als hij zo hard mogelijk remt, in 4 s kan stoppen. Zijn minimale remtijd is dus 4 s.
Los de volgende vragen op met behulp van de bewegingswet.
Hoe groot zal zijn minimale remtijd zijn:
a. als hij een dikke passagier achterop neemt zodat de totale massa verdubbeld is?
b. als hij 20 km/h rijdt?
c. als zijn remmen doorslippen zodat de remkracht gehalveerd wordt?

Opdracht 5

We gaan kijken naar een auto die optrekt. We nemen aan dat de motor een constante versnellende kracht kan leveren. De fabriek geeft op dat de auto in 2 s van 0 tot 30 km/h kan versnellen. Los de volgende vragen op met behulp van de bewegingswet.
Hoe lang zal de auto versnellen:
a. van 0 tot 60 km/h?
b. als hij van 0 tot 30 km/h versnelt en zwaar beladen is (2 maal zo grote massa)?
c. als hij van 0 tot 30 km/h versnelt maar de motor slechts de helft van de versnellende kracht levert.

Opdracht 6

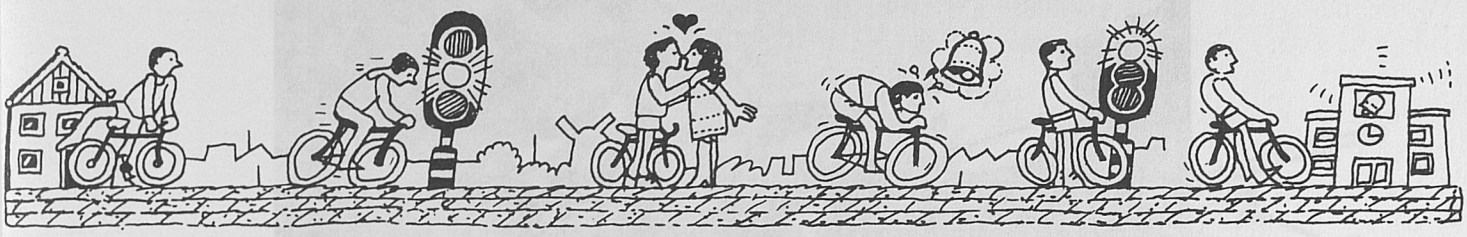
Een fietser moet plotseling remmen. Hij rijdt met een snelheid van 5 m/s (18 km/h) en na 2 seconden staat hij stil (de snelheid is dan 0 m/s).
De massa van fiets en fietser samen is 80 kg.
Hoe groot is de remkracht van de fiets?
Hoe groot zou de remtijd geweest zijn, als de remkracht 20 N had bedragen?

Bij opdracht 6 krijg je een negatieve macht, omdat $v_{eind} - v_{begin}$ negatief is. Dat betekent dat de kracht een remkracht is. Een positief getal wil zeggen dat de kracht een versnellende kracht is. Je moet dan wel de v_{begin} (de snelheid vóórdat de krachtwerking begint) en de v_{eind} (de snelheid nadat de krachtwerking is gestopt) juist invullen.
Belangrijk is dat je in alle gevallen goed beseft of de kracht een remkracht of een versnellende kracht is en of de snelheid groter of kleiner wordt door die krachtwerking.

In onderstaande proeven ga je met behulp van experimenten kontroleren of de wet klopt. Het zal verderop blijken dat de wet alleen maar geldt voor bewegingen waarbij de remmende of versnellende kracht *steeds een vaste grootte heeft*. De richting van de kracht is steeds met de beweging mee of tegen de beweging in.
De wet kan gekontroleerd worden met vijf proeven nl. proef 6 t/m proef 10.

Proeven over de eerste bewegingswet

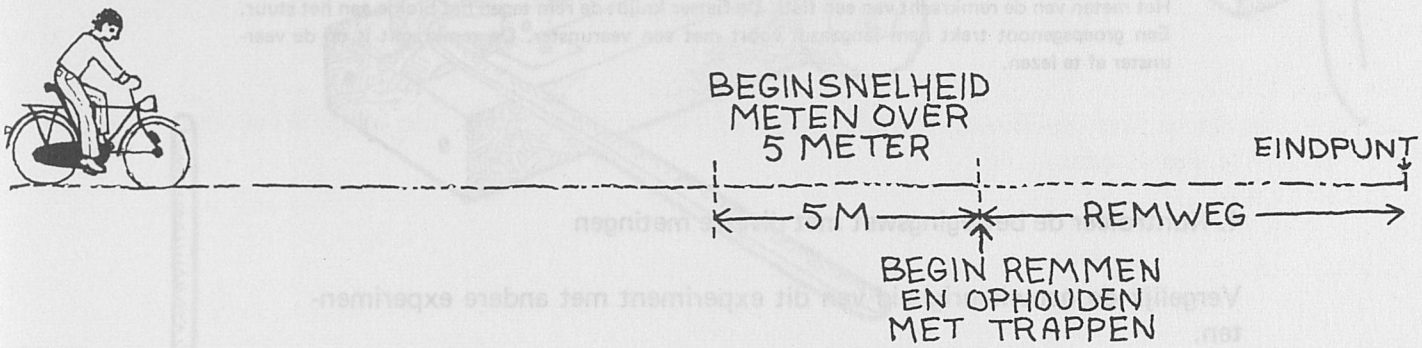
Bepaal bij het doen van iedere proef de beginsnelheid, de eindsnelheid, de kracht, de massa, de tijd dat de kracht werkt en de remweg.*
Zet de gegevens in een tabel. Doe elke proef twee of drie keer, al naar gelang er tijd is. Bij meerdere metingen worden de resultaten nauwkeuriger.
Vergelijk de nauwkeurigheid van het experiment dat jij gedaan hebt met die van anderen.



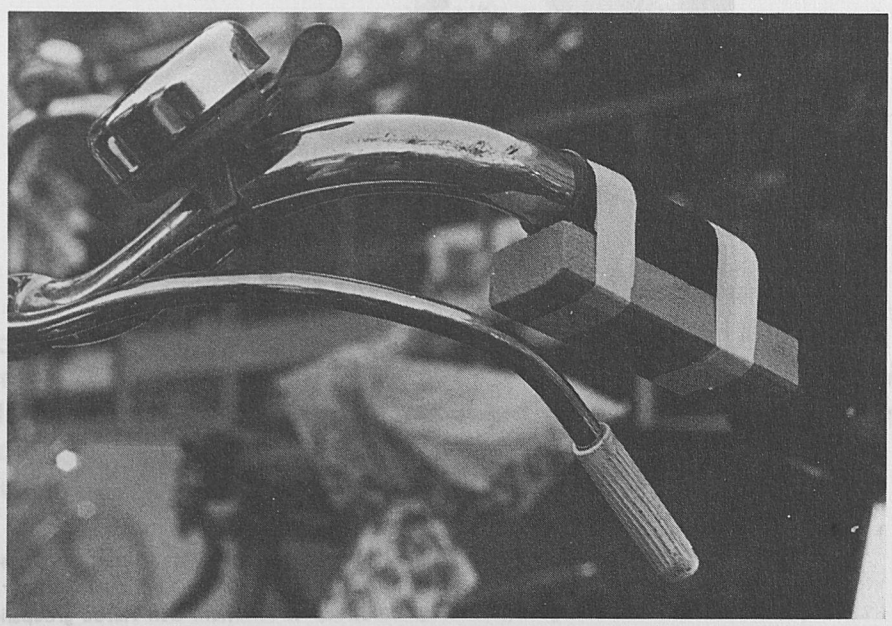
PROEF **4 De remmende fietser**

Doe deze proef met een fiets met trommelremmen. Trommelremmen remmen namelijk het regelmatigst.

1. Zet een parcours uit zoals op onderstaande tekening (Niet op de openbare weg!)



2. Maak een blokje aan het stuur vast zoals op de foto hieronder. Als je de rem tegen het blokje aanknijpt rem je met een steeds even grote remkracht.

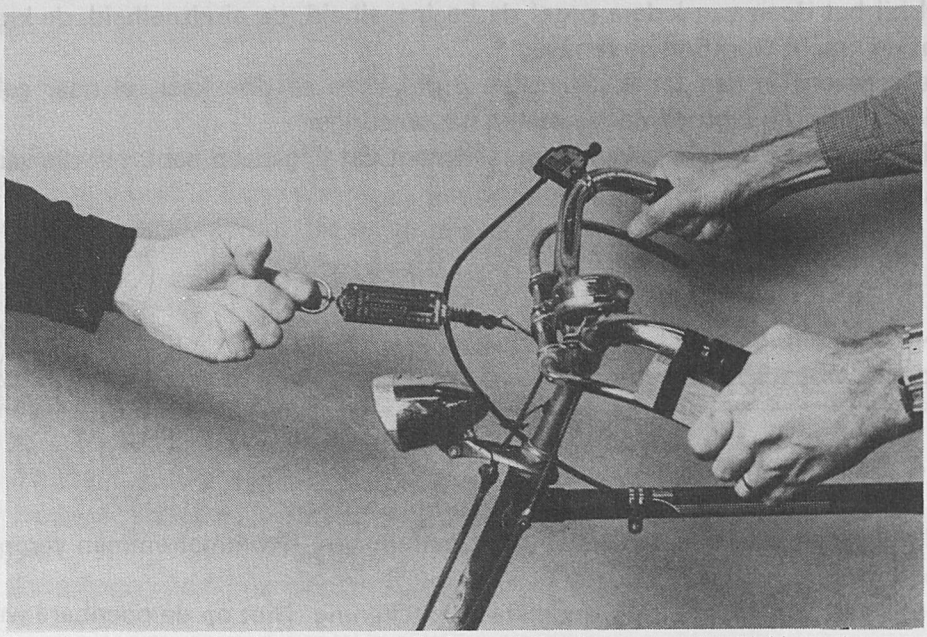


De fiets op deze foto kan remmen met een steeds even grote remkracht. Aan het stuur zit een houten blokje vast. Als je de rem tegen het blokje aanknijpt remt de fiets met een steeds even grote remkracht.

---

* de remweg heb je later nodig. Daarom moet je deze vast in de proeven meten

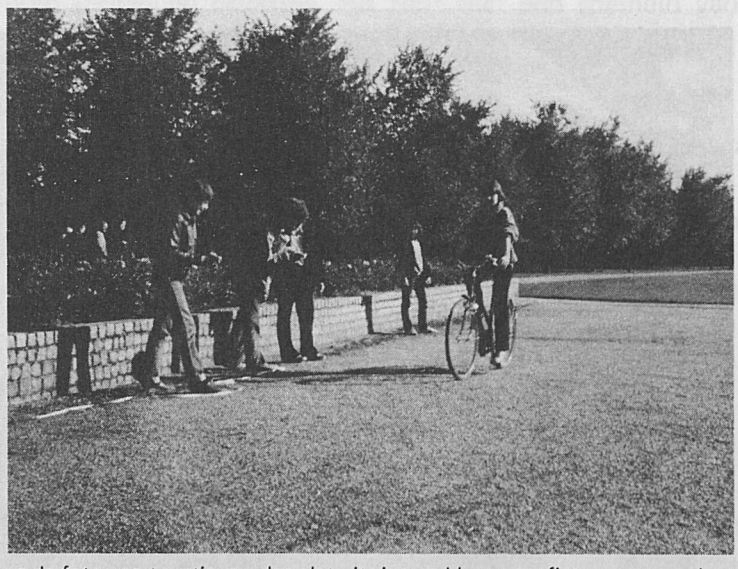
3. Meet de remkracht van de fiets



Het meten van de remkracht van een fiets. De fietser knijpt de rem tegen het blokje aan het stuur. Een groepsgenoot trekt hem langzaam voort met een veerunster. De remkracht is op de veerunster af te lezen.

4. Kontroleer de bewegingswet met diverse metingen

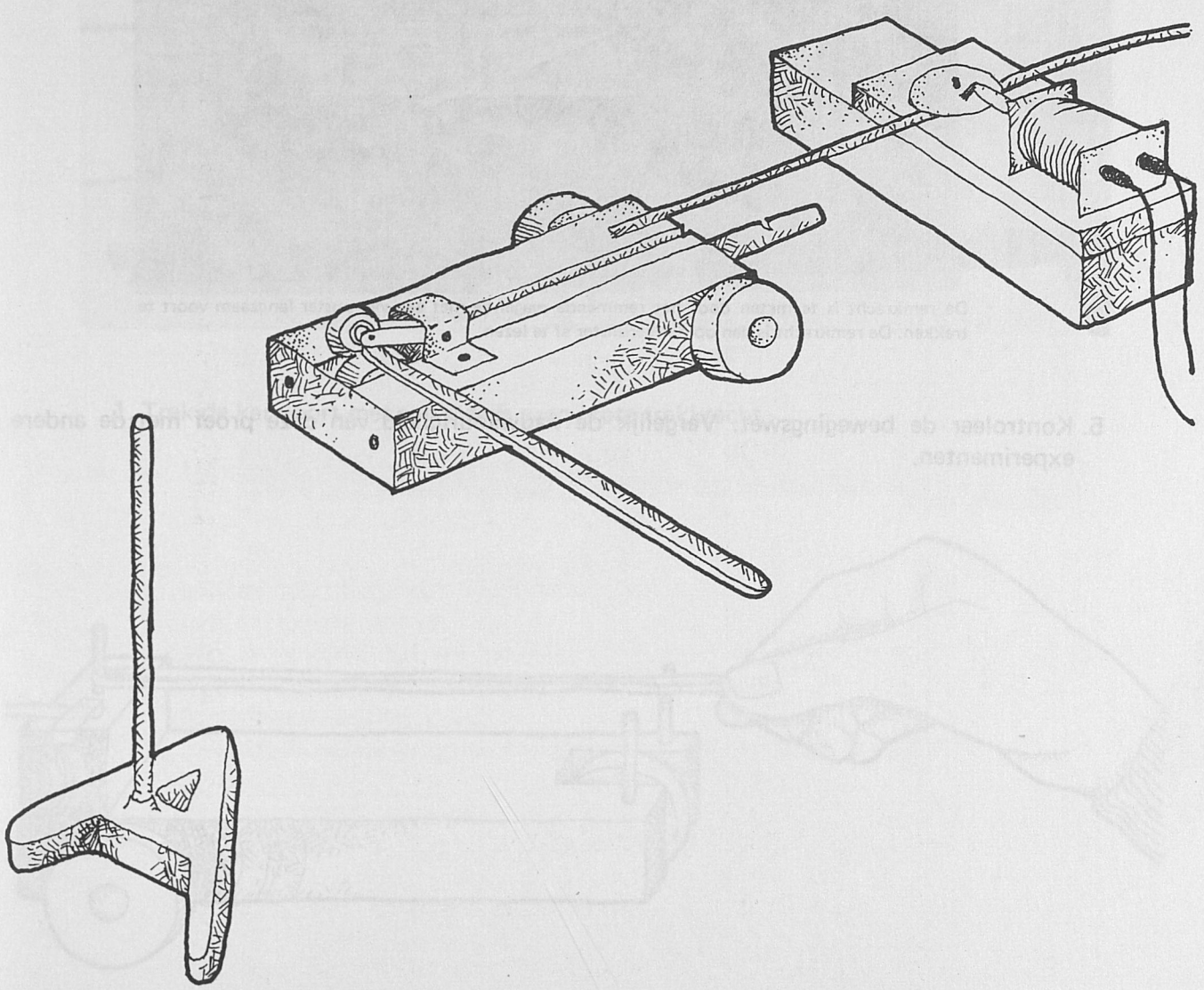
Vergelijk de nauwkeurigheid van dit experiment met andere experimenten.



De groep op de foto voert metingen als volgt uit: iemand komt aanfietsen met een konstante snelheid (rustig doortrappen). Twee andere groepsleden meten zijn snelheid over 5 meter. Dat is de beginsnelheid. De fietser begint precies op de streep te remmen. Een vierde groepslid meet de remtijd van de fietser. De fietser blijft staan totdat de remweg is opgemeten.

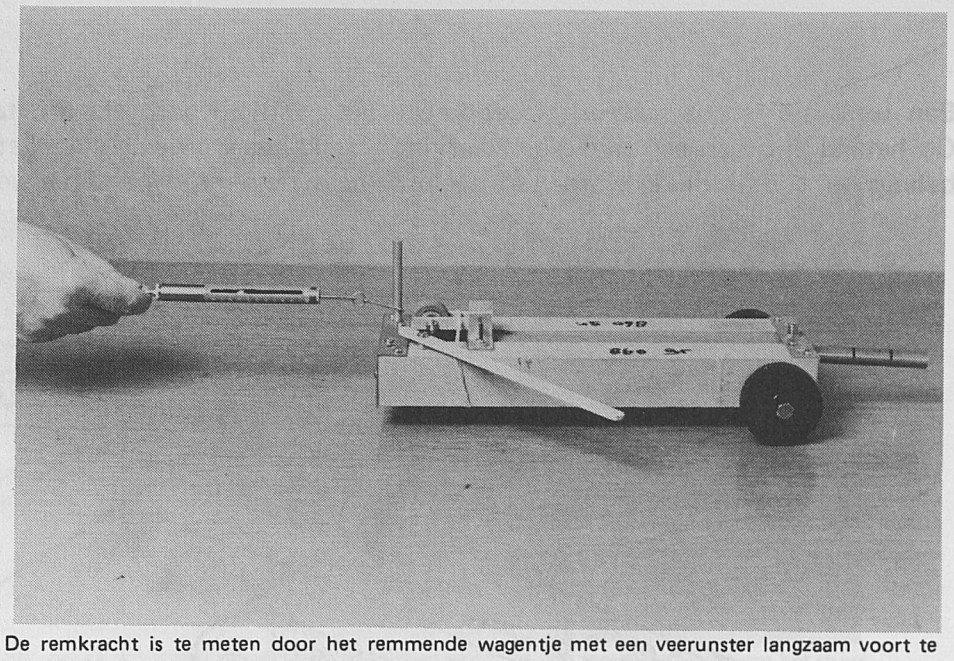
PROEF 5 Het remmende wagentje

Een wagentje wordt met een ingebouwde veer van bijvoorbeeld een tafelpoot afgeschoten. Op het wagentje zit een rem die in werking gesteld kan worden en dan het wagentje stilzet. Met behulp van een tijdtikker worden de beginsnelheid, de remtijd en de remweg bepaald.



1. Voer de proef een keer uit zonder de tijdtikker aan te zetten.
2. Zet een streepje op de tijdtikkerstrook bij de tijdtikker, daar waar de rem in werking treedt. Dit is de plek waar je de beginsnelheid bepaalt en waar het begin ligt van het meten van de remtijd en de remweg.
3. Voer de proef nu uit met de tijdtikker aan. Doe twee of drie metingen en zet ze in een tabel.

4. Meet de remkracht van het remmende wagentje.

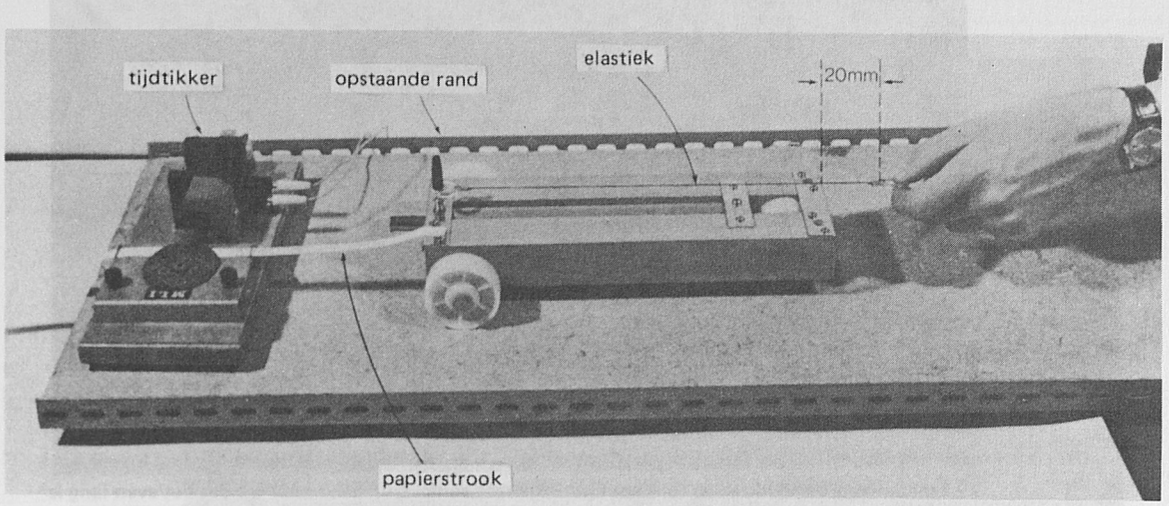


De remkracht is te meten door het remmende wagentje met een veerunster langzaam voort te trekken. De remkracht is dan op de veerunster af te lezen.

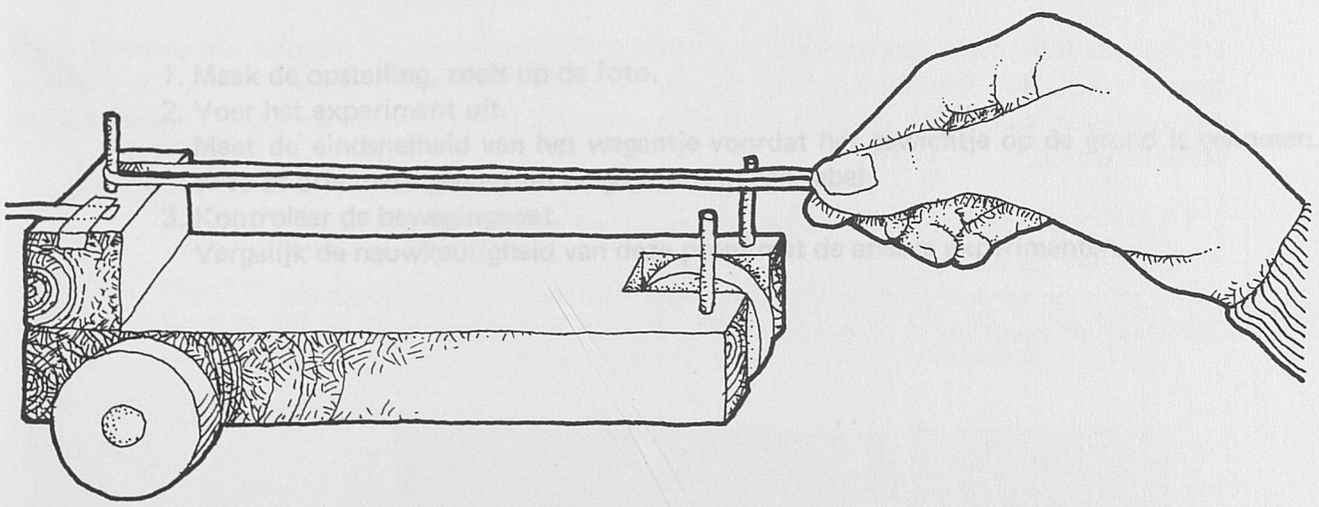
5. Kontroleer de bewegingswet. Vergelijk de nauwkeurigheid van deze proef met de andere experimenten.

PROEF 8 Het versnellende wagentje (1)

In deze proef versnel je een wagentje door het met een steeds even grote trekkracht aan te trekken. Met een tijdtikker wordt de snelheid van het wagentje berekend, de tijd van trekken en de afgelegde afstand gemeten.



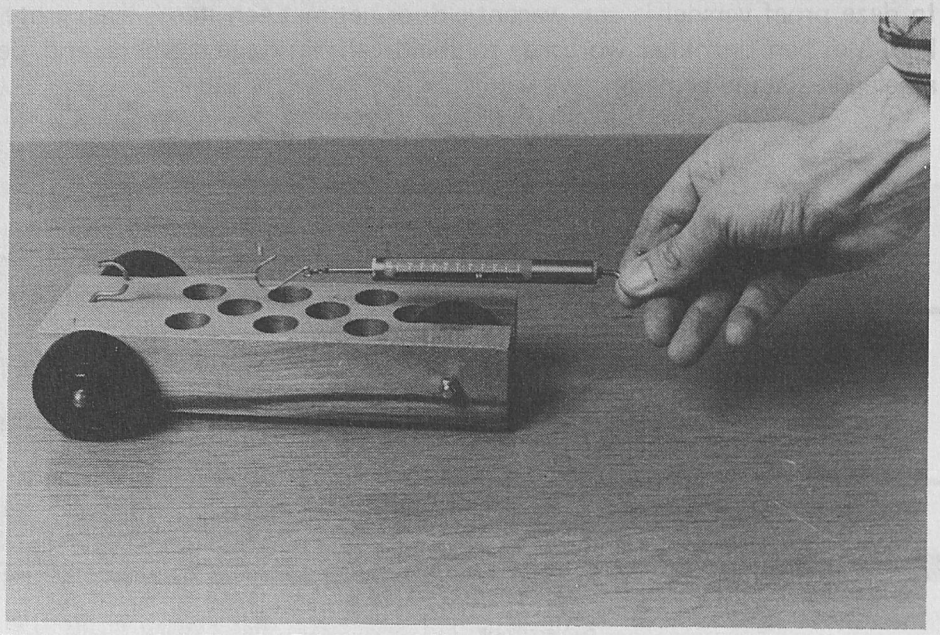
1. Trek de kar voort met een **steeds even grote** trekkracht



Het voorttrekken van het karretje met steeds even grote trekkracht. Het elastiekje is steeds even ver uitgerekt. Het karretje gaat hierdoor steeds sneller. Oefen eerst maar een paar maal.

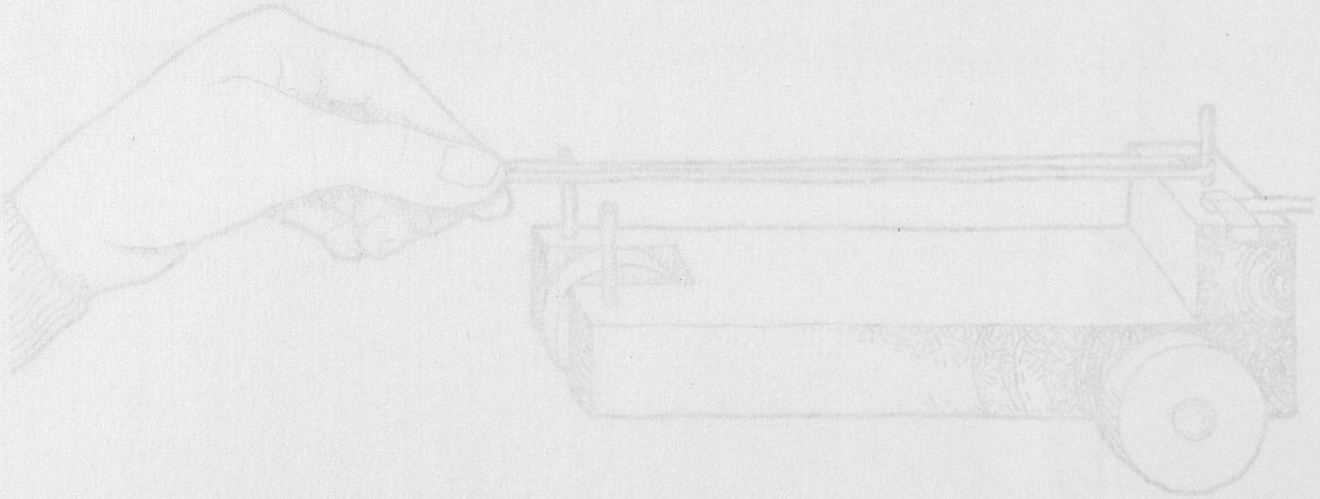
2. Sluit de tijdtikker aan en voer de proef drie- of viermaal uit. Zet de metingen in een tabel.

3. Meet de trekkracht waarmee je het karretje hebt voortgetrokken.



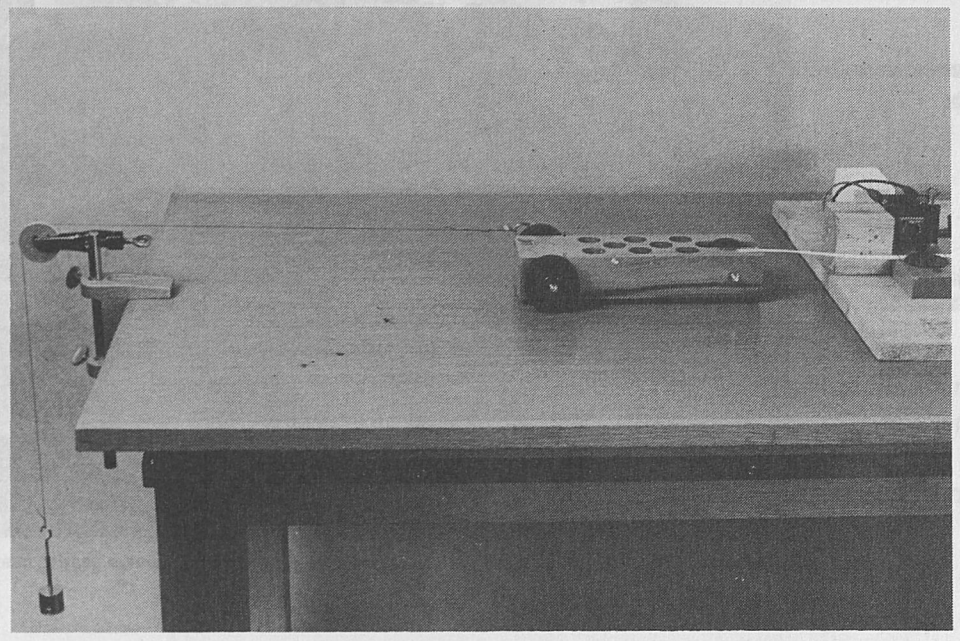
Het meten van de trekkracht. Rek het elastiekje met een veerunster zo ver uit dat het even lang is als tijdens het uitvoeren van de proef. Op de veerunster is de trekkracht dan af te lezen.

4. Kontroleer de bewegingswet. Vergelijk de nauwkeurigheid van deze proef met de andere experimenten.



PROEF 9 Het versnellende wagentje (2)

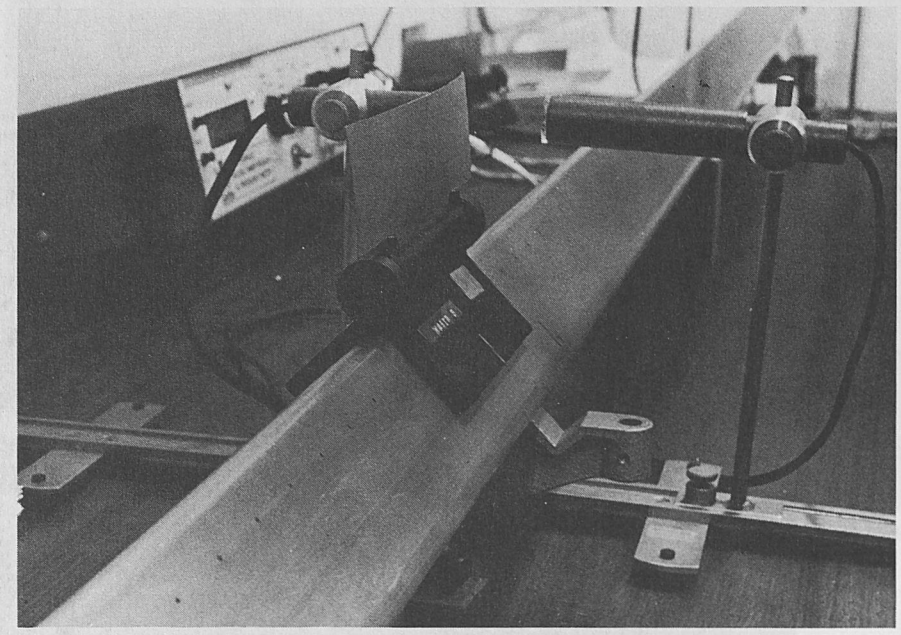
Een wagentje wordt versneld met een klein gewichtje van bijvoorbeeld 0,5 Newton. De trekkracht op het wagentje heeft dan een vaste waarde. Met een tijdtikker bereken je de snelheidsverandering en meet je de tijd van versnellen en de afgelegde afstand.



1. Maak de opstelling, zoals op de foto.
2. Voer het experiment uit.
   Meet de eindsnelheid van het wagentje voordat het gewichtje op de grond is gekomen. Doe twee of drie metingen en zet de gegevens in een tabel.
3. Kontroleer de bewegingswet.
   Vergelijk de nauwkeurigheid van deze proef met de andere experimenten.

PROEF 10 Het versnellende sleetje op de luchtkussenbaan

Misschien heeft jouw school een luchtkussenbaan. In dat geval kun je de bewegingswet kontroleren met deze (nauwkeurige) proef.



Een luchtkussenbaan is een buis waarin lucht geblazen wordt. Door diverse gaatjes gaat de lucht naar buiten. Op deze lucht drijft een slee, die vrijwel wrijvingsloos beweegt.

De slee wordt versneld met een klein gewichtje, bijvoorbeeld van 0,1 Newton. De snelheid wordt gemeten met twee fotocellen een eindje van elkaar en een elektronische tijdklok. De tijdsduur van versnellen wordt ook met die fotocellen gemeten. De afgelegde weg wordt afgelezen op de schaalverdeling.

1. Voer de metingen twee- of driemaal uit en zet de gegevens in een tabel.
2. Kontroleer de wet.
   Vergelijk de nauwkeurigheid van deze proef met de andere experimenten.
3. Herhaal de proef, als er voldoende tijd is, met een zwaardere slee.

Met behulp van de proeven heb je kunnen kontroleren of de wet
$F.t. = m(v_{eind} - v_{begin})$ klopt. Wellicht heb je kunnen konstateren dat bij nauwkeurige metingen, zoals op de luchtkussenbaan, de wet goed klopt. Bij de fietsproef, die wat onnauwkeuriger is, heb je minder goed kunnen nagaan of het klopt.

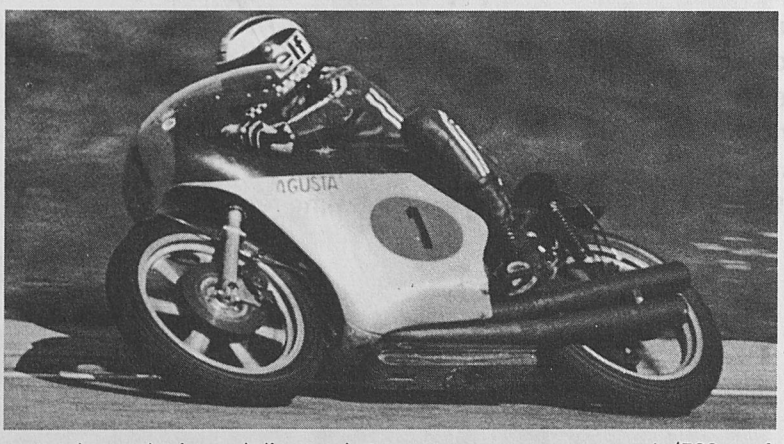
Samenvatting

$$F.t = m(v_{EIND} - v_{BEGIN})$$

is een wet die geldt voor alle vertraagde en versnelde bewegingen. De wet geldt als de kracht die zorgt voor het versnellen steeds even groot is en met de bewegingsrichting meewerkt;
De wet geldt als de kracht die zorgt voor het vertragen (afremmen) steeds even groot is en tegen de bewegingsrichting inwerkt.
Een kracht die versnelt, heeft een positief teken;
Een kracht die vertraagt, heeft een negatief teken.

Opdracht 7

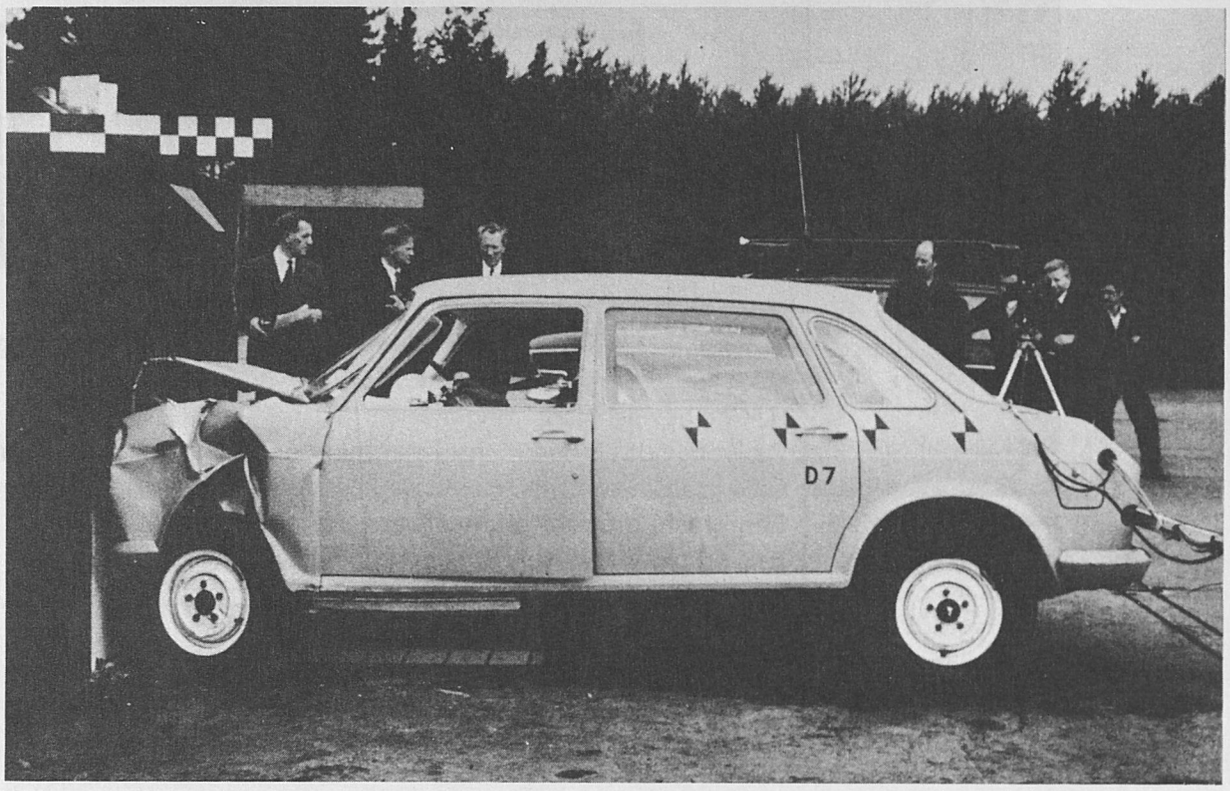
Een motorfiets met berijder trekt in 5,5 seconde op van stilstand tot 108 km/h. Op de motorfiets zit iemand van 70 kg.
Hoe groot is de kracht op die persoon tijdens het versnellen?
Bedenk dat de persoon deze kracht zelf levert door zich aan het stuur vast te houden. Zie ook paragraaf 2.8 over de grootte van de krachten, die mensen kunnen uitoefenen.



Het gebeurt wel eens dat iemand die voor het eerst op een zware motor zit (500 cc of meer) de kracht van die motor niet kent. De motor schiet dan onder hem weg. Zo groot zijn de krachten.

Opdracht 8

Bij een frontale botsing staat een auto in 0,1 seconde stil. De persoon in de auto zal dan ook in 0,1 seconde tot stilstand moeten komen. De snelheid van de auto voor de botsing is 72 km/h, de massa van de bestuurder is 70 kg.
Hoe groot is de kracht waarmee de bestuurder zichzelf moet afremmen?
Kan iemand deze kracht opbrengen?
Zie ook paragraaf 2.8 over grootte van de krachten die mensen kunnen uitoefenen.



Bij botsingen zijn de krachten op personen heel erg groot. Te groot om te kunnen weerstaan. Veiligheidsgordels en andere voorzieningen zijn dan erg nodig. In deze foto is een experiment gedaan met botsingen.

Opdracht 9

Stel je voor dat je achterin bij iemand in de auto zit. De auto rijdt 90 km/h. Plotseling moet de auto remmen voor overstekend wild. Hij remt in 1,5 seceonde van 90 km/h tot 36 km/h en rijdt dan weer verder.

a. hoe groot is jouw massa?
b. bereken de kracht waarmee jij jezelf moet tegenhouden om met de auto mee te remmen. Kun je deze kracht met armen en benen uitoefenen?
c. wat gebeurt er als je niet op het plotseling remmen rekent?

PROEF **11 Krachten bij het optrekken van bromfietsen (om zelf thuis te doen)**

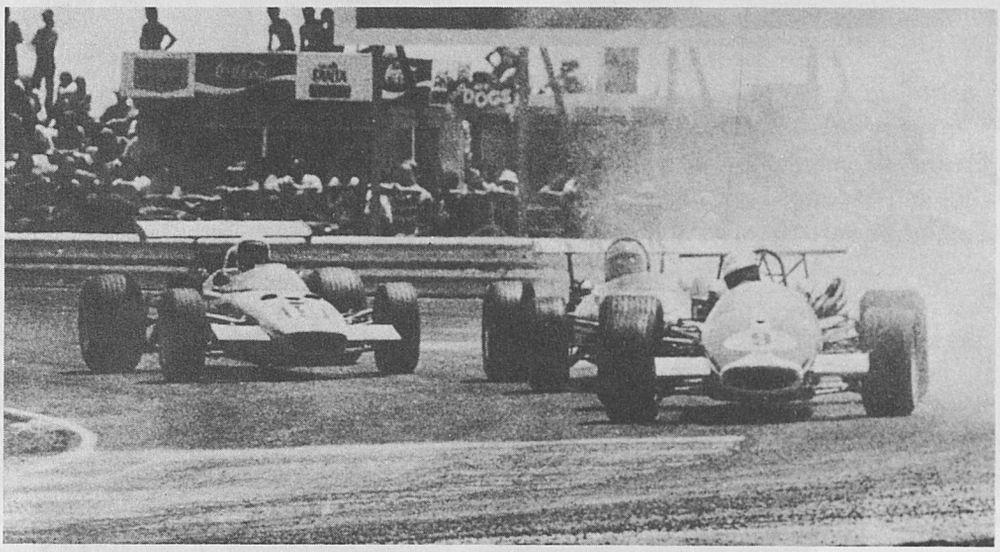
Bij het optrekken van de bromfiets wordt jij meegetrokken. Je moet je daarom aan het stuur vasthouden of jezelf op de trappers afzetten.

1. Bepaal met behulp van een experiment de kracht die je uitoefent met armen en benen. Doe dit door de bromfiets vanuit stilstand zo snel mogelijk te laten optrekken en meet de tijd van versnellen en de eindsnelheid.
2. Bereken uit deze gegevens de kracht die op jou gewerkt heeft tijdens het versnellen.

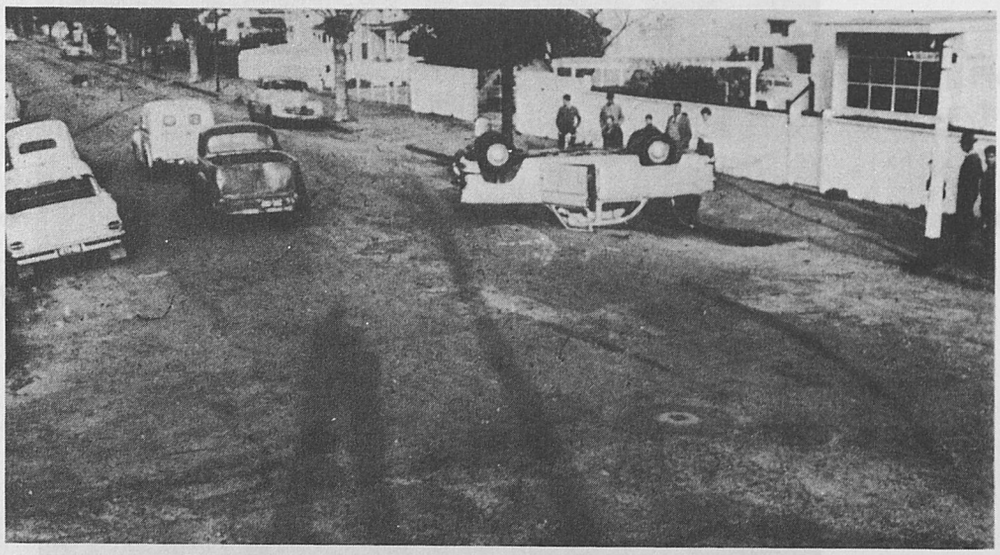
Bij het optrekken van de bromfiets moet de berijder mee optrekken.

2.3 DE BEWEGINGSWET ANDERS GESCHREVEN

Uit de wet in de vorige paragraaf kun je konkluderen dat voor elke snelheidsverandering een kracht nodig is. Omdat er bij elke snelheidsverandering op jou een kracht wordt uitgeoefend, voel je een snelheidsverandering goed.
In een snel rijdende trein met vaste snelheid merk je niets. Je kunt rustig heen en weer lopen, een krant lezen en een glaasje limonade drinken. Je ziet pas hoe hard je gaat, als je naar buiten kijkt. Hooguit voel je iets door het schudden van de trein en kun je de wielen horen.
Pas als de trein remt of optrekt, voel je wat. Dan moet je je vasthouden om niet om te vallen. Je moet je zelfs heel goed vasthouden als er plotseling geremd wordt. Bij botsingen zijn de snelheidsveranderingen in erg korte tijd heel groot. Deze zijn erg gevaarlijk, omdat er op jou dan grote krachten werken, die je niet of moeilijk kunt weerstaan (zie opdracht 8).
Er blijkt dus dat grote snelheden in eerste instantie niet gevaarlijk zijn, maar grote snelheidsveranderingen in korte tijd wel. Dan werken er grote krachten.



Hard rijden: grote botsingskans



Botsen, dat is gevaarlijk, omdat er grote snelheidsveranderingen zijn in korte tijd.

Voor snelheidsveranderingen in een bepaalde tijd gebruiken we in de natuurkunde een ander woord, namelijk versnelling of vertraging.

Een voorbeeld: een bromfietser trekt regelmatig op:

na 1 seconde rijdt hij 7,2 km/h (2 m/s)
2 seconden rijdt hij 14,4 km/h (4 m/s)
3 seconden rijdt hij 21,6 km/h (6 m/s)
4 seconden rijdt hij 28,8 km/h (8 m/s)
5 seconden rijdt hij 36,0 km/h (10 m/s)

Dus elke seconde rijdt hij 7,2 km/h (2 m/s) *sneller.*
We zeggen: de versnelling is 2 m/s in één seconde, ofwel de versnelling is 2 m/s^2. Versnelling* geven we aan met a.

In formule: $a = \frac{v_{eind} - v_{begin}}{t}$

Nog een voorbeeld: een autobestuurder remt regelmatig af.
hij begint met 72 km/h (20 m/s)
na 1 seconde rijdt hij 54 km/h (15 m/s)
na 2 seconden rijdt hij 36 km/h (10 m/s)
na 7 seconden rijdt hij 18 km/h (5 m/s)
na 10 seconden staat hij stil (0)

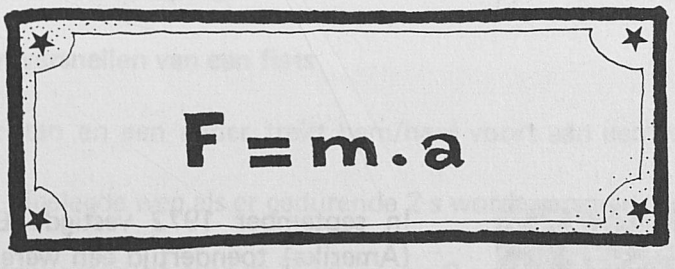
Dus elke seconde rijdt hij 18 km/h (5 m/s) *langzamer.* We zeggen: de versnelling is –5 m/s in één seconde, ofwel: de versnelling is –5 m/s^2 (of de vertraging is 5 m/s^2).

Opdracht 10

1. Bereken de versnelling als een bromfiets van 36 km/h remt tot stilstand in 2 s (je krijgt een negatief getal, je kunt dan beter spreken over vertraging)
2. Bereken de vertraging in opdracht 8 en opdracht 9.

Nu je weet wat versnelling is, kan de wet $F.t. = m(v_{eind} - v_{begin})$ anders geschreven worden. Uit de wet volgt namelijk dat:

$$F = \frac{m(v_{eind} - v_{begin})}{t} = m.a.$$



In woorden staat hier: een kracht zorgt voor een versnelling of een vertraging, die afhankelijk is van de grootte van de massa: hoe groter de massa, hoe kleiner de versnelling.

Deze wet is precies dezelfde als de vorige wet, alleen iets anders geschreven. Je mag en je kunt ze dus allebei gebruiken in experimenten of opdrachten.

* *a* komt van het Latijnse acceleratio, dat versnelling betekent.

Opdracht 11

We gaan nog eens kijken naar de bromfiets van opdracht 4. Die bromfiets reed 40 km/h en zijn minimale remtijd was 4 s.
Los de volgende vragen op met behulp van de herschreven eerste bewegingswet ($F = m.a.$).
Wat gebeurt er met de maximale versnelling die de brommer ondervindt:

a. als hij een dikke passagier achterop neemt, zodat de totale massa verdubbeld is (zelfde remkracht)?
b. als hij 20 km/h rijdt (zelfde remkracht)?
c. als zijn remmen doorslippen, zodat de remkracht gehalveerd wordt?

Opdracht 12

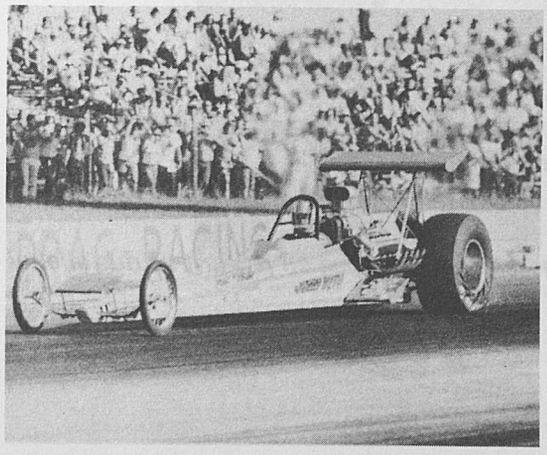
We gaan nog eens kijken naar de auto van opdracht 5. De auto kon in 2 s van 0 tot 30 km/h versnellen. Los de volgende vragen met behulp van de herschreven eerste bewegingswet ($F = m.a$) op.
Wat gebeurt er met de maximale versnelling die de auto ondervindt:

a. als die van 0 tot 60 km/h versnelt (zelfde motorkracht)?
b. als hij van 0 tot 30 km/h versnelt en zwaar beladen is (2 maal zo grote massa, zelfde motorkracht)?
c. als hij van 0 tot 30 km/h versnelt maar de motor slechts de helft van de versnellende kracht levert?

Opdracht 13

1. Een trein rijdt 36 km/h en trekt in 7 seconden op tot 108 km/h.
   a) hoe groot is de versnelling?
   b) hoe groot is de gemiddelde kracht die op jou wordt uitgeoefend in deze periode?
2. Een fiets remt van 25,2 km/h tot stilstand in 2 s.
   Bereken de vertraging.
3. In de wet staat dat een personenauto zo hard moet kunnen remmen dat zijn vertraging 6,2 m/s^2 is.
   a) wat is dan de kracht die de remmen moeten kunnen uitoefenen?
   De massa van een doorsnee-auto is 800 kg.
   b) wat is de kracht die jij moet uitoefenen om mee tot stilstand te komen, als je in deze auto zou zitten?
   Kun je deze kracht met de spierkracht van armen en benen leveren (zie paragraaf 2.6)?

Opdracht 14



In september 1972 vestigde Berry Ruth uit Washington (Amerika) toendertijd een wereldrecord versnellen. Hij versnelde van rust tot een snelheid van 384 km/h in 7,5 s.

a. Hoe groot was het wereldrecord versnellen?

Bij nadere beschouwing bleek dat er tijdens het optrekken een moment was waarop de versnelling groter was dan het antwoord in a. Op andere momenten was hij kleiner dan het antwoord in a.

b. Waarom kun je beter spreken van gemiddelde versnelling?
Zie ook § 2.7 van dit hoofdstuk.

In juli 1979 verbeterde Stan Barret met een soort raketauto dit wereldrecord. De auto versnelde in 1 seconde van 0 t/m 240 km/h. De automotor bezat 48.000 paardekracht vermogen.
De topsnelheid was ook een wereldrecord hardrijden op het land, namelijk ruim 1000 km/h.

Breaking the land-speed record

Don't compare him to Evel Knievel—"People pay to see him crash," scoffed **Stan Barrett**, a Hollywood stunt man who last week drove his 48,000-hp rocket car to a land-speed record of 638.6 miles per hour. The 39-foot, needle-nosed vehicle, powered by hydrogen peroxide and water, went from zero to 150 mph in one second. The car vibrated and bounced so much on Utah's crusted salt flats during the 6.5-mile run that it was briefly airborne. Next month, at a smoother spot, Barrett will try to crack the sound barrier: about 750 mph. "I feel like I'm only halfway through a job," he says. "Anything short of that is a disappointment."
BARBARA GRAUSTARK

c. Bereken de versnelling van deze auto in de eerste seconde.

2.4 EEN TWEEDE BEWEGINGSWET

In proef 5, de proef over de snelheidstoename van de fiets, heb je je misschien verbaasd over de verschillen in afgelegde weg, die er tussen de verschillende experimenten waren. De tweede bewegingswet gaat daarover. Daarom staat hier nogmaals een deel van proef 5:

PROEF 12 Tijd en weg bij het versnellen van een fiets

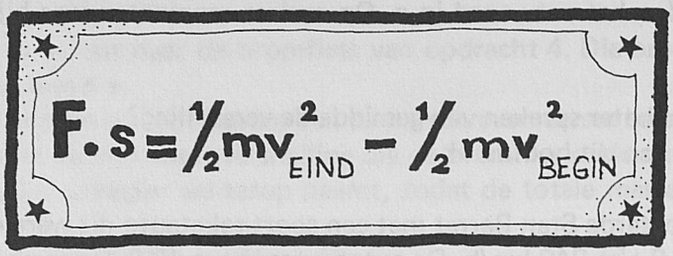
Iemand gaat op een fiets zitten en een ander trekt hem/haar voort aan een veerunster met een constante kracht, bijvoorbeeld 40 N.

a. Meet de bij het versnellen afgelegde weg als er gedurende 2 s wordt versneld. Evenzo bij 4 s en 6 s versnellen.
b. Wat weet je uit de eerste bewegingswet over de snelheid van 3 s en de snelheid na 4 s versnellen?
c. En na 6 s? Wat is je conclusie over (eind)snelheid en afgelegde weg?
d. Weet je daarvoor een verklaring?

Bij de proeven 6 t/m 10 hebben jullie ook al naar de afgelegde weg gekeken. Omdat die proeven over remmen gingen, spraken we over *remweg.*

De samenhang tussen (rem)weg, kracht, massa, beginsnelheid en eindsnelheid (de remtijd dus *niet*) wordt gegeven door de TWEEDE BEWEGINGSWET. Die is wat ingewikkelder omdat de snelheden in het kwadraat staan.

In formulevorm luidt die wet:



s is het symbool voor afgelegde weg*, uit te drukken in *meter.*

De andere symbolen zijn al bekend.
Ook deze wet geldt alleen maar als de kracht die werkt steeds even groot is en als de richting van de kracht gelijk is of tegengesteld is aan de bewegingsrichting.

Opdracht 15

Ga na of je conclusie uit proef 12 ongeveer overeenstemt met wat je op grond van de 2e bewegingswet zou verwachten.

Opdracht 16

Een auto versnelt van 0 tot 20 km/h en heeft daarvoor een weg van 10 m nodig. Een andere keer versnelt de auto met dezelfde kracht van 0 tot 40 km/h. Leg aan de hand van de tweede bewegingswet uit dat de auto daarvoor een weg van 40 m nodig heeft.

Opdracht 17

Een bromfietser rijdt 20 km/h en remt af. Hij heeft daarvoor 5 m remweg nodig. Een andere keer rijdt hij 40 km/h en remt met dezelfde remkracht af. Beredeneer hoe groot zijn remweg dan is.

Opdracht 18

Kontroleer of ook deze wet geldt. Vul daartoe in deze wet de gegevens in, die in proef 6 t/m 10 gevonden zijn.
Hoe is het resultaat?

Opdracht 19

Een auto moet plotseling remmen met een remkracht van 4500 N. De massa van de auto is 1000 kg.

a. Bereken de remweg als hij voor het remmen 54 km/h rijdt en na het remmen stilstaat.
b. Bereken de remweg als hij voor het remmen 108 km/h rijdt en na het remmen stilstaat.
c. Bereken uit a. en b. de remweg als hij voor het remmen 108 km/h rijdt en na het remmen 54 km/h rijdt.
d. Leg uit waarom er zo'n verschil in het antwoord van a. en c., terwijl de snelheid na het remmen in beide gevallen 54 km/h minder is. Wat is de gevaarlijkste snelheid?

* *s* komt van het Latijnse woord spatio, dat ruimte (afstand) betekent.

2.5 WAT KAN JE MET DE TWEE BEWEGINGSWETTEN?

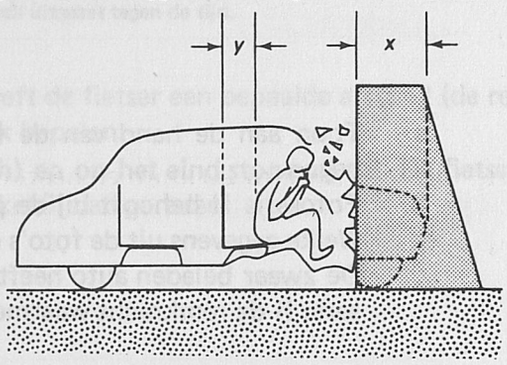
Je kent nu twee bewegingswetten:

$F.t. = m\,(v_{eind} - v_{begin})$ (of $F = m.a$)

en $F.s. = \frac{1}{2}\,m.v^2_{eind} - \frac{1}{2}\,m.v^2_{begin}$

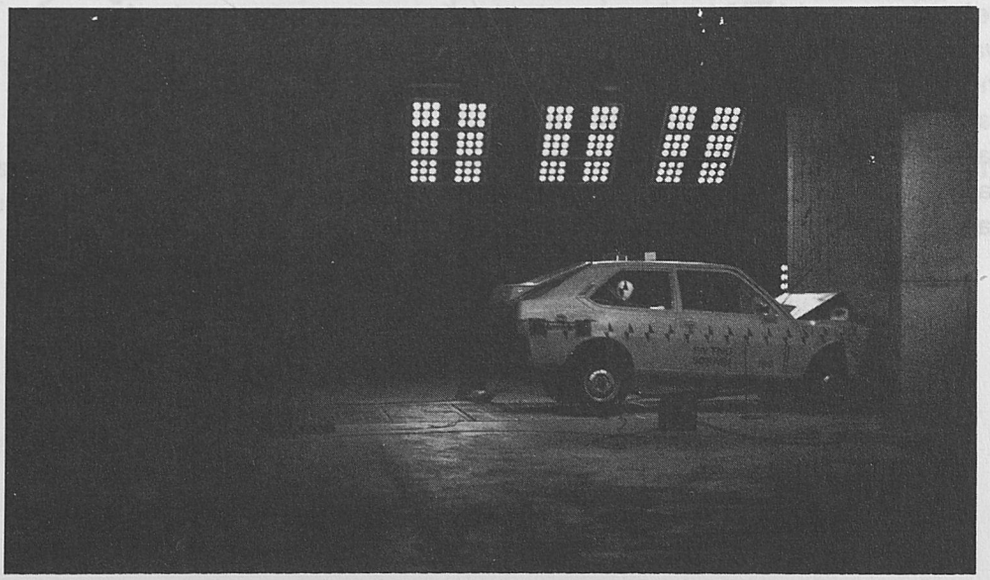
Zoals uit de wetten blijkt, moet je de eerste wet toepassen bij problemen waarin de *tijd* van versnellen of vertragen is gegeven of gevraagd. De tweede wet moet je kiezen voor problemen waarin de *afgelegde weg* bij versnellen of vertragen is gegeven of gevraagd. Want kracht, massa, begin- en eindsnelheid staan in beide wetten. De tijd staat alleen in de eerste wet, de weg staat alleen in de tweede wet.

Beide wetten gelden voor een versnelde of vertraagde beweging met een steeds even grote kracht. Het feit dat je beide wetten kent heeft een aantal grote voordelen. Het belangrijkste voor Verkeer en Veiligheid is, dat je met elk van beide wetten krachten kunt uitrekenen bij bijvoorbeeld botsingen, zonder dat je het experiment zelf hoeft uit te voeren. De getallen die je er uit krijgt, kloppen niet precies omdat immers de kracht niet steeds even groot is (zie ook § 2.7). Toch kun je een heel goed idee krijgen van de grootte van de krachten!
Bij het TNO in Delft bij de afdeling wegtransport worden, naast berekeningen, ook veel proeven uitgevoerd door auto's te laten botsen met dummy's (proefpoppen) erin. Dat geeft natuurlijk de meest reëele resultaten. De combinatie van proeven en berekeningen geeft de meeste informatie aan de onderzoekers.



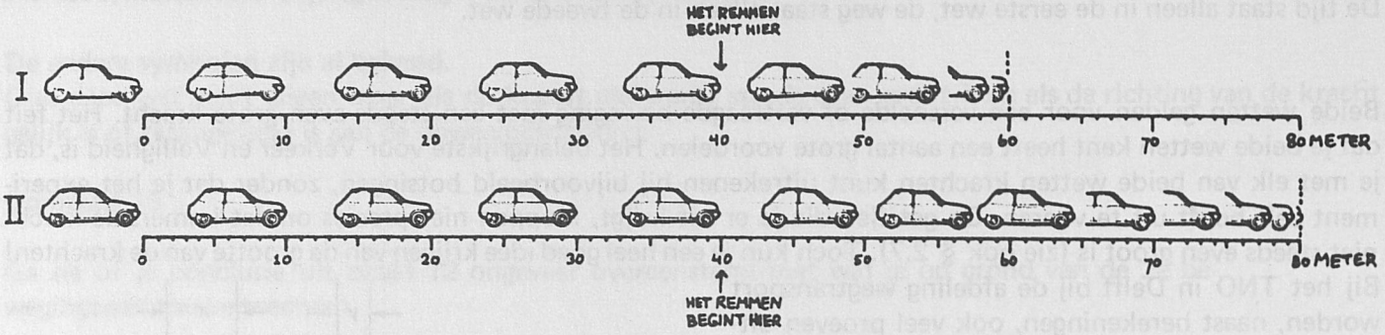
Botsingsproeven geven het meest reëele beeld hoe het bij een botsing toegaat. Theoretische berekeningen ondersteunen het resultaat en met theorie zijn voorspellingen mogelijk.

Als we de remkracht van de auto kennen, kunnen we ook de remwegen voorspellen. Je krijgt dan een aardige indruk van de grootte. Met een proef kun je het resultaat kontroleren. Ook daar geeft de kombinatie van theorie en proef de beste resultaten.
In het vervolgonderzoeksdeel ga je deze wetten toepassen op remmen en botsen. Daardoor krijg je een idee hoe je jezelf op de bromfiets of in de auto kunt beveiligen tegen het oplopen van letsel bij botsingen.



Opdracht 20

Hieronder zijn de foto's van twee remproeven met één en dezelfde auto nagetekend. In beide gevallen reed de auto, vóór hij ging remmen, met een snelheid van 72 km/h. Hij werd in beide gevallen met dezelfde constante remkracht afgeremd. Bij één proef zat alleen de bestuurder er in en bij de andere was de auto bovendien zwaar beladen. De repeteerkamera maakte om de halve seconde (0,5 seconde) een opname.



a. Toon aan de hand van de foto's aan dat beide auto's 72 km/h reden vóór het remmen begon.
b. Fotoserie II behoort bij de proef met de zwaar beladen auto; dit is aan de foto's te zien. Welke gegevens uit de foto's en de tekst zijn nodig om tot deze konklusie te komen?
c. De zwaar beladen auto heeft een totale massa van 1200 kg. Bepaal met behulp van de fotoserie II de remkracht waarmee hij tot stilstand komt. (Er zijn twee manieren mogelijk).

(examen 1978)

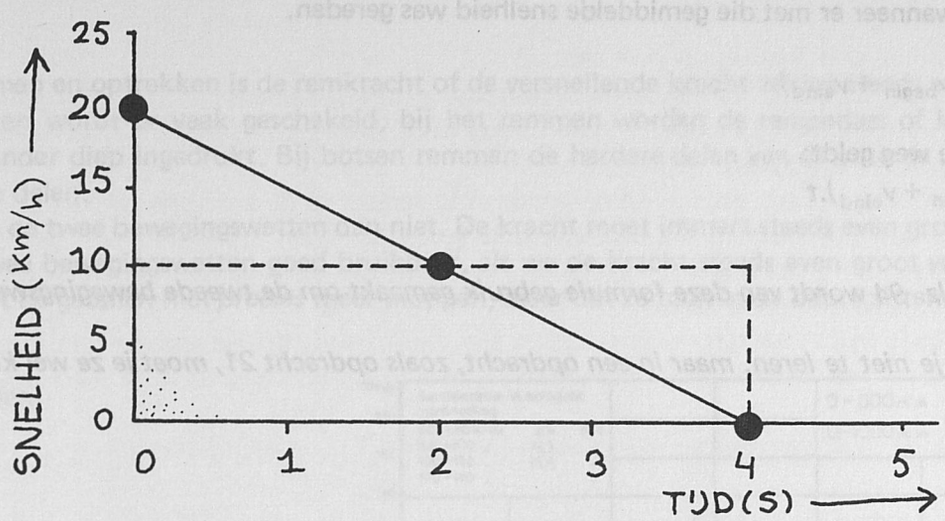
2.6 DE BEWEGING MET VASTE VERSNELLING OF VERTRAGING NADER BEKEKEN

In deze paragraaf wordt nader gekeken naar de beweging met een steeds even grote versnelling of vertraging.

Bij de fietsproef reed een meisje 20 km/h en remde toen langzaam en regelmatig af.
De volgende waarnemingen werden gedaan:

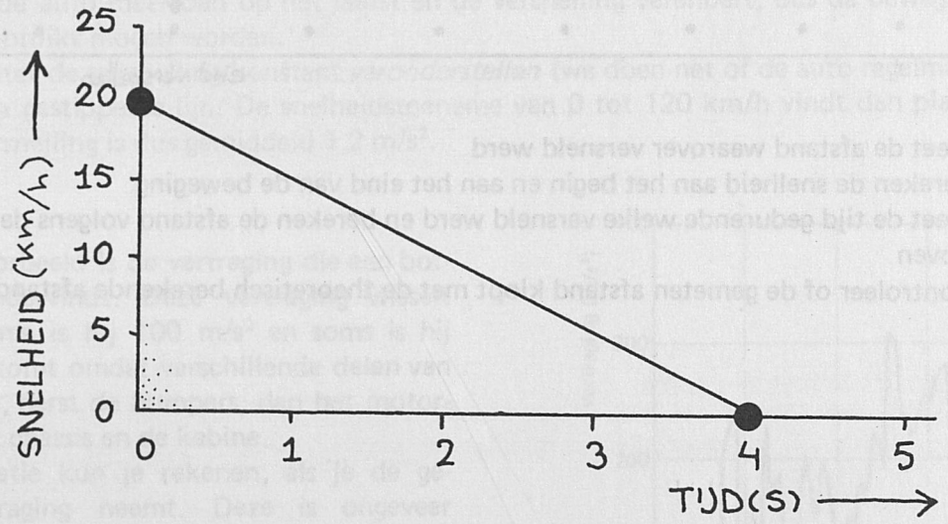
In het begin reed zij 20 km/h (5,6 m/s)
na 1 seconde reed zij 15 km/h (4,2 m/s)
na 2 seconde reed zij 10 km/h (2,8 m/s)
na 3 seconde reed zij 5 km/h (1,4 m/s)
na 4 seconde reed zij 0 km/h (0 m/s)

In een grafiek ziet het er als volgt uit, als ook de tussenliggende waarden zijn ingevuld. De snelheid neemt regelmatig af van 20 km/h tot stilstand.



de snelheid van een fietser die afremt, grafisch uitgezet tegen de tijd.

De remtijd van de fietser is dus 4 seconden. In die remtijd heeft de fietser een bepaalde afstand (de remweg) afgelegd. Deze remweg kunnen we met behulp van deze grafiek bepalen.
Denk maar mee: in het begin reed de fietsster hard (20 km/h) en op het eind stond zij stil. De fietsster zou dezelfde afstand afgelegd hebben, als zij in die 4 seconden 10 km/h had gereden.



In de eerste 2 seconden zou zij dan langzamer gereden hebben, de laatste 2 seconden zou zij sneller gereden hebben, dan werkelijk gebeurd is. Uiteindelijk komt het op hetzelfde neer.

Opdracht 21

Hoe groot is de remweg van de fietser geweest?

Opdracht 22

Een auto remt in 5 seconden regelmatig af van 30 m/s tot 20 m/s.
Hoe groot is de afstand die de auto in deze tijd aflegt?

Algemeen geldt dat een *beweging met steeds evengrote versnelling of vertraging* een gemiddelde snelheid heeft, die precies ligt tussen de begin- en de eindsnelheid. De afstand die afgelegd wordt tijdens het remmen is even groot als wanneer er met die gemiddelde snelheid was gereden.
In de formule:

$$v_{gem} = \tfrac{1}{2}(v_{begin} + v_{eind})$$

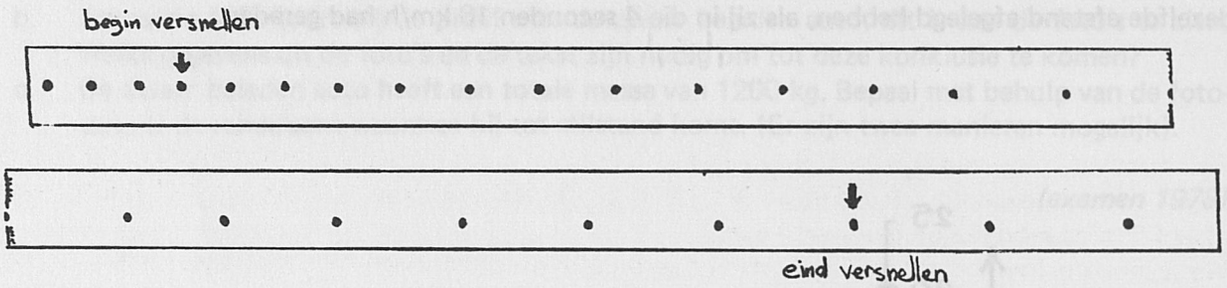
Voor de afgelegde weg geldt:

$$s = \tfrac{1}{2}(v_{begin} + v_{eind}).t$$

In bijlage 2 op blz. 94 wordt van deze formule gebruik gemaakt om de tweede bewegingswet wiskundig af te leiden.
Deze regels hoef je niet te leren, maar in een opdracht, zoals opdracht 21, moet je ze wel kunnen gebruiken.

Opdracht 23

Met een tijdtikker is een opname gemaakt van een versnellende beweging.

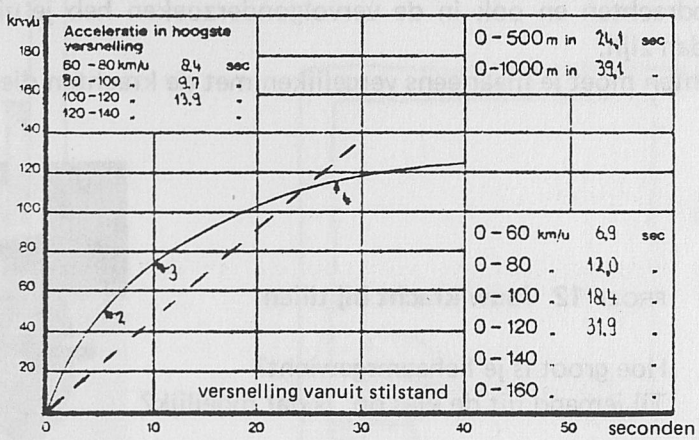


a. meet de afstand waarover versneld werd
b. bereken de snelheid aan het begin en aan het eind van de beweging
c. meet de tijd gedurende welke versneld werd en bereken de afstand volgens de berekening hierboven
d. kontroleer of de gemeten afstand klopt met de theoretisch berekende afstand.

2.7 BEWEGINGEN MET EEN CONSTANTE VERSNELLING

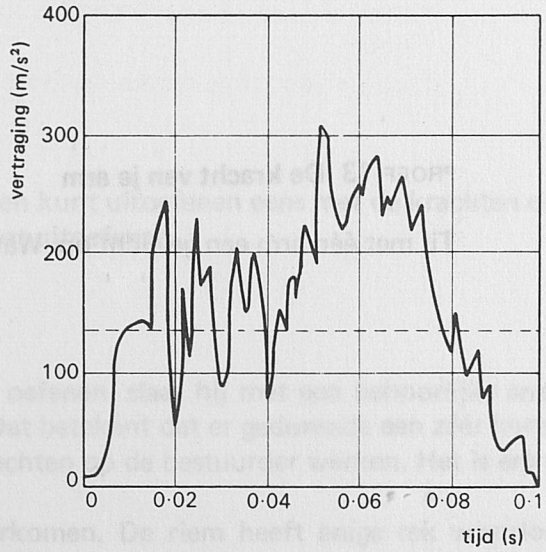
Bij botsen, remmen en optrekken is de remkracht of de versnellende kracht zelden steeds even groot.
Bij het optrekken wordt er vaak geschakeld, bij het remmen worden de rempedaal of knijpremmen soms dieper, soms minder diep ingedrukt. Bij botsen remmen de hardere delen van de auto de auto sterker af dan de minder harde delen.
Eigenlijk gelden de twee bewegingswetten dan niet. De kracht moet immers steeds even groot zijn.
Toch zijn de twee bewegingswetten goed bruikbaar, als we de kracht steeds even groot *veronderstellen.* Dit betekent wel dat de getallen niet *precies* meer kloppen, maar dat ze toch in de buurt zitten.

Twee voorbeelden:



Een auto trekt op van 0 tot 60 km/h in 6,9 seconde en van 0 km/h tot 100 km/h in 18,4 seconde. In het begin versnelt de auto meer dan op het laatst en de versnelling verandert, dus de bewegingswetten zouden eigenlijk niet gebruikt mogen worden.
We kunnen echter de versnelling konstant *veronderstellen* (we doen net of de auto regelmatig optrekt) en we krijgen dan een gestippelde lijn. De snelheidstoename van 0 tot 120 km/h vindt dan plaats in ongeveer 27 seconde. De versnelling is dus gemiddeld 1,2 m/s^2.

Een tweede voorbeeld is de vertraging die een botsende auto ondervindt. Deze vertraging wisselt nogal eens. Soms is hij 100 m/s^2 en soms is hij 300 m/s^2. Dit komt omdat verschillende delen van de auto botsen, eerst de bumpers, dan het motorblok en dan het chassis en de kabine.
Aan deze situatie kun je rekenen, als je de gemiddelde vertraging neemt. Deze is ongeveer 130 m/s^2.



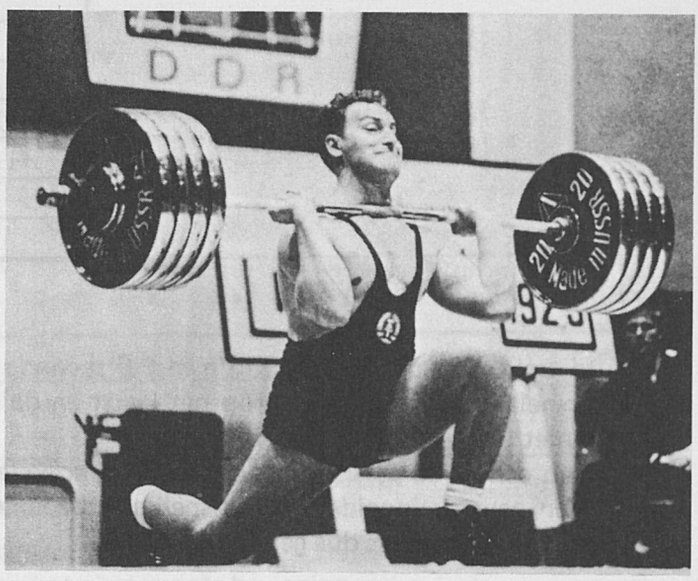
Opdracht 24

Bereken de gemiddelde kracht die een passagier van 80 kg moet uitoefenen om deze vertraging te weerstaan. Zou hij dat kunnen met armen en benen?

Ondanks het feit dat de getallen niet precies meer kloppen, krijg je met behulp van de wetten toch een aardige indruk van de werkelijke situatie.

2.8 WELKE KRACHTEN KUN JE UITOEFENEN?

Bij remmen en optrekken met auto's, fietsen, bromfietsen, treinen, bussen of motoren worden er krachten uitgeoefend op de persoon die in de auto of trein of bus of op de fiets, bromfiets of motor zit. Dat komt omdat de persoon mee vertraagt of mee versnelt.
Als jij de fiets remt, rem je mee door je op het stuur af te zetten. In de auto gebeurt dat doordat je je met je armen schrap zet tegen het stuur of het dashboard en je voeten afzet tegen de vloer, tenminste als je geen veiligheidsgordel draagt. Bij botsingen of plotseling remmen zijn de krachten die werken echter erg groot. Dat heb je in diverse opdrachten berekend.
In deze paragraaf ga je meten hóe groot de krachten zijn die je met je armen en benen kunt uitoefenen. In de diverse opdrachten en ook in de vervolgonderzoeken heb je uitgerekend of ga je uitrekenen hoe groot de krachten dan zijn.
Deze krachten moet je maar eens vergelijken met de krachten die je *kunt* uitoefenen.



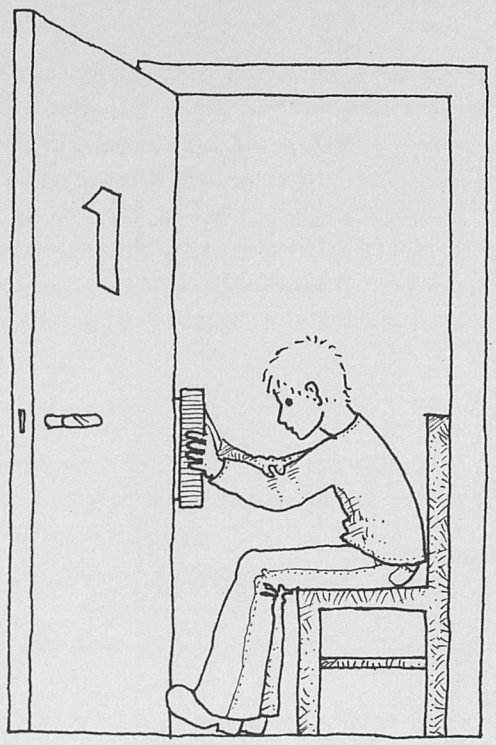
PROEF **12 Jouw kracht bij tillen**

Hoe groot is je lichaamsgewicht?
Til iemand uit de klas op. Is dat moeilijk?

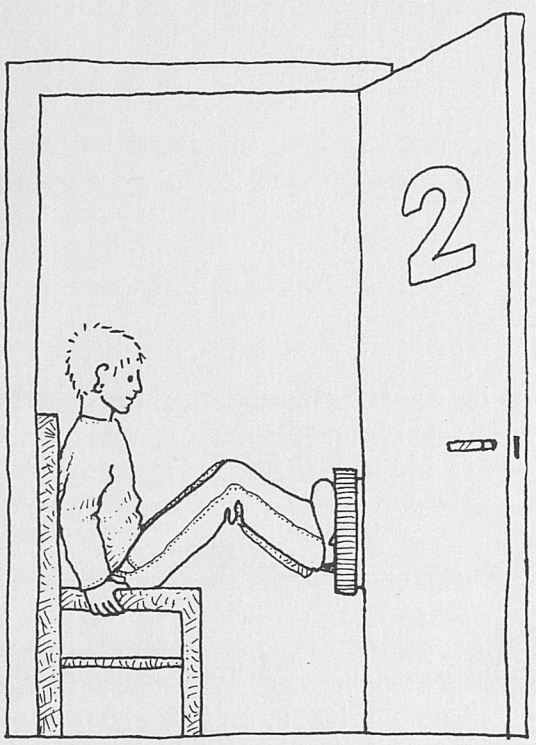
PROEF **13 De kracht van je arm**

Til met één arm een gewicht op. Wat is de maximum kracht die je kunt uitoefenen?

PROEF 14 Jouw kracht in armen en benen



Ga met een ruggesteun voor een vertikaal opgestelde weegschaal zitten en druk de weegschaal met je armen zo hard mogelijk in.
Hoe groot is de *kracht* die je met je armen kunt uitoefenen?



Doe ditzelfde met je benen.

Hoe groot is de kracht die je met je armen èn benen tegelijk kunt uitoefenen?

Opdracht 25

Vergelijk de krachten die jij met je armen en benen kunt uitoefenen eens met de krachten die de autobestuurder in opdracht 8 en opdracht 24 moet uitoefenen.
Lukt hem dat?

Als het een bestuurder niet lukt dergelijke krachten uit te oefenen, slaat hij met een behoorlijke snelheid op het stuur of slaat hij met zijn hoofd tegen de voorruit. Dat betekent dat er gedurende een zéér korte tijd (de tijd van de botsing tegen stuur of voorruit) zéér grote krachten op de bestuurder werken. Het is erg waarschijnlijk dat zijn lichaam daar niet tegen bestand is.
Een veiligheidsriem kan dergelijke zeer grote krachten voorkomen. De riem heeft enige rek waardoor de krachten over een langere afstand, en dus ook een langere tijd uitgesmeerd kunnen worden. Dat heeft (volgens de bewegingswetten) tot gevolg, dat de krachten (veel!) kleiner kunnen zijn.

Vervolgonderzoek 1 gaat over het nut van een veiligheidsgordel.
Dergelijke grote krachten treden ook op bij een botsing van motorfietsen of als je met je hoofd hard op de grond terecht komt. Door het dragen van een bromfiets- of motorhelm worden die krachten verkleind. Daarover gaat vervolgonderzoek 3.

onderzoek

inhoud onderzoekdeel

1. De veiligheidsgordel bij botsingen van auto's blz. 57
2. Veilige snelheid, remweg, reactietijd blz. 67
3. Bromfietshelmen blz. 75
4. Kreukzone's en kooikonstrukties blz. 83

onderzoek

Inhoud onderzoeksdeel

1. De veiligheidsgordel bij botsingen van auto's blz. 57
2. Veilige snelheid, terrweg, reactietijd blz. 67
3. Bromfietshelmen blz. 75
4. Kreukzone's en koolkonstruktie's blz. 83

Onderzoek 1

de veiligheidsgordel bij botsingen van auto's

De krachten die bij autobotsingen optreden zijn erg groot. Ook op de inzittenden van de auto werken grote krachten, die dodelijk letsel kunnen veroorzaken. Met botsproeven is onderzocht hoe krachten op de auto en de passagiers kleiner kunnen worden gemaakt, zodat ook de kans op letsel kleiner wordt.
Dergelijke onderzoeken hebben geleid tot:
— verplicht stellen van veiligheidsgordels in auto's
— ontwerpen voor veiliger auto's (kreukelzone's, afbreekbare of veerkrachtige stuurkolom)
— ontwerpen van betere middenbermbeveiligingen, lantaarnpalen e.d.
In dit onderzoek kom je meer te weten over het nut van autogordels.

Dit onderzoek is theoretisch. Er komen geen proeven in voor. Bestudeer de tekst en maak de opdrachten en breng de rest van de klas verslag uit van jullie bevindingen. Zoek er knipsels bij. Ook de leesteksten bevatten nog extra informatie.
Vergeet de slotdiskussie niet.

De functies van de veiligheidsgordel

Als een auto ergens tegenop botst, komt die in korte tijd stil te staan. Door hun traagheid schieten de inzittenden door. Zij worden pas afgeremd als zij met hun hoofd tegen de voorruit slaan of met hun buik tegen het stuur komen. Omdat de voorruit en het stuur bijna niet meegeven (de remweg is dus heel klein) duurt de botsing héél kort en worden er dus volgens de bewegingswetten zéér grote krachten op de inzittenden uitgeoefend. De kans op dodelijk letsel is dan aanzienlijk.
Om drie redenen verhoogt het gebruik van veiligheidsgordels de veiligheid van de inzittenden aanzienlijk.

1. De inzittenden komen niet tegen de voorruit of tegen het stuur aan. Omdat zij door hun traagheid bij de botsing naar voren schieten, gaan de veiligheidsgordels uitrekken en oefenen over een zekere afstand en gedurende een zekere tijd remkrachten op de inzittenden uit. Omdat de remweg en de remtijd nu aanzienlijk langer zijn vergeleken met de botsing zonder veiligheidsriemen zullen de krachten aanzienlijk kleiner zijn. De kans op dodelijk letsel is dus ook kleiner.

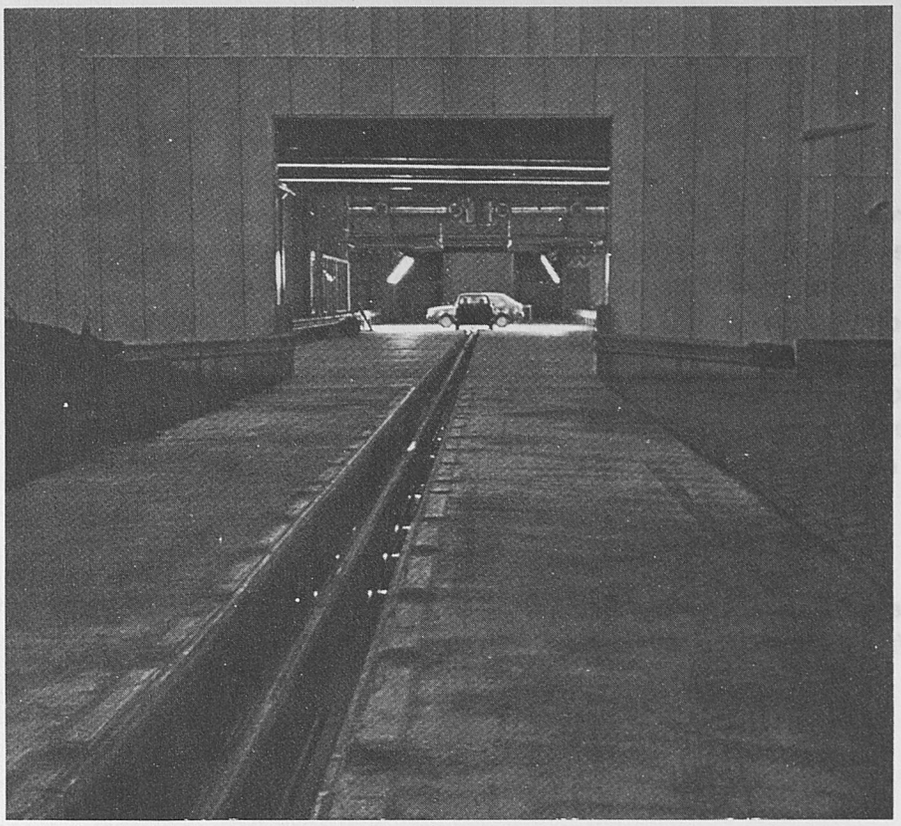
2. Bij de botsing tegen voorruit of stuur werken de krachten op zwakke delen van het lichaam, zoals hoofd en buik. De veiligheidsgordel laat de krachten aangrijpen op sterkere delen van het lichaam, zoals schouders en bekken.

3. Bovendien verdeelt de veiligheidsgordel de krachten over een groter oppervlak. De druk op een bepaalde plek wordt dus kleiner. (De druk is de kracht op 1 cm^2 of 1 m^2). Daardoor is de kans op letsel minder groot.

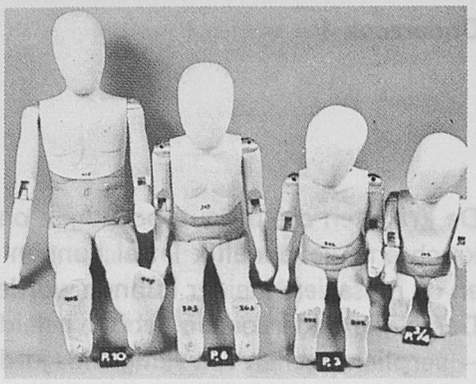
Jullie zullen vooral de eerste reden verder onderzoeken aan de hand van teksten en foto's over botsingsonderzoeken die met poppen in Delft worden gedaan.

Botsingonderzoek

Bij het Instituut voor Wegtransportmiddelen — TNO in Delft onderzoekt men hoe botsingen verlopen en hoe het gevaar voor inzittenden verminderd kan worden. Op een botsbaan worden auto's met een snelheid van meestal 50 km/uur tegen een zwaar betonnen blok of tegen een andere auto geschoten. In de auto zitten proefpoppen, die personen van verschillende leeftijd voorstellen. Op de auto en de proefpoppen bevinden zich instrumenten om het verloop van de botsing nauwkeurig te kunnen volgen.



Botsbaan bij het Instituut voor Wegtransportmiddelen — TNO

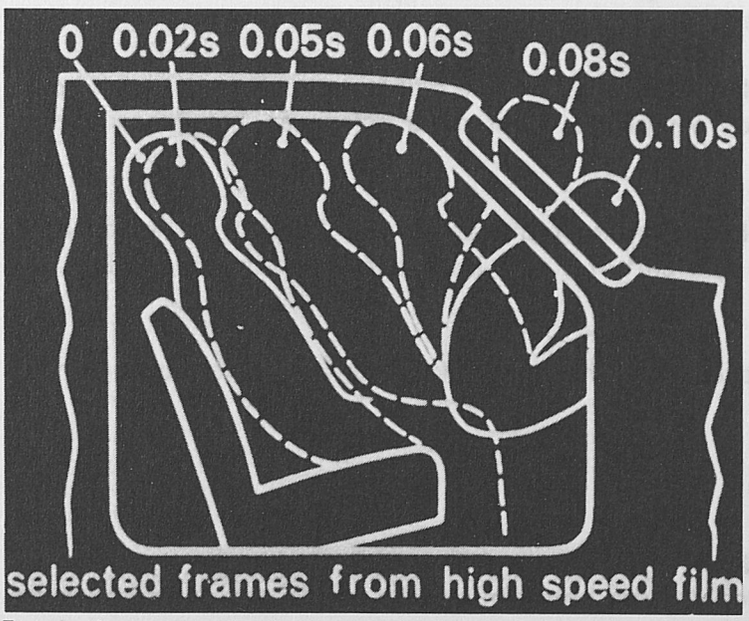


proefpoppen

Het verloop van een autobotsing

Uit onderzoeken, zoals bij TNO worden gedaan, blijkt dat een botsing in het verkeer verloopt in 2 fasen:

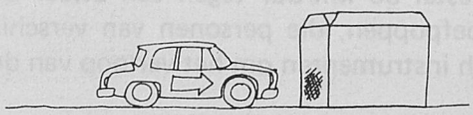
1. de botsing van de auto tegen een andere auto of boom
2. de botsing van de inzittende tegen de auto zelf. Door zijn traagheid schiet de inzittende door. Zonder veiligheidsgordel komt hij tegen het stuur of tegen de voorruit tot stilstand.



Een auto botst met een snelheid van 60 km/h tegen een zwaar betonnen blok. De inzittende draagt geen veiligheidsgordel. Van de botsing werd een filmopname gemaakt. Hiermee kon bepaald worden waar de inzittende zich in de auto bevond tijdens de botsing.
Uit deze opnamen werd de figuur samengesteld. 1 cm in de figuur is 20 cm in werkelijkheid.

Opdracht 1

Met welke snelheid slaat het hoofd van de inzittende van de botsende auto op de figuur hiernaast tegen de voorruit?



Een botsing duurt gemiddeld 0,1 sekonde. Bij een frontale botsing van 80 km/h tegen een muur gebeurt het volgende, als de inzittende geen veiligheidsgordel draagt:

. Na 0,026 s worden de bumpers ingedrukt en wordt het voertuig met een kracht afgeremd die dertig maal zo groot is als zijn eigen gewicht;
. na 0,050 s is de kracht van de afremming zo groot geworden dat op het voertuig uit alles wat er in zit een kracht wordt uitgeoefend die tachtig maal zo groot is als het eigen gewicht;
. na 0,11 s begint de auto terug te geven;
. na 0,15 s is de auto total-loss.

De inzittenden van de auto vliegen met de oorspronkelijke snelheid verder.

. Na 0,039 s is de bestuurder met zijn zitting ongeveer 16 cm naar voren gevlogen;
. na 0,044 s heeft hij het stuurwiel in elkaar gedrukt;
. na 0,044 s slaat hij met een kracht van rond de 40.000 N tegen de stuurkolom;
. na 0,092 s stoot hij zijn hoofd tegen de voorruit;
. na 0,100 s valt hij terug en is waarschijnlijk dood;
. na 0,113 s is de achter hem zittende passagier in het voorgedeelte aangekomen, waardoor hij een nieuwe stoot krijgt;
. na 0,200 s zijn deze bewegingen afgelopen.

Hieruit blijkt dat al na 0,039 s het tweede deel van de botsing is begonnen.

Krachten bij autobotsingen

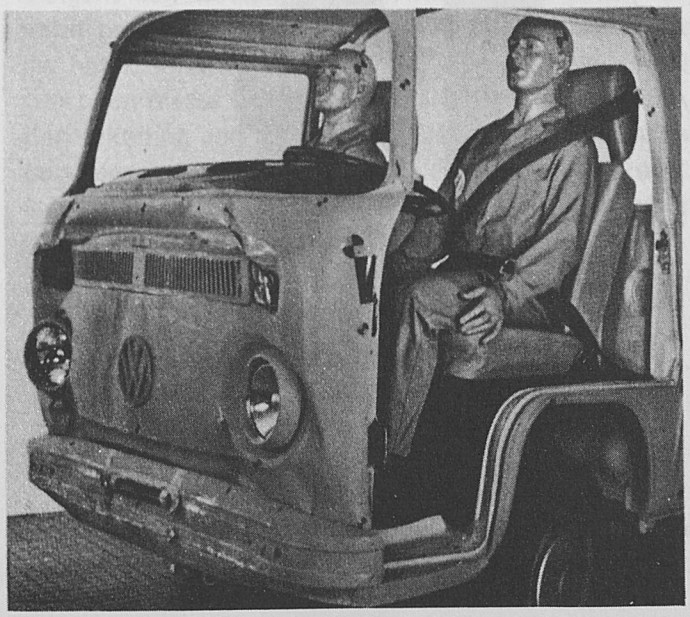
De meetinstrumenten op de botsende auto's en de proefpoppen registeren de vertragingen die bij de botsingen optreden. Het verloop van de vertraging is erg grillig. Dit wordt veroorzaakt doordat na elkaar bumper, motorblok en chassis worden ingedrukt. Met de wet

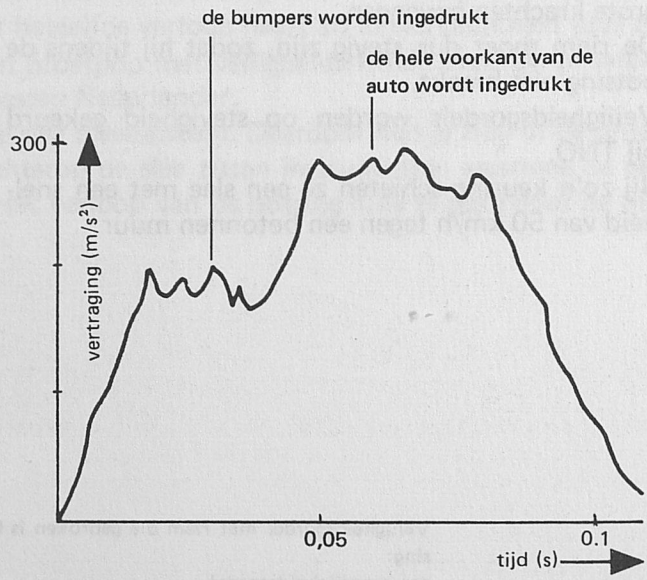
$$F = m.a$$

kun je uit een vertragingsdiagram de krachten berekenen die op de auto en de inzittenden werken.

Opdracht 2

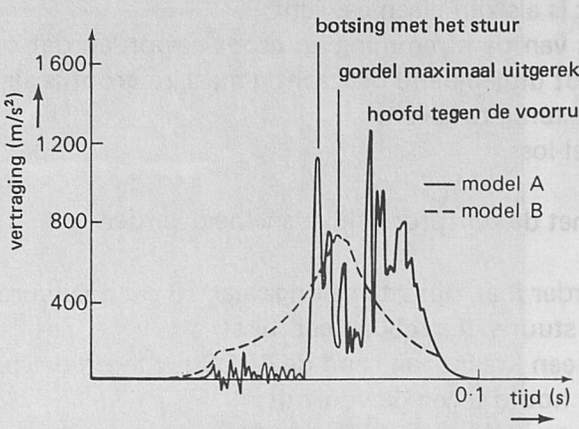
Een auto met een massa van 1000 kg botst met een snelheid van 50 km/h tegen een zwaar betonblok.
De instrumenten op de auto registreren de vertragingen die in de figuur zijn weergegeven.
Hoe groot is de maximale kracht op de auto?





De versnelling op een auto bij een botsing.

Hieronder vind je nog zo'n diagram. De inzittenden van auto A dragen geen veiligheidsgordel; die in auto B wel.
In het diagram staan de vertragingen van de borst van de inzittenden van auto A en B tijdens de botsing.



De versnelling op een inzittende bij een botsing.

Opdracht 3

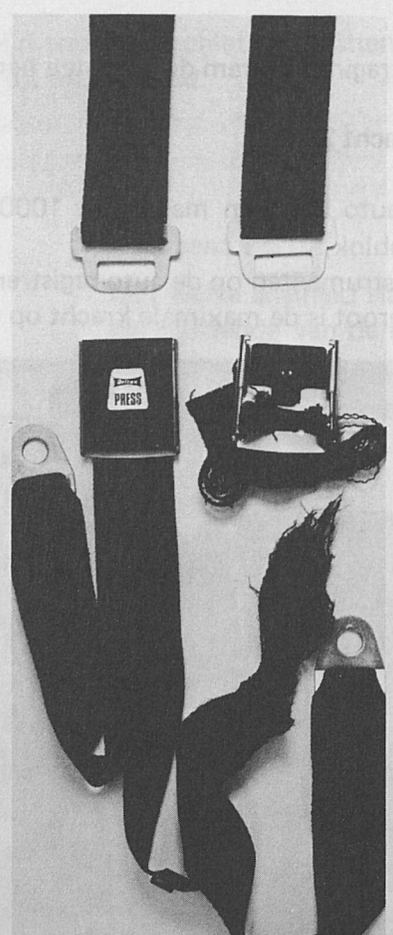
Het hoofd van een volwassene heeft een massa van ongeveer 2 kg. Bereken de maximale kracht op het hoofd

a. zonder veiligheidsgordel
b. met veiligheidsgordel.
Ga er van uit dat je de grafiek hierboven ook voor het hoofd mag gebruiken.

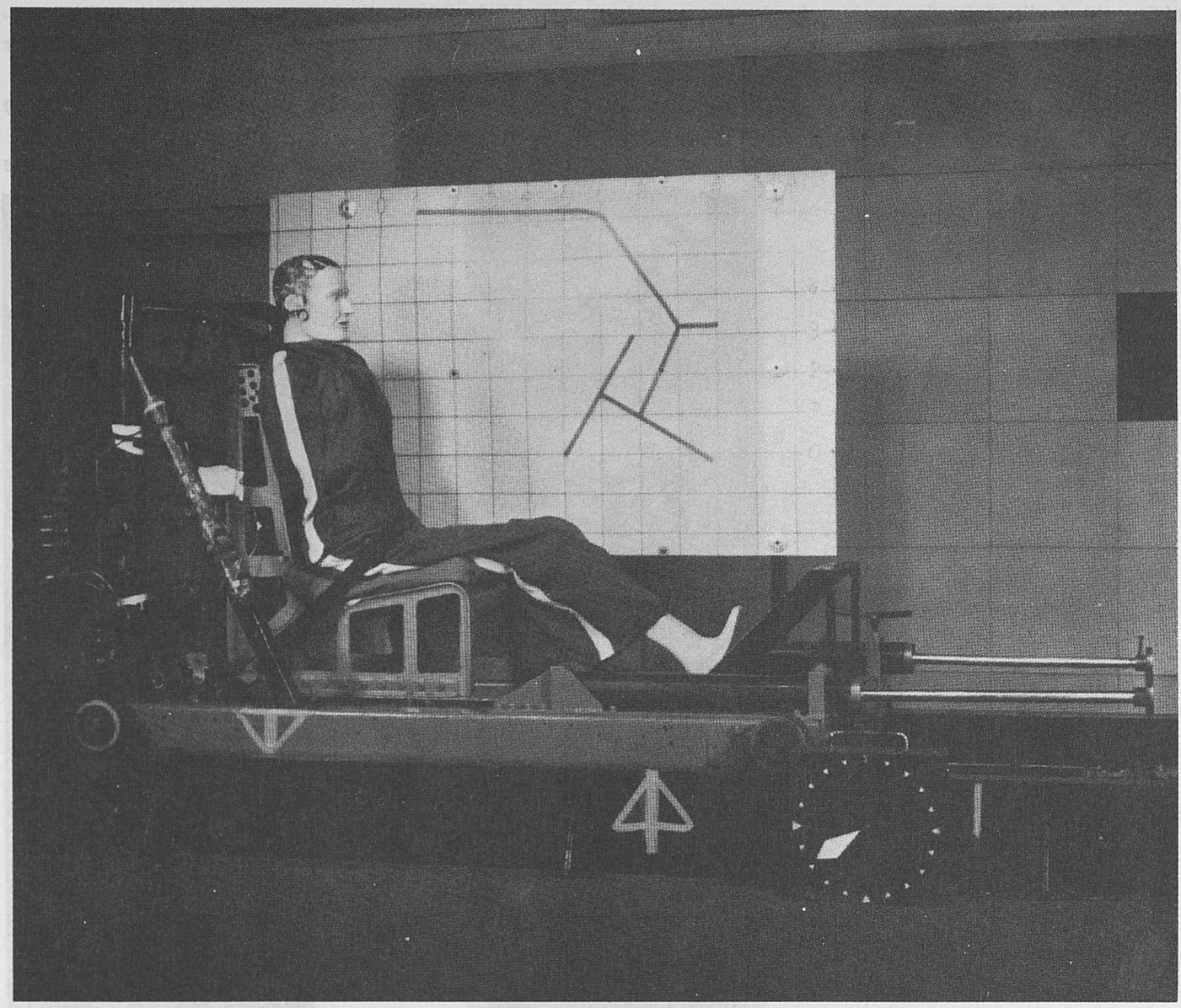
Uit de diagrammen blijkt dat de maximale kracht met veiligheidsgordel kleiner is dan zonder zo'n gordel. Daardoor zijn de verwondingen bij gebruik van een veiligheidsgordel minder ernstig.

Krachten op veiligheidsgordel.

Bij een autobotsing moet de veiligheidsgordel de grote krachten opvangen.
De riem moet dus stevig zijn, zodat hij tijdens de botsing niet breekt.
Veiligheidsgordels worden op stevigheid gekeurd bij TNO.
Bij zo'n keuring schieten ze een slee met een snelheid van 50 km/h tegen een betonnen muur.



Veiligheidsgordel met riem die gebroken is bij een botsing:
een onveiligheidsgordel.



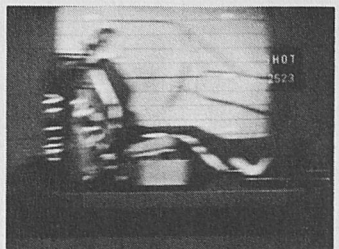
Opstelling voor het keuren van veiligheidsgordels bij TNO in Delft.

Volgens een wettelijke norm moeten de gordels bij deze snelheid worden gekeurd. Voorop de slee zit een soort bumper. Deze zorgt ervoor dat de botsing ongeveer hetzelfde verloop heeft als in werkelijkheid (dus zoals het diagram op blz. 59 aangeeft). Op de slee zit een proefpop met veiligheidsriemen vast. De proefpop heeft een massa van 75 kg, net als de ,,gemiddelde'' volwassen Nederlander.
Een tekening van de kabine staat op een bord dat met de slee meebeweegt. Daardoor kun je zien of de proefpop tegen de muur of tegen de voorruit aankomt. Achterop de slee zitten instrumenten waarmee de vertraging wordt gemeten. De botsingen worden gefilmd. Het verloop van de botsing is na te gaan door de film langzaam af te draaien.

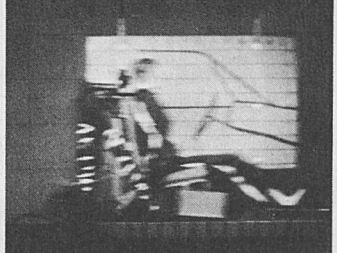
Hierachter zijn twee fotoseries afgedrukt van zo'n botsende slee. In het eerste geval hield de veiligheidsgordel het, in het tweede geval brak hij. De filmopname vond plaats met een snelheid van 64 beeldjes per sekonde, dus het tijdsverloop tussen twee beeldjes is 1/64 (= 0,0156) s.
De afstand tussen de twee lijnen op de slee en op het bord achter de slee is 10 cm. De tegels achter op de muur (die zitten dus niet op de slee) zijn 30 cm breed en 30 cm hoog.
De slee begint te botsen op het eerste plaatje. Dan raakt de bumper de betonnen muur (niet te zien op de foto).

1e serie

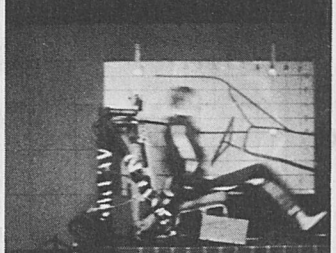
1



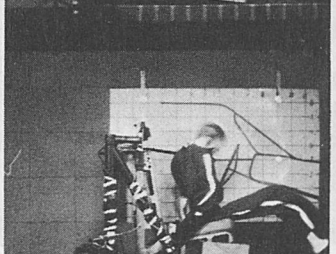
2



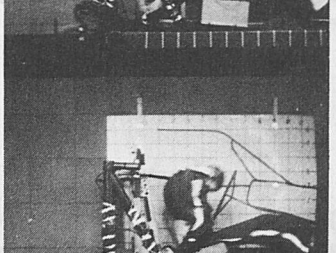
3



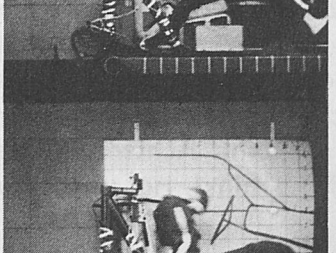
4



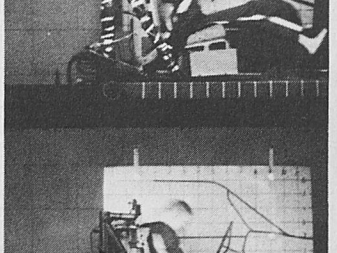
5



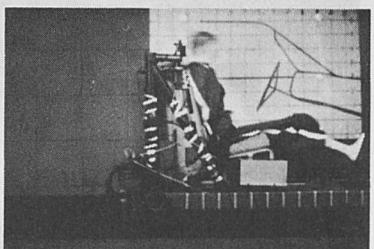
6



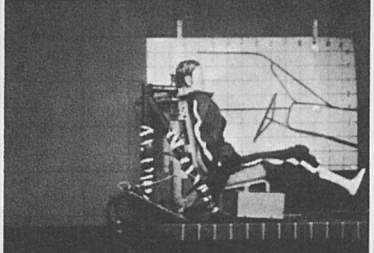
7



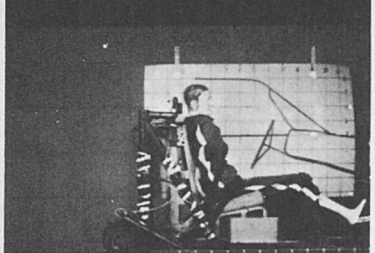
8



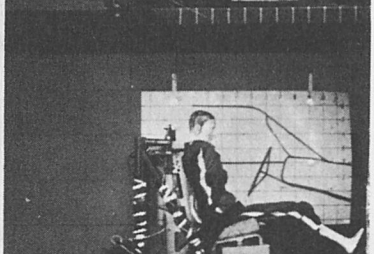
9



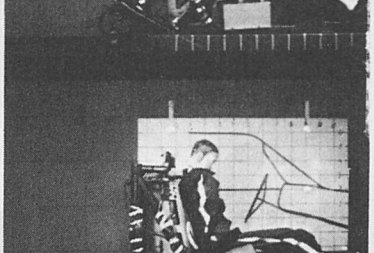
10



11

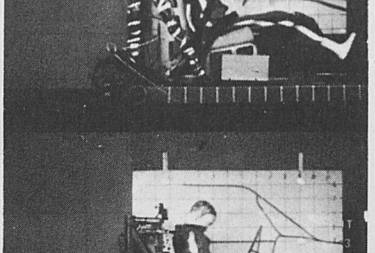


12

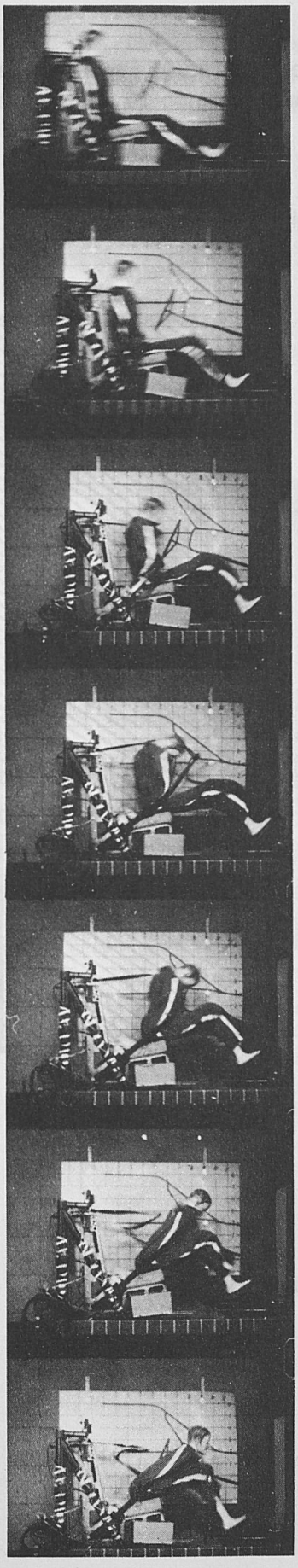


13

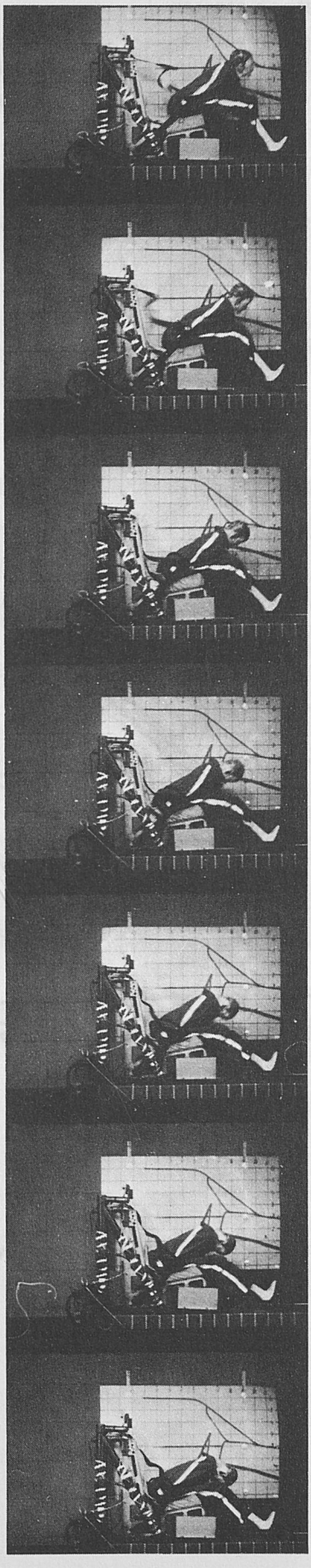
14



Hier knapt de veiligheidsriem. De proefpop heeft nog een reserveriem om, omdat hij anders ook tegen het beton zou schieten.
Kijk goed wat er gebeurt. Zie ook de beschrijving op blz. 58 en 59.



1
2
3
4
5
6
7



8
9
10
11
12
13
14

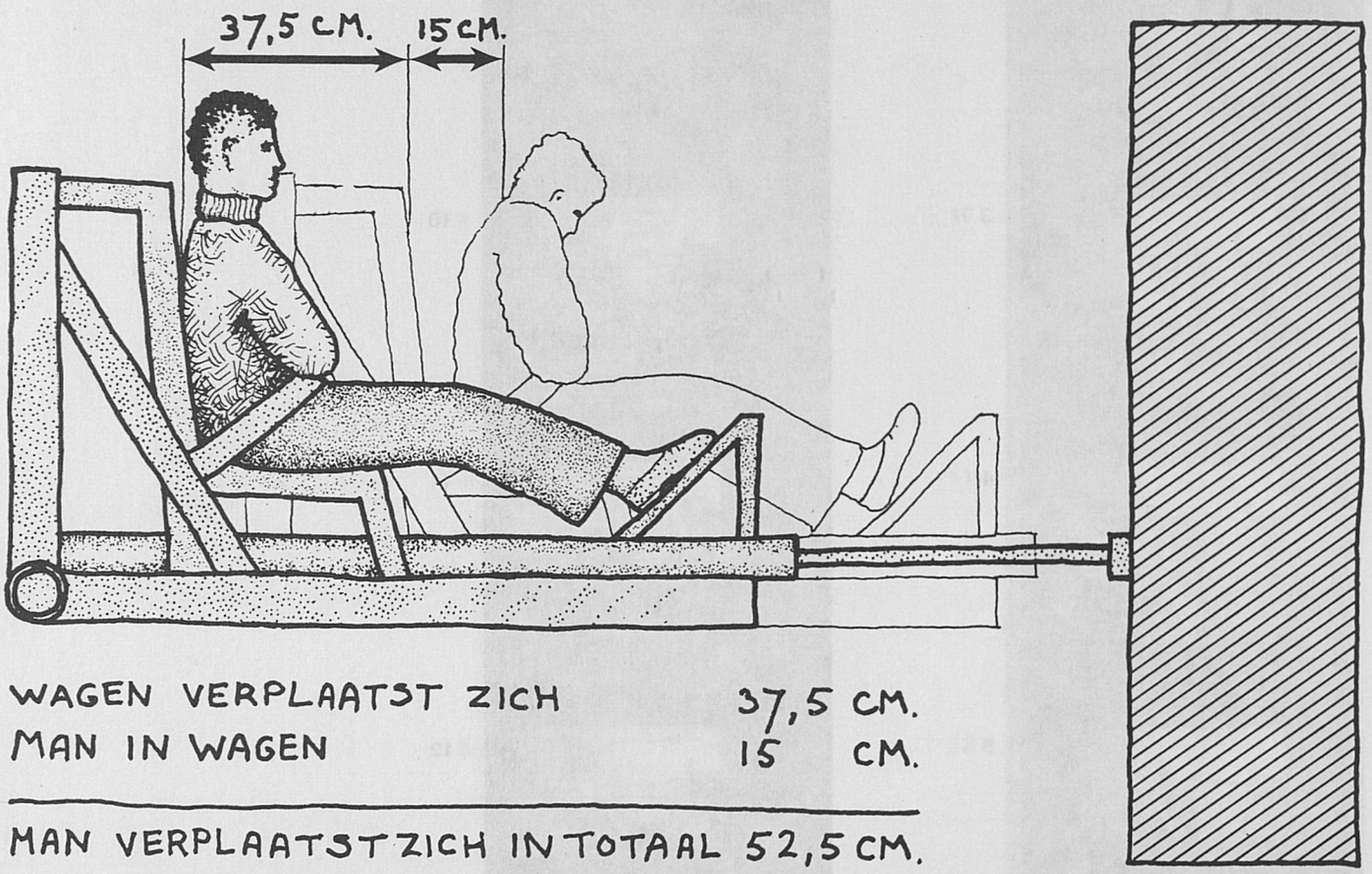
2e serie

Je kunt nu uitrekenen hoe groot de kracht is geweest die de veiligheidsgordel op de proefpop uitoefende. Je gaat die situatie bekijken waarbij de veiligheidsgordel niet is geknapt (blz. 62).

. In het 4e beeldje staat de proefpop stil. Daarna wordt hij weer teruggetrokken in zijn stoel. Dus in 3 beeldjes (= 3/64 sekonde) is de proefpop afgeremd.

. De afstand die de pop in die tijd aflegt, kun je aflezen met behulp van de achtergrond. Wij schatten dat de wagen 37,5 cm is opgeschoven in het 5e beeldje en dat de persoon in de gordel nog 15 cm is opgeschoven.
Kontroleer deze schatting!

. De massa van de proefpop is 75 kg, de beginsnelheid is 50 km/h, de eindsnelheid is 0 km/h.



Opdracht 4

Bereken de gemiddelde kracht die de proefpop ondervindt. Gebruik daarbij de twee bewegingswetten. (Je zult iets verschillende getallen krijgen in de twee berekeningen. Waarom?)

Opdracht 5

Ga aan de hand van de fotoserie na of de veiligheidsriem inderdaad de 3 functies had die op blz. 57 genoemd werden.

Opdracht 6

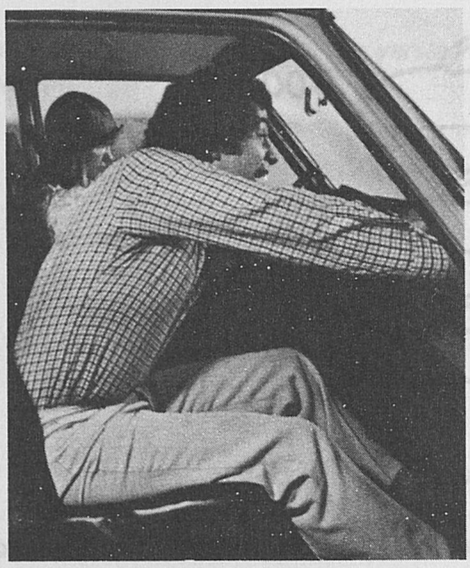
Bereken de gemiddelde kracht op de proefpop in fotoserie I, als de veiligheidsgordel niet meegerekt was en de verplaatsing van de man 37,5 cm was geweest.
Is die kracht groter of kleiner dan hierboven?

Opdracht 7

Waarom moet een veiligheidsgordel rek hebben, maar mag hij niet teveel rek hebben?

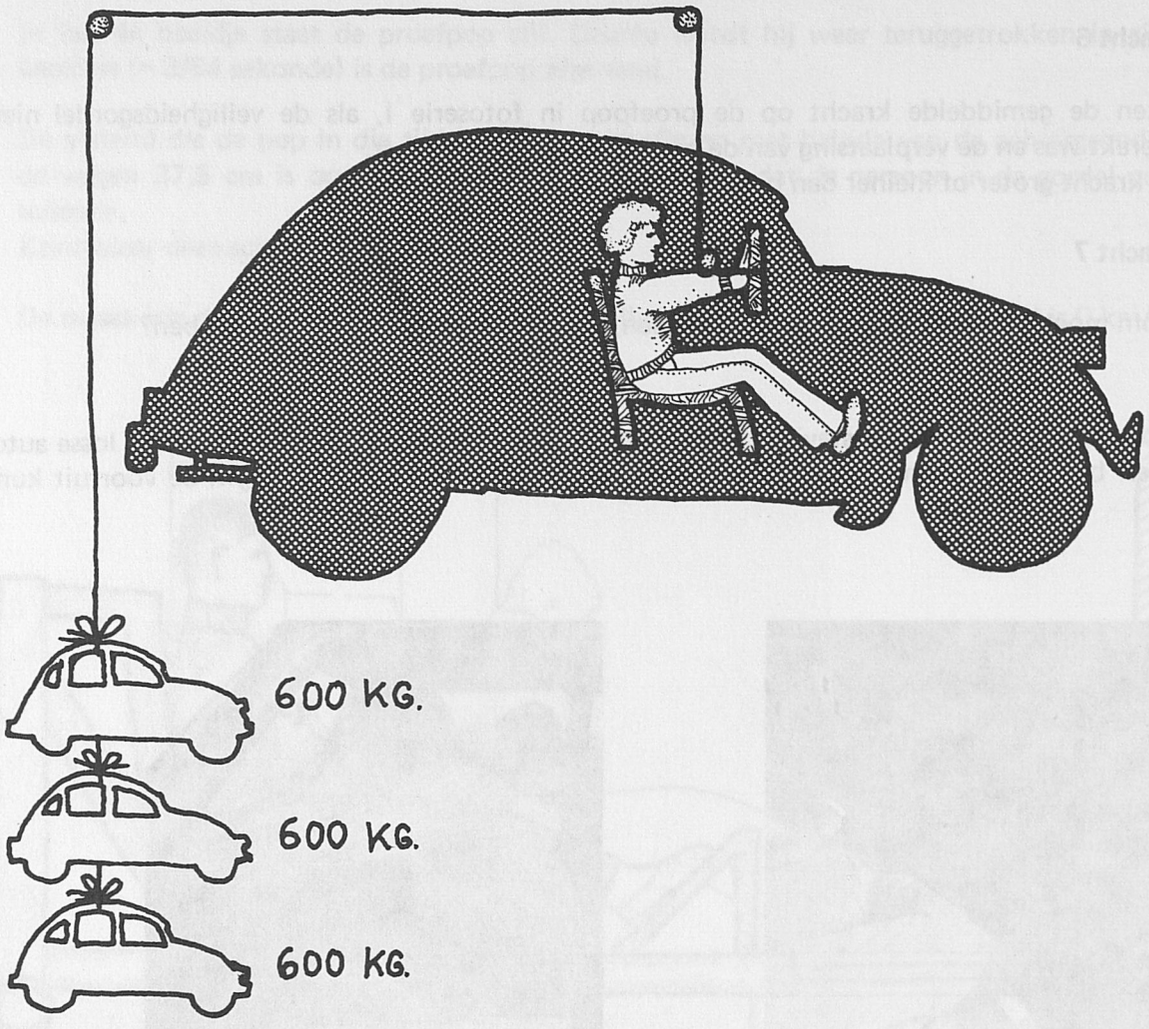
De autogordel moet strak zitten om de stevige delen van je lichaam (heup en schouder). Een te losse autogordel remt bij een botsing te weinig af en geeft te veel speling, zodat je toch nog tegen de voorruit kunt slaan.

iedere gordel dient zo strak mogelijk gedragen te worden.



schrap zetten haalt niet veel uit.

De kracht die een autogordel moet kunnen uitoefenen volgens de wettelijke voorschriften bedraagt 18.000 N d.w.z. dat is dezelfde kracht als de kracht die uitgeoefend moet worden om 3 auto's van elk 600 kg op te tillen. Dat lukt een persoon nooit van zijn leven. Vergelijk dit maar eens met de resultaten in paragraaf 2.7.



Het effekt van veiligheidsgordels

In 1977 bleek 37% van de automobilisten een gordel om te hebben in de bebouwde kom en 50% daarbuiten. In dat jaar vielen er 1200 doden bij autobotsingen. Als iedereen zijn gordel had aangehad zou hebben, zouden er 680 doden te betreuren zijn geweest.
Verder blijkt uit onderzoeken dat door het dragen van autogordels 60 à 70% van de betrokkenen nu een ongeluk overleefd hebben. Anders zouden zij zijn omgekomen.

Het gebruik van veiligheidsgordels maakt het autorijden dus zeker veiliger. Maar de veiligheid van andere verkeersdeelnemers zoals voetgangers en fietsers is niet toegenomen. Bij een botsing met een auto blijven zij de grootste klap krijgen.
Het is zelfs mogelijk dat hun veiligheid erop achteruit gaat. Door het vergrote veiligheidsgevoel kan het voorkomen dat de automobilist zijn auto meer gebruikt en roekelozer rijdt. De onveiligheid van de fietser en voetganger neemt daardoor toe.

Slotdiskussie.

Ben je, nu je het bovenstaande weet, het ermee eens dat veiligheidsgordels wettelijk verplicht zijn? Of vind je dat het dragen van een veiligheidsgordel ieder zijn eigen verantwoordelijkheid is?
Lees voordat je hierover met elkaar gaat praten de inleiding nog een keer. Lees ook leestekst 6.
Breng over de resultaten van het gesprek verslag uit aan de klas.
Bespreek een van de laatste lessen met de hele klas de verschillende veiligheidsmaatregelen, die genoemd zijn.

Onderzoek 2

veilige snelheid, remweg, reactietijd

Een automobilist, brommer of fietser, die plotseling moet remmen, legt altijd nog een zekere afstand af. Dat komt onder andere door de traagheid van het voertuig en de passagier(s).
Ook andere faktoren zijn bij het remmen van invloed op de remweg, bijvoorbeeld
– de toestand van de bestuurder: is hij moe; fit; heeft hij gedronken? let hij op?
– de toestand van de weg: is de weg van beton, asfalt, zand of grind?
– de toestand van de banden: zijn ze glad of zijn ze in goede staat?
– de toestand van het weer: is het mistig, regent het, vriest het, ijzelt het?

In dit onderzoek kom je meer te weten over hoe je veilig moet rijden in de diverse omstandigheden

Bestudeer de tekst van dit onderzoek en voer de proeven uit. Breng de rest van de klas verslag uit van je bevindingen. Zoek er kranteknipsels bij en kijk ook in de leesteksten.
Vergeet de slotdiskussie niet.

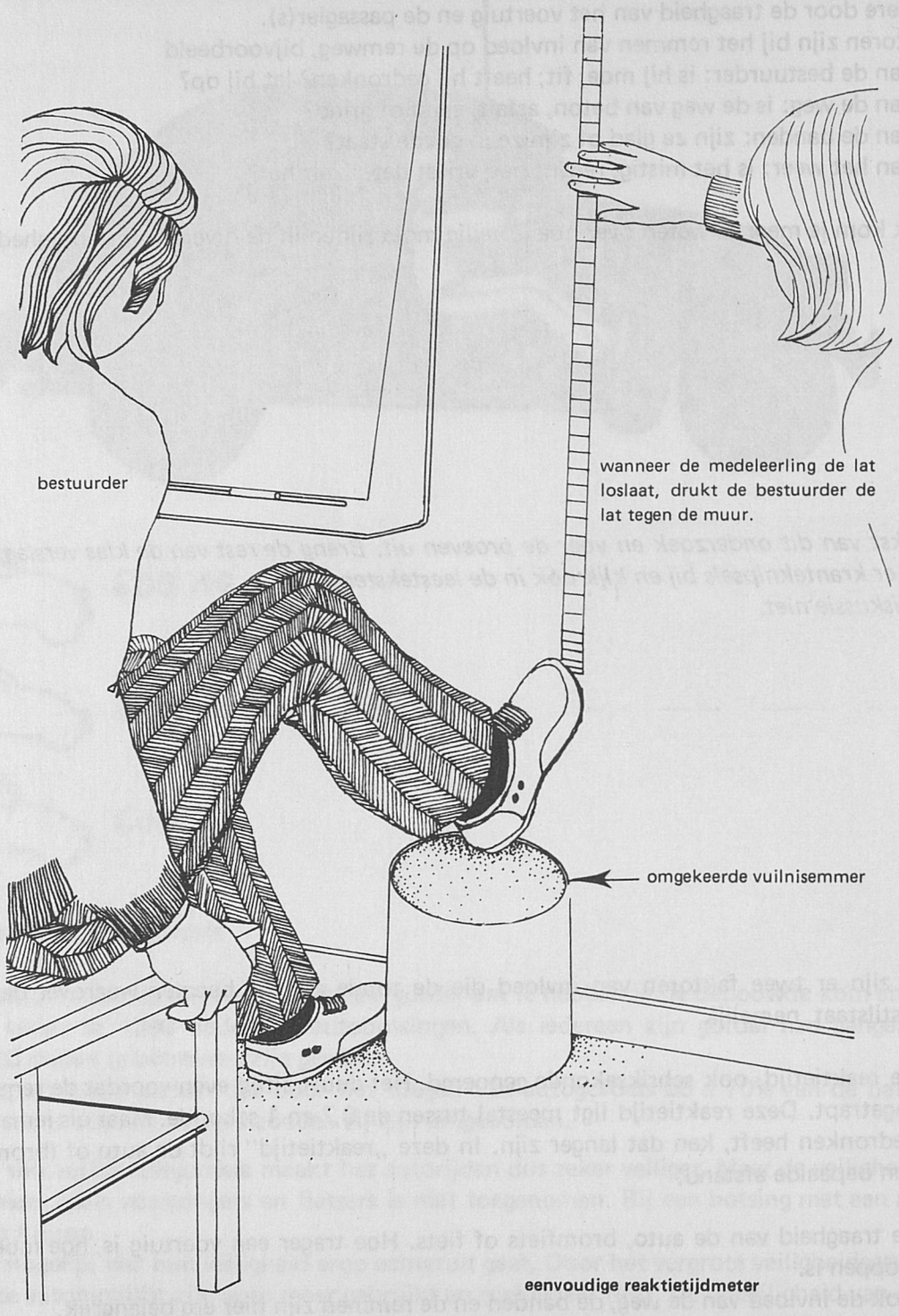
Remmen

Bij het remmen zijn er twee faktoren van invloed die de totale afstand bepalen waarover de auto, bromfietser of fietser stilstaat, namelijk

1. de reaktietijd, ook schriksekonde genoemd. Het duurt altijd even voordat de remmen worden ingetrapt. Deze reaktietijd ligt meestal tussen de 0,7 en 1 sekonde. Maar als iemand moe is of gedronken heeft, kan dat langer zijn. In deze „reaktietijd'' rijdt de auto of (brom)fietser nog een bepaalde afstand.

2. de traagheid van de auto, bromfiets of fiets. Hoe trager een voertuig is, hoe moeilijker hij te stoppen is.
   Ook de invloed van de weg, de banden en de remmen zijn hier erg belangrijk.
   De afstand die tijdens het remmen wordt afgelegd, noemen we de remweg.

Met het volgende apparaat kun je je eigen reaktietijd meten:



eenvoudige reaktietijdmeter

PROEF **1 Reactietijd meten**

1. Knip de strook papier op blz. 74 uit of trek het over uit je boek op een vel.
   Plak de strook op een lat van 3 cm breed en 100 cm lang. Je kunt ook de lijnen op de lat tekenen.
2. Maak de opstelling zoals hierboven en houdt de onderste lijn (0 sekonde) op de hoogte van je voet.
3. Meet de reaktietijd van alle leden van de groep.

PROEF **2 Reactietijd en afleiding**

Doe proef 1 nogmaals. Leidt nu de „bestuurder" af door tegen hem te praten, met tegenlicht te werken. Hoeveel scheelt het in reaktietijd?

PROEF **3 Reactietijd bij een stoplicht**

Meet bij een stoplicht hoe lang het duurt voordat voetgangers en automobilisten reageren.

Doordat er zoveel afleiding op de weg is, is de reaktietijd soms lang.

Opdracht 1

Een chauffeur rijdt 108 km/h. Zijn reaktietijd is 1 s.
Hoever rijdt hij nog door voordat hij remt?
Bereken de afstand die hij nog aflegt met 108 km/h als de reaktietijden gelden, die je in proef 1 en 2 gevonden hebt.

Remweg, veilige snelheid, droog wegdek

De vertraging, waarmee een personenauto volgens de wettelijke normen moet kunnen remmen, bedraagt 6,2 m/s². Voor een bestelauto is dat 5,2 m/s². Dit geldt bij een normaal wegdek en goede banden.

Opdracht 2

Een auto rijdt 108 km/h en remt met een vertraging van 6 m/s².
a) hoe lang duurt het voordat de auto stilstaat? Wat is zijn remweg?

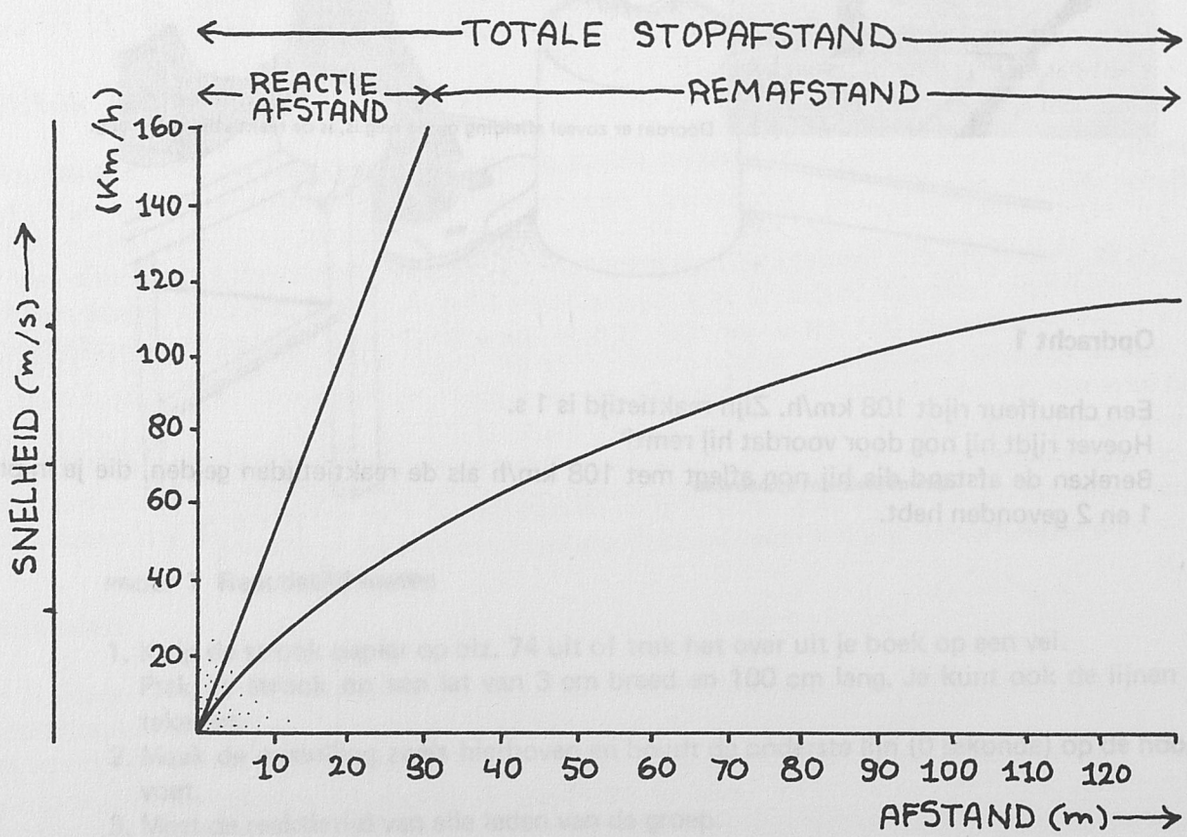
Een auto rijdt 54 km/h en remt met een vertraging van 6 m/s².
b) hoeveel is nu zijn remtijd en zijn remweg?

Er blijkt uit de berekeningen dat met een 2 maal zo grote snelheid een 4 maal (2^2 maal) zo grote remweg nodig is. Met een 3 maal zo grote snelheid wordt de remweg 9 maal (3^2 maal) zo groot.

Dit is ook in de formule van $F \times s = \frac{1}{2} mv^2_{eind} - \frac{1}{2} mv^2_{begin}$ te zien.

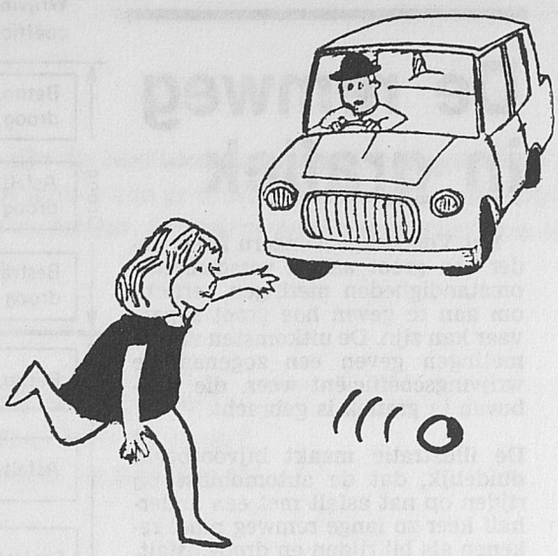
Links van het = -teken staat s en rechts staat v^2, dus s is evenredig met v^2, als F en m dezelfde blijven.
Naarmate er harder wordt gereden, wordt de remweg verhoudingsgewijs lager.

Hieronder staat in een grafiek uitgezet de totale stopafstand van een auto tegen de snelheid die hij aan het begin heeft. Er is rekening gehouden met een reaktietijd van 0,7 sekonde. Er gelden normale omstandigheden, droog weer, goede banden.
De vertraging tijdens het remmen is ongeveer 5,0 m/s².
De totale stopafstand = reactieafstand + remafstand.



Opdracht 3

Wat is een veilige snelheid als een automobilist in de stad rijdt, waar kinderen tussen geparkeerde auto's spelen? Het overzicht is dan vaak maar 7 meter.



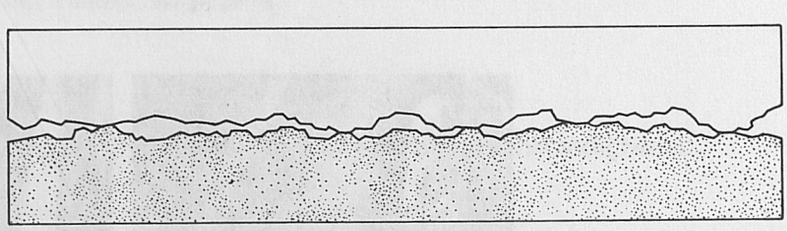
Spelende kinderen schieten nog wel eens tussen geparkeerde auto's de weg op. Met je snelheid moet je daar rekening mee houden.

PROEF **4 De stopafstand van een bromfiets**

Maak zelf een grafiek van de totale stopafstand tegen de snelheid van een bromfiets. Meet de remafstand experimenteel.

Nat wegdek, gladde banden.

De vochtigheid van de weg en de toestand van de banden is van veel belang voor de remweg. Zie het artikel hieronder uit het dagblad Trouw van november 1977.
Bij het lezen van dat artikel moet je weten dat de remkracht groot is, als de wrijvingscoëfficient groot is. De remweg is dan klein.
Bij gladde banden en een beetje regen komt er regen tussen de banden en de weg en de auto glijdt over het water (aquaplaning), als ware het ijs. Bij goede banden en veel regen kan dat ook gebeuren. Een auto die 100 km/h rijdt en goede banden heeft, heeft kans op ,,aquaplaning'' bij plotseling remmen, als er 3–4 mm water op de weg ligt. Bij kleinere snelheden is daar minder kans op.



Als twee oppervlakken over elkaar glijden, ontstaat er wrijving. Water dat tussen deze oppervlakken komt, maakt de wrijving heel klein.

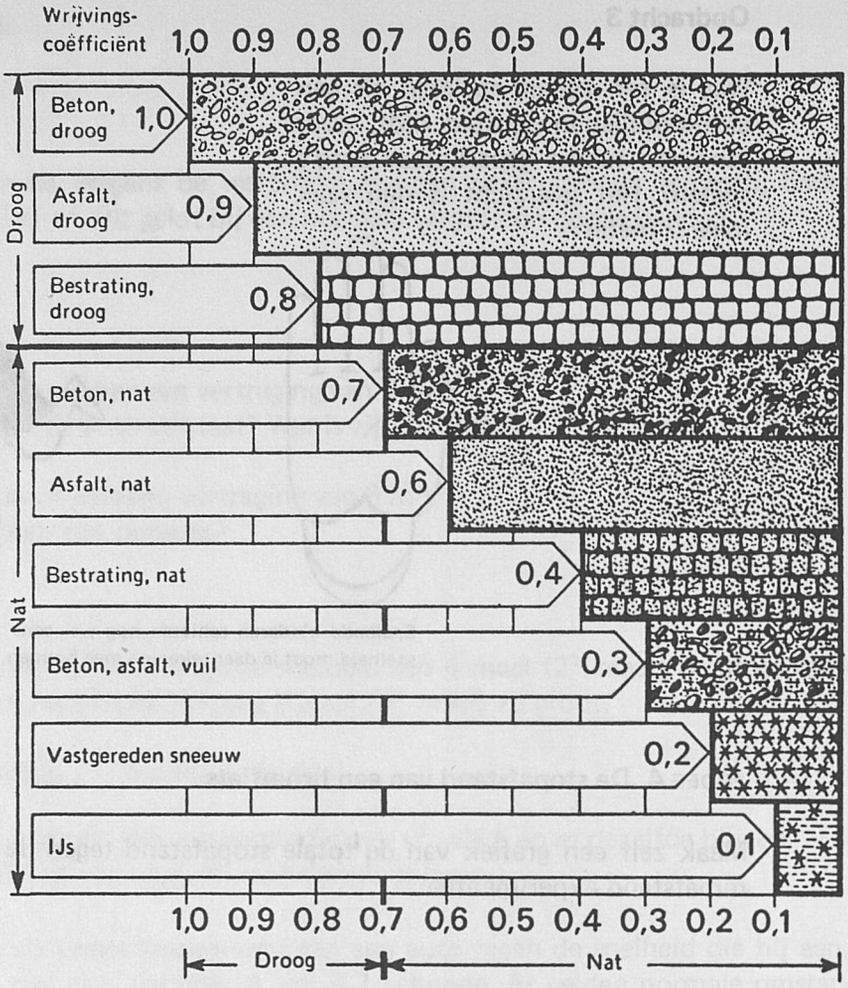
De remweg in grafiek

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.

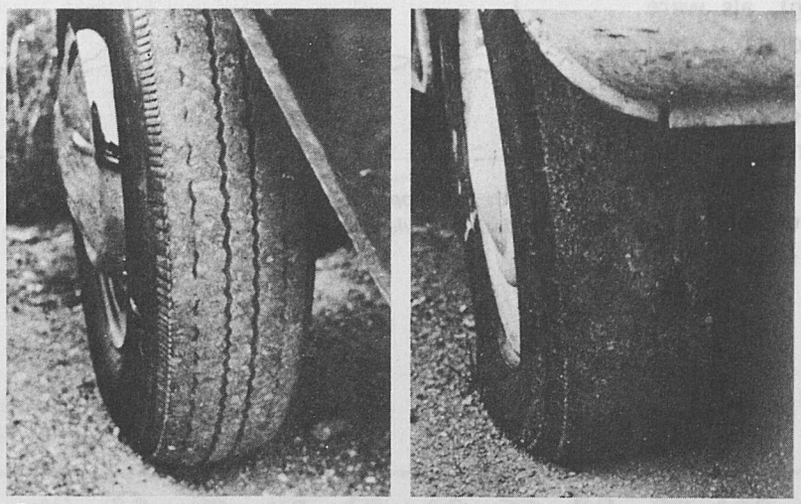
Uiteraard hangt dit ook van het type banden om de autowielen af.



(Uit: *Trouw,* nov. 1977)

Opdracht 4

Een natte bestrating heeft een wrijvingscoëfficiënt van 0,4 (bestrating d.w.z. een weg met klinkers). De grafiek op blz. 70 is gemaakt voor droog beton. Dat scheelt dus een faktor 2,5.
Bereken de totale remafstand voor een natte bestrating bij verschillende snelheden. Ga uit van de grafiek op blz. 70.
Wat is nu een veilige snelheid bij een totale remafstand van 7 meter?



Een deels versleten band en een versleten band zijn beide bij plotseling remmen gevaarlijk. Zeker als de weg nat is.

Slecht zicht

De laatste faktor die van invloed is op de totale remafstand zijn de weersomstandigheden. Regen heeft het gevaar van zichtvermindering. Door het stuifwater van andere auto's zijn er momenten dat een automobilist bijna niets ziet. Ook zijn bij regen de wegmarkeringen slecht zichtbaar. Op natte wegen gebeuren drie keer zoveel ongelukken als op droge wegen. Voor mist geldt dit ook.

Opdracht 5

Wat is de veilige snelheid als er mist is met een zicht van 40 meter?
Wat is een veilige snelheid als je wilt inhalen en het zicht is 40 meter?
Besef dat je niets weet over de snelheid van een mogelijke tegenligger.

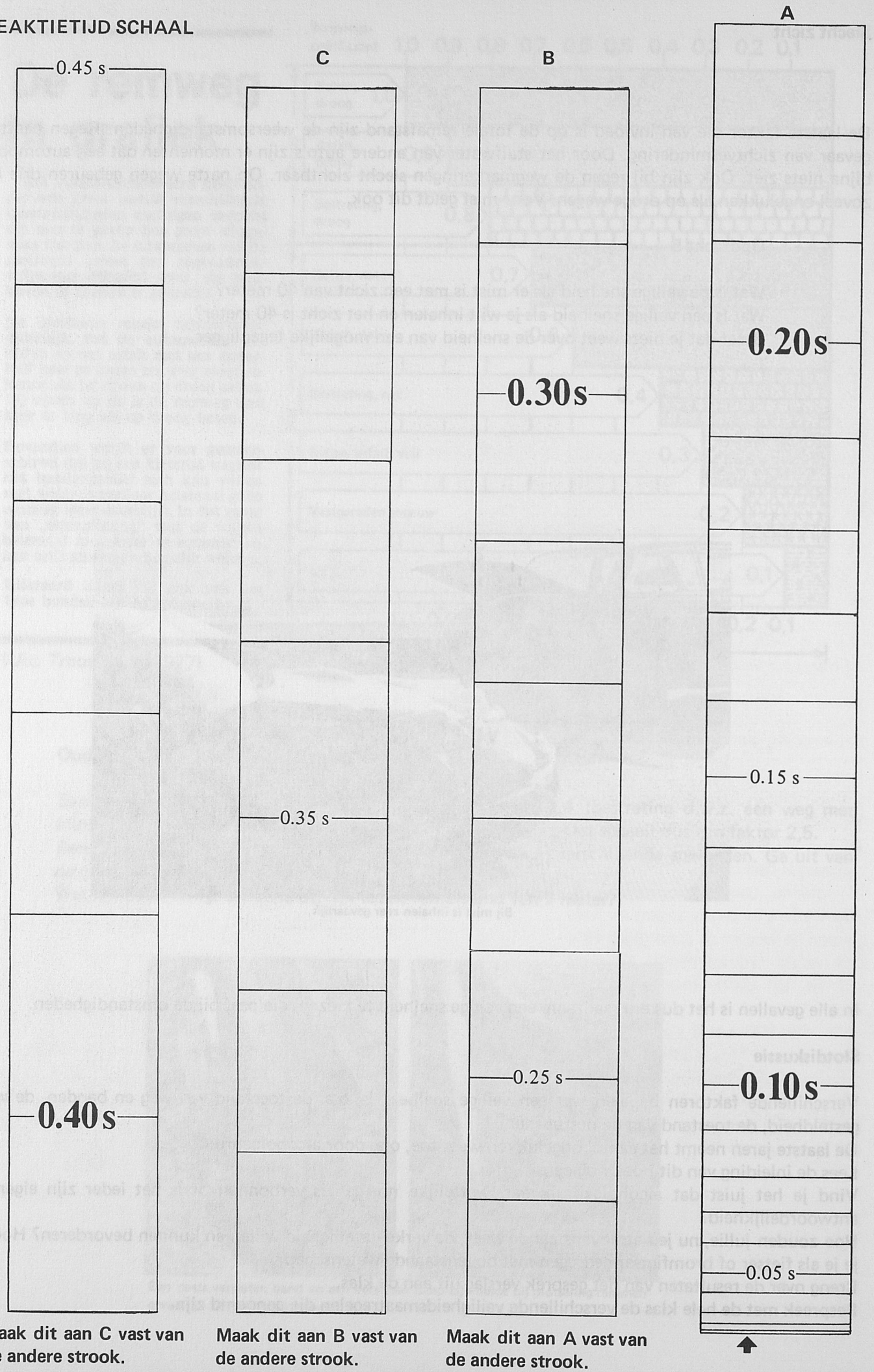
Bij mist is inhalen zeer gevaarlijk.

In alle gevallen is het dus erg raadzaam een veilige snelheid te kiezen, die past bij de omstandigheden.

Slotdiskussie

Verschillende faktoren bepalen wat een veilige snelheid is, o.a. de toestand van weg en banden, de weersgesteldheid, de toestand van de bestuurder.
De laatste jaren neemt het aantal ongelukken weer toe, o.a. door alcoholgebruik.
Lees de inleiding van dit boek nog eens.
Vind je het juist dat alcoholgebruik aan wettelijke normen is verbonden of is het ieder zijn eigen verantwoordelijkheid?
Hoe zouden jullie, nu je het bovenstaande weet, de verkeersveiligheid willen en kunnen bevorderen? Hoe kun je je als fietser of bromfietser gedragen met bovenstaande wetenschap?
Breng over de resultaten van het gesprek verslag uit aan de klas.
Bespreek met de hele klas de verschillende veiligheidsmaatregelen die genoemd zijn.

REAKTIETIJD SCHAAL



Maak dit aan C vast van de andere strook.

Maak dit aan B vast van de andere strook.

Maak dit aan A vast van de andere strook.

Onderzoek 3

bromfietshelmen

De bromfietshelm en andere helmen zoals valhelmen en motorhelmen, zorgen ervoor dat er bij ongelukken minder letsel aan het hoofd wordt opgelopen dan zonder helm.
In 1973 werd de helm verplicht gesteld. De dodelijke ongelukken met bromfietsen namen meteen 40% af.
In de periode van 1971 tot 1977 werden zo'n 900 doden door de helm voorkomen.
Over die bromfietshelm gaat dit onderzoek.

bromfietshelm op.

Bestudeer de tekst van dit onderzoek en voer de proeven uit.
Breng de rest van de klas verslag uit van je bevindingen. Zoek er kranteknipsels bij, bedenk zelf extra proeven met echte bromfietshelmen en kijk in de leesteksten.
Vergeet de slotdiskussie niet.

De funkties van een bromfietshelm.

De bromfietshelm heeft vier funkties. Bij een mogelijk ongeluk

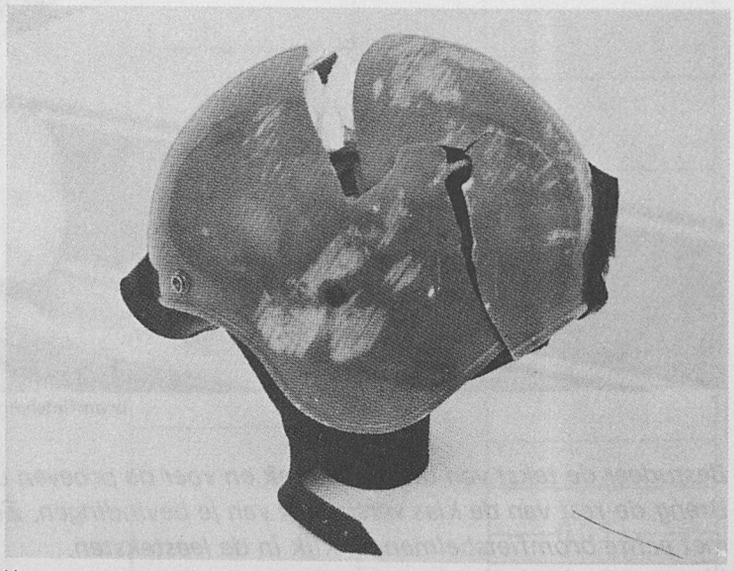
1. verdeelt de helm een plotselinge kracht op één plek op het hoofd over het hele hoofd. Hij zorgt ervoor dat de druk op een bepaalde plek kleiner wordt (de druk is de kracht op 1 cm^2 of 1 m^2). Hierdoor is de kans op letsel minder groot.
   Wapens, zoals messen, dolken, speren en een kogel zorgen juist voor een grote druk (grote kracht op een klein oppervlak), waardoor ze makkelijk letsel veroorzaken.

PROEF **1 Met een plank op een bromfietshelm slaan**

Sla met de smalle kant van een plank in het zand en met de platte kant. Merk het verschil op.
Sla ook iemand met een plank op zijn bromfietshelm en laat hem vertellen waar hij de klap precies voelt. Sla niet te hard!

2. zorgt de helm ervoor dat je hoofd bij een botsing een kleinere vertraging ondervindt. Hij dempt de schok van het neerkomen.
   Bij iemand die van een bromfiets geslingerd wordt en op zijn hoofd terecht komt, zullen de hersenen in het hoofd door hun traagheid niet direkt stoppen. Dit geeft kans op hersenletsel. Door de helm wordt die klap over een langere tijd uitgesmeerd en de kans op hersenletsel wordt kleiner. Zie proef 2 en 3.

3. vangt de helm een kracht op.
   De foto hiernaast geeft aan hoe een helm een ernstig ongeluk voorkwam, toen iemand het wiel van een auto over zijn helm kreeg. De persoon bleef ongedeerd.



Het nut van een helm is o.a. het opvangen van grote krachten, die de helm samendrukken. Deze helm kreeg het wiel van een auto over zich heen.

4. voorkomt de helm slijtageletsel, zoals schaafwonden. De harde helmlaag glijdt over de grond en zorgt dat huid en weg niet met elkaar in aanraking komen.
   Zie de foto hiernaast.

Het nut van een helm is ook het voorkomen van slijtageletsel. Dit is een helm die over de grond schuurde bij een ongeluk.

De helm blijkt letselsoort 1. en 4. prima te voorkomen, vrijwel helemaal.
Letselsoort 2. komt het vaakste voor. De verschillende merken van helmen hebben op het gebied van schokopvang heel verschillende kwaliteiten.
Letselsoort 3. komt nauwelijks voor.
Belangrijk is dus de voorkoming van letselsoort 2. Daarover gaan we het nu verder hebben.

Schokdemping bij helmen.

Een helm heeft een goede kwaliteit als hij het hoofd zacht afremt, dus met een kleine vertraging.
De klap moet worden uitgesmeerd over een langere tijd of grote afstand.

PROEF 2 **Een ingepakt ei laten vallen**

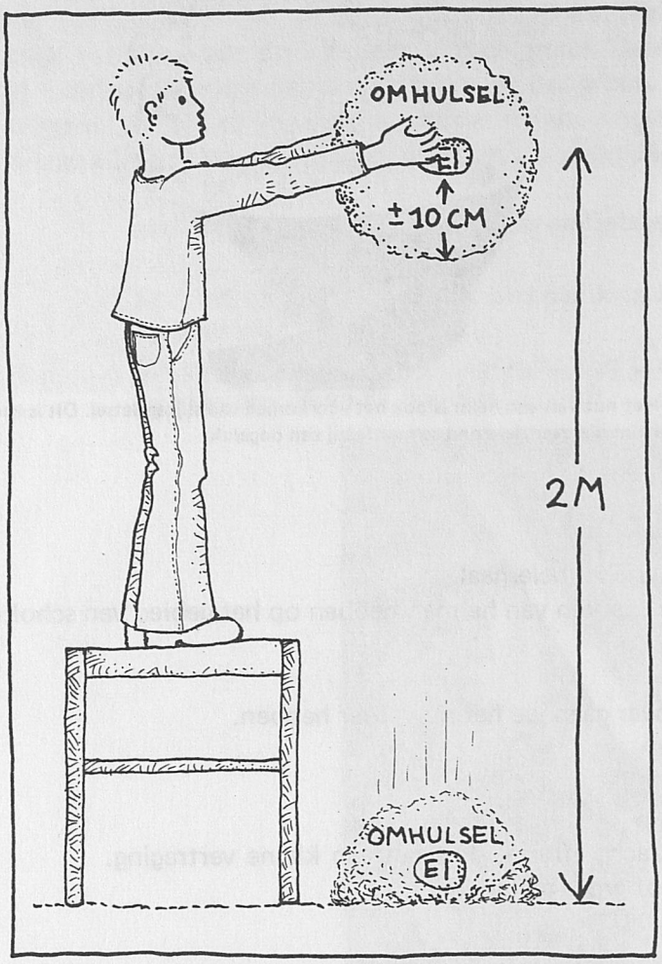
Pak een hardgekookt ei in in een grote hoeveelheid papier en/of watten.
Laat dit pak van een bepaalde hoogte op een harde vloer vallen, bijvoorbeeld van 2 meter. Pak het ei zo in dat het *niet* kapot gaat.
Hoe komt het dat het ei heel is gebleven?

PROEF 3 **Een niet-ingepakt ei laten vallen**

Laat het hardgekookte ei van 2 meter direkt op de grond vallen. Wat gebeurt er nu? Hoe komt het dat het ei kapot gaat?
Deze proef hoef je niet te doen, je weet al wat er gebeurt, maar misschien vind je het toch nodig.

Je ziet dat een zacht omhulsel het ei goed opvangt; het dempt de schok. Als je een ei direkt op de grond laat vallen, gaat het ei kapot. Met behulp van onderstaande opdracht kun je uitrekenen hoe groot de krachten in beide gevallen zijn.

Opdracht 1



In het theoriegedeelte heb je de wet
$F \times s = \frac{1}{2} mv^2_{eind} - \frac{1}{2} mv^2_{begin}$ geleerd.
Met behulp van deze wet kun je een schatting maken van de krachten die in proef 2 en 3 op het ei werken.

a) maak een schatting van de afstand waarover in proef 1 en proef 2 het ei afgeremd wordt. Zie ook de tekening hiernaast.
b) bepaal de massa van het ei.
c) bereken de gemiddelde kracht in beide gevallen als de snelheid waarmee het ei vanaf 2 meter de grond treft 6,3 m/s is (zie bijlage 1 op blz. 91).

Het verschil in beide krachten van proef 2 en proef 3 maken of het ei breekt of niet.
Bij een valhelm en een hoofd is dat hetzelfde. De helm is gemaakt van „zacht'' materiaal en soms zijn er nog riemen aangebracht.

Opdracht 2

Pak een helm en kijk hoe ervoor gezorgd is dat de klap goed wordt opgevangen.
Vergelijk een paar helmen met elkaar.

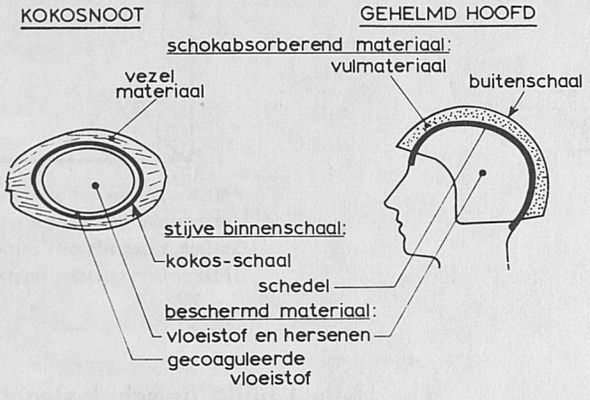
Onderzoek aan helmen.

Opdracht 3

Lees onderstaande leestekst en kijk hoe de principes van schokdemping worden toegepast op nieuw te ontwerpen helmen. Om de grafiek op blz. 80 goed te begrijpen, moet je weten dat de belasting die een helm moet kunnen verdragen volgens wettelijke normen 15.000 N is. Bij meer belasting mag hij kapot gaan.

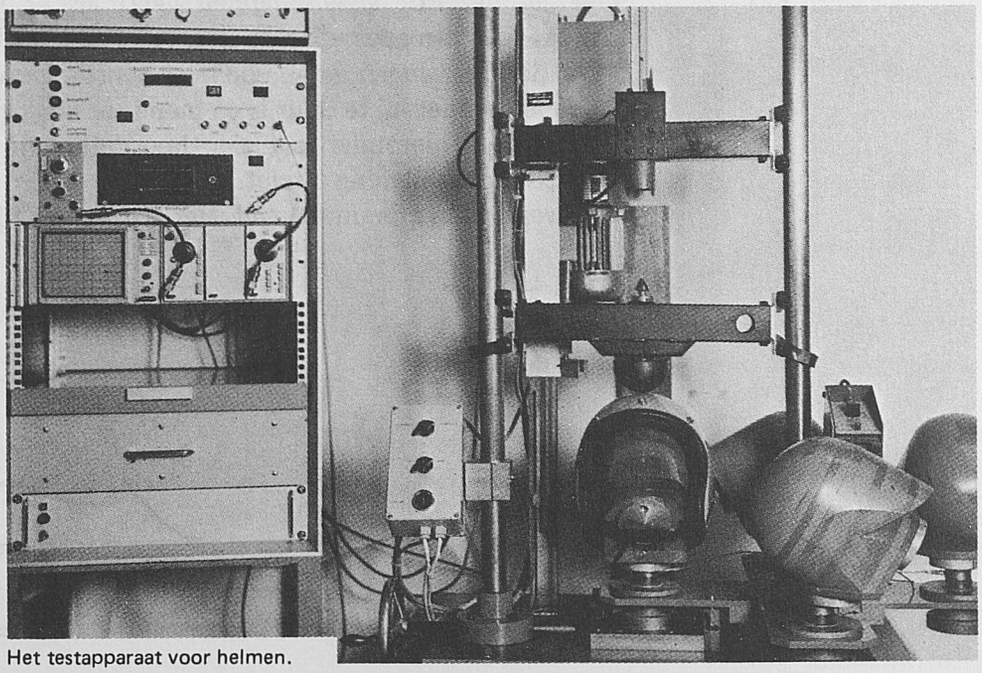
(uit kr.-informatie, het maandblad van Kunststoffen- en Rubberinstituut TNO december 1976).

In het onderzoek naar valhelmen zoekt het TNO (een onderzoeksinstituut in Delft) naar een materiaal of verzameling materialen, die het hoofd in een ongevalssituatie zo mild mogelijk afremt.
Hoe komt iemand aan zijn onderzoeksideeën? Vaak zoekt hij of zij eerst in de natuur naar voorbeelden, als niet bekend is hoe zo'n onderzoek het best kan beginnen.
Bij het TNO kwam men uit op een vallende kokosnoot. Een kokosnoot die uit een boom valt van 20 of 30 meter, overleeft deze val meestal. Zijn snelheid vlak voor hij de grond treft, ligt dan tussen de 20 en 24,5 m/s.
Het TNO is nagegaan hoe de natuur een kokosnoot uitrust en er zijn met kokosnoten uit diverse landen valproeven gedaan.
Een kokosnoot bestaat uit een stevige binnenbast met een kokoslaag daarbinnen en vloeistof. Daaromheen zit een vezelmateriaal. (Bij kokosnoten die in Nederland te koop zijn zit dit vezelmateriaal er meestal niet meer omheen.)
Er is bij zo'n kokosnoot veel gelijkenis met een hoofd, waaromheen een helm zit. Alleen een helm heeft een buitenste schaal en een kokosnoot niet.



Een kokosnoot heeft veel overeenkomsten met een gehelmd hoofd.

De kokosnoten en diverse helmen zijn onderzocht door er een zwaar gewicht op te laten vallen en de krachten onder de helm of onder de kokosnoot te meten. Dit zijn dus de krachten die op het hoofd werken.

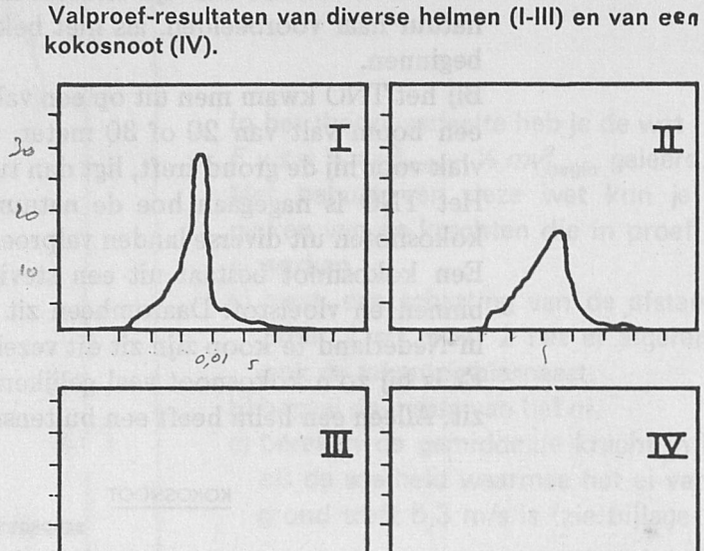


Het testapparaat voor helmen.

Wanneer de schokdemping goed is, wordt onder de helm een kleine kracht gemeten over langere tijd. Wanneer de schokdemping slecht is, wordt een grotere kracht gemeten gedurende kortere tijd.

De resultaten waren opzienbarend. Hieronder staan de resultaten van het onderzoek.

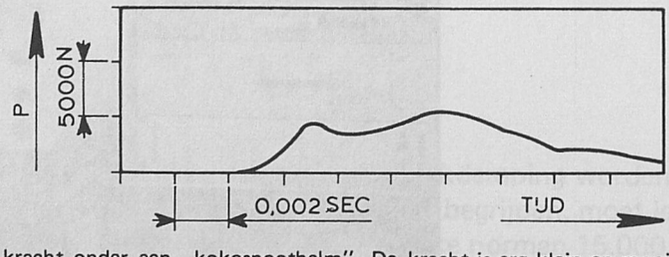
Valproef-resultaten van diverse helmen (I-III) en van een kokosnoot (IV).



Vertikaal betekent elk schaaldeel een kracht van 5000 N.
Horizontaal betekent elk schaaldeel een tijd van 0,002 sekonde.
Grafiek I betreft een oude helm. Grafiek IV betreft de kokosnoot. Grafiek II en III betreffen gewone helmen.

Helm I blijkt de schok slecht te dempen. Onder de helm wordt een kracht gemeten van 30.000 N. Ook helm II is niet goed. Helm III doet het prima. Ook de kokosnoot (grafiek IV) doet het prima. De maximumbelasting onder de kokosnoot is 10.000 N.

Op basis van deze kennis is het TNO bezig een helm te ontwerpen die ongeveer dezelfde eigenschappen heeft als de kokosnoot. Op de helm is een dikke laag van een bepaalde schuimsoort aangebracht.
De proefnemingen laten zich zeer gunstig zien. De helm is nog niet in de handel, omdat hij te duur is en men is er nog niet helemaal uit.
De grafiek hieronder laat zien hoe de kracht onder de „kokosnoothelm" er bij zo'n proefneming uitziet.
De resultaten zijn uitstekend. Het is dus zaak hiermee door te gaan.



De kracht onder een „kokosnoothelm". De kracht is erg klein en mooi uitgesmeerd.

Slotdiskussie.

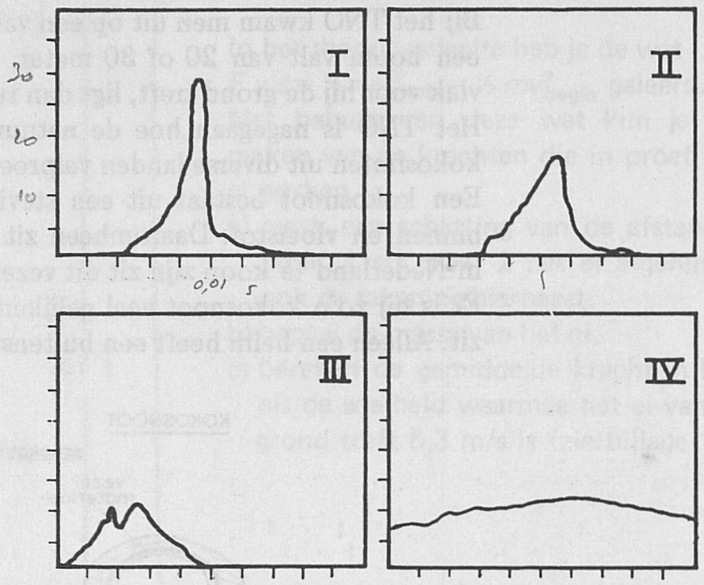
Bromfietshelmen zijn sinds een paar jaar verplicht. Sindsdien is het aantal dodelijke ongevallen met ongeveer 40% afgenomen. Ook ernstige hoofdletsels komen minder vaak voor.
Het blijkt uit diverse onderzoeken wel dat de leeftijdsgroep van 16–20 jaar (!) 40% van de ongevallen voor zijn of haar rekening neemt en dat is erg veel. Lees ook de inleiding van dit boek hierover.
Vinden jullie het juist dat de helm wettelijk verplicht is! Of vinden jullie dat het ieders eigen verantwoordelijkheid is? Lees daarvoor ook leestekst 4 en 7.
Bespreek verder hoe jullie letsels zouden kunnen voorkomen, nu je het bovenstaande weet.
Breng van de resultaten van het gesprek verslag uit aan de rest van de klas.
Bespreek met de klas de verschillende veiligheidsmaatregelen.

Een helm beschermt, maar neem geen extra risico's!

Wanneer de schokdemping goed is, wordt onder de helm een kleine kracht gemeten over langere tijd. Wanneer de schokdemping slecht is, wordt een grotere kracht gemeten gedurende kortere tijd.

De resultaten waren opzienbarend. Hieronder staan de resultaten van het onderzoek.

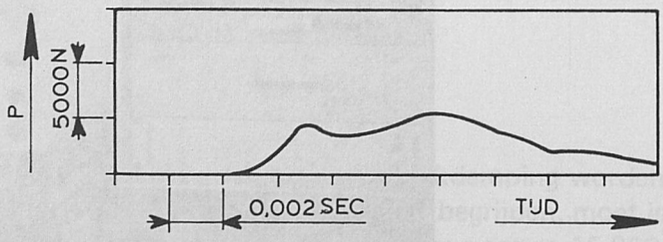
Valproef-resultaten van diverse helmen (I-III) en van een kokosnoot (IV).



Vertikaal betekent elk schaaldeel een kracht van 5000 N.
Horizontaal betekent elk schaaldeel een tijd van 0,002 sekonde.
Grafiek I betreft een oude helm. Grafiek IV betreft de kokosnoot. Grafiek II en III betreffen gewone helmen.

Helm I blijkt de schok slecht te dempen. Onder de helm wordt een kracht gemeten van 30.000 N. Ook helm II is niet goed. Helm III doet het prima. Ook de kokosnoot (grafiek IV) doet het prima. De maximumbelasting onder de kokosnoot is 10.000 N.

Op basis van deze kennis is het TNO bezig een helm te ontwerpen die ongeveer dezelfde eigenschappen heeft als de kokosnoot. Op de helm is een dikke laag van een bepaalde schuimsoort aangebracht.
De proefnemingen laten zich zeer gunstig zien. De helm is nog niet in de handel, omdat hij te duur is en men is er nog niet helemaal uit.
De grafiek hieronder laat zien hoe de kracht onder de „kokosnoothelm" er bij zo'n proefneming uitziet.
De resultaten zijn uitstekend. Het is dus zaak hiermee door te gaan.



De kracht onder een „kokosnoothelm". De kracht is erg klein en mooi uitgesmeerd.

Slotdiskussie.

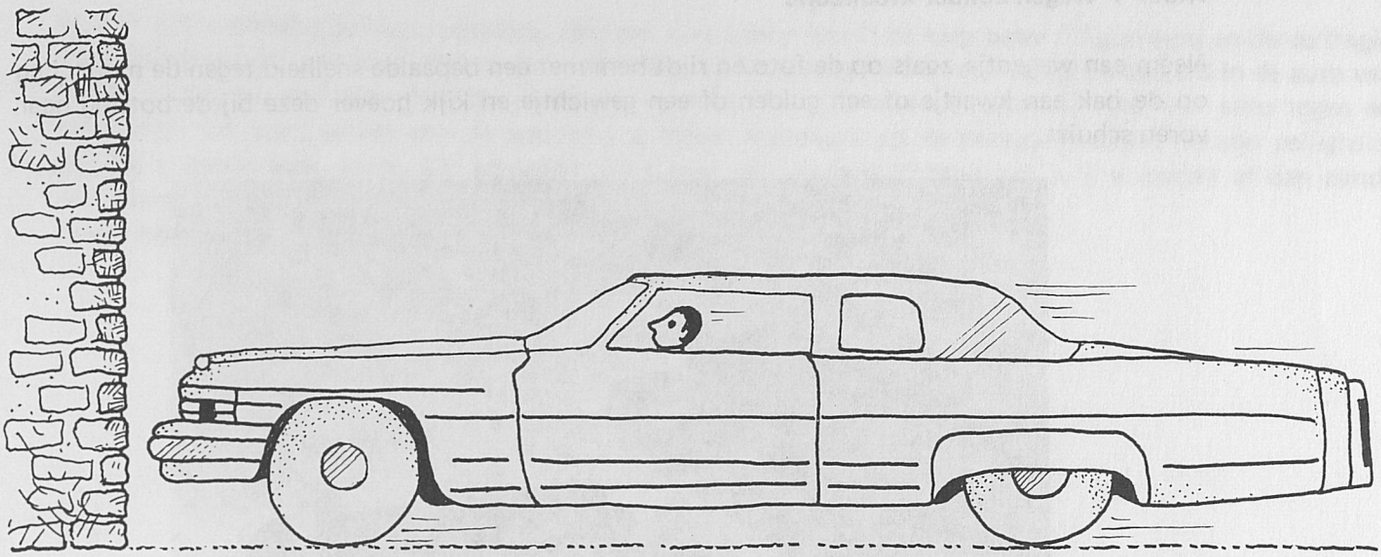
Bromfietshelmen zijn sinds een paar jaar verplicht. Sindsdien is het aantal dodelijke ongevallen met ongeveer 40% afgenomen. Ook ernstige hoofdletsels komen minder vaak voor.
Het blijkt uit diverse onderzoeken wel dat de leeftijdsgroep van 16–20 jaar (!) 40% van de ongevallen voor zijn of haar rekening neemt en dat is erg veel. Lees ook de inleiding van dit boek hierover.
Vinden jullie het juist dat de helm wettelijk verplicht is! Of vinden jullie dat het ieders eigen verantwoordelijkheid is? Lees daarvoor ook leestekst 4 en 7.
Bespreek verder hoe jullie letsels zouden kunnen voorkomen, nu je het bovenstaande weet.
Breng van de resultaten van het gesprek verslag uit aan de rest van de klas.
Bespreek met de klas de verschillende veiligheidsmaatregelen.

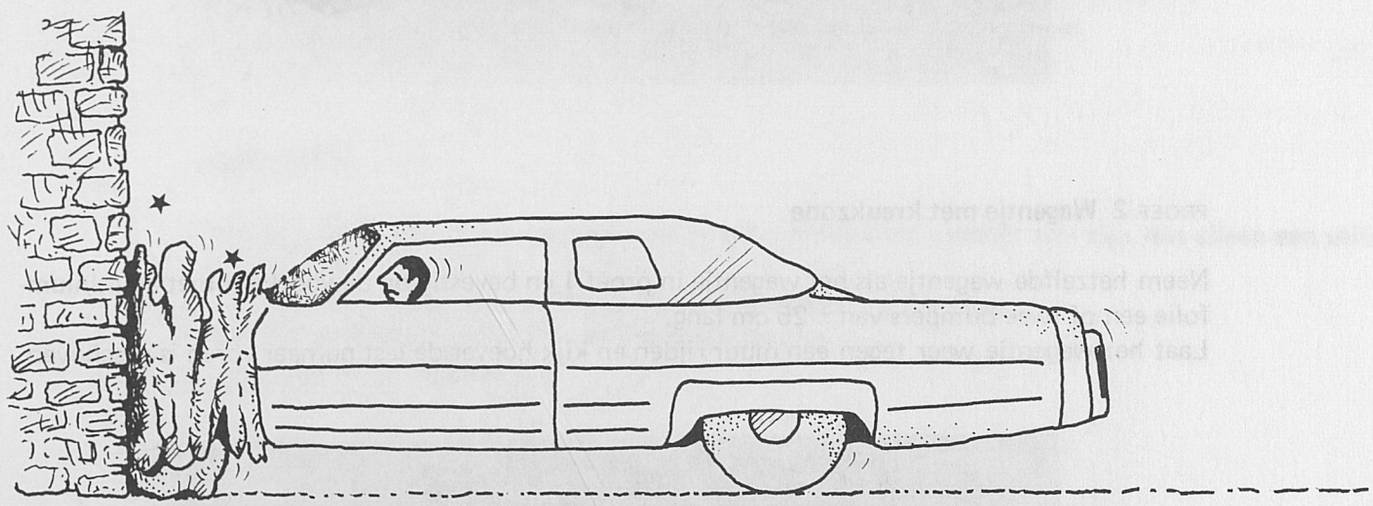
Een helm beschermt, maar neem geen extra risico's!

Onderzoek 4

kreukzone's en kooikonstrukties

Met de kreukzone en een kooikonstruktie wordt de inzittende van een auto nog beter beschermd, dan alleen met de veiligheidsgordel.





De bedoeling van een kreukzone is om bij een botsing de klap op te vangen en de kracht op de inzittenden te verminderen. Door de kreukzone is de vertraging van de passagier kleiner. Dit geldt voor voor- en achterkant van een auto. De kooikonstruktie hangt hiermee samen. De plaats waar de passagiers zitten, mag *niet* vervormen. De zone voor de kooi (de kreukzone) moet juist *wel* vervormen bij een botsing.

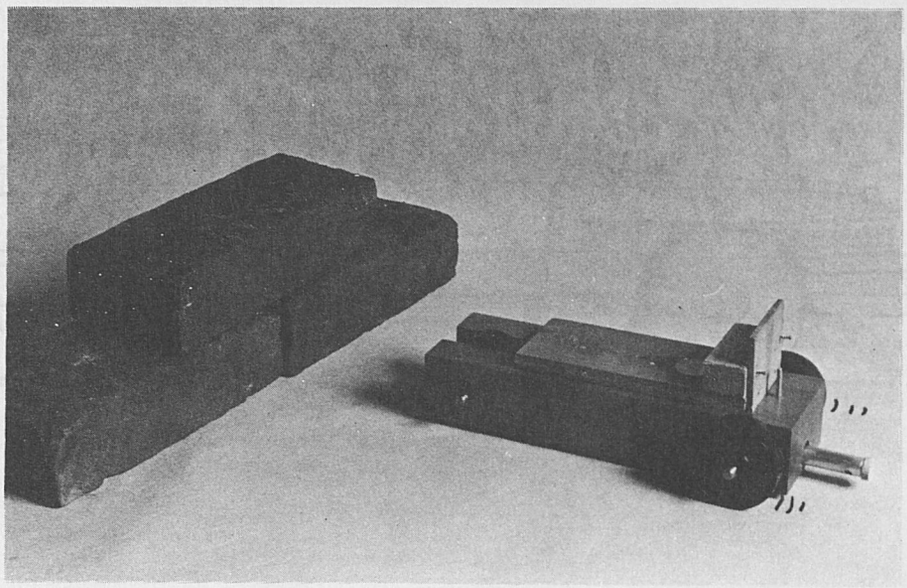
Door de kooikonstruktie houdt de passagier de ruimte om zich te bewegen en komt niet in de verdrukking. Een goede kooikonstruktie zorgt er ook voor dat de deuren van een auto niet vervormen bij een frontale botsing. De passagiers kunnen na een ongeluk dan makkelijk uit de auto gehaald worden, zonder dat er snijbranders aan te pas hoeven te komen. In geval de auto in het water terecht komt is dat helemaal belangrijk, omdat de passagiers door de deuren de auto moeten verlaten.

Bestudeer de tekst van dit onderzoek en voer de proeven uit.
Breng de rest van de klas verslag uit van je bevindingen. Zoek er kranteknipsels bij, bedenk zelf extra proeven en kijk in de leesteksten.
Vergeet de slotdiskussie niet.

Hieronder staan een paar proeven, waarmee het nut van een kreukzone kan worden aangetoond.

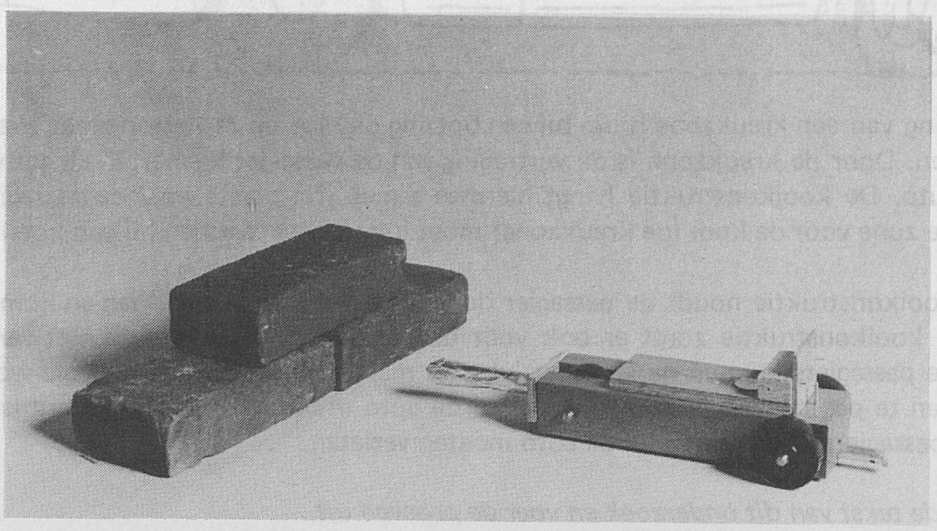
PROEF 1 Wagen zonder kreukzone

Neem een wagentje zoals op de foto en rijdt hem met een bepaalde snelheid tegen de muur. Leg op de bak een kwartje of een gulden of een gewichtje en kijk hoever deze bij de botsing naar voren schuift.



PROEF 2 Wagentje met kreukzone

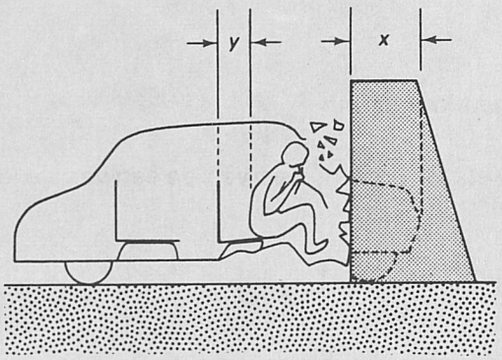
Neem hetzelfde wagentje als het wagentje in proef 1 en bevestig op de voorkant met aluminiumfolie een of twee bumpers van ± 25 cm lang.
Laat het wagentje weer tegen een muur rijden en kijk hoever de last nu naar voren is geschoven.



Opdracht 1

Verklaar het verschil tussen de resultaten van proef 1 en proef 2.

Bij een echte botsing gebeurt hetzelfde. Met een kreukzone wordt de klap beter uitgesmeerd en de vertraging voor de passagiers is kleiner. Het is dan wel nodig dat de passagiers met een veiligheidsgordel in de auto vastzitten, zodat ze profiteren van de verlengde remweg. In onderstaande tekening rijdt een auto tegen een betonblok. De auto wordt aan de voorkant x meter ingedrukt en de passagiers schiet (in zijn veiligheidsgordel) y meter naar voren. De passagier remt over een grotere afstand (nl. x + y meter) af dan zonder kreukzone.
In een normale botsingssituatie is x = 60 cm en y = 30 cm.



Door een kreukzone worden de krachten over een grotere afstand verdeeld.

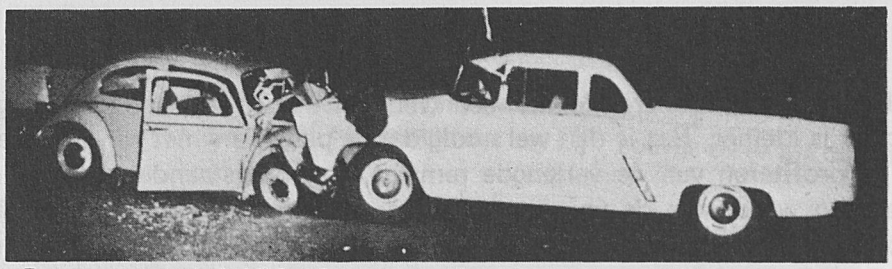
Opdracht 2

Bereken de kracht op de passagier als er geen kreukzone geweest zou zijn, dus alleen een veiligheidsgordel.
De massa van de passagier is 70 kg. De beginsnelheid is 72 km/uur.
Bereken de kracht ook als er wel een kreukzone is.
Hoe groot is het verschil?

Dit verschil is behoorlijk groot en helpt de passagier het ongeval te overleven.
Een kreukzone en een kooikonstruktie maken de auto in het algemeen wel iets zwaarder en duurder.
Een auto die te duur zou worden, zou niet meer gekocht worden. Dus in dat opzicht ligt er ook aan de veiligheid een grens.
Een zware auto verbruikt ook meer benzine dan een lichtere auto en dat is bij de huidige energieproblematiek ook een probleem.
Een probleem dat de mens direkt aangaat is het feit dat een zware auto voor andere deelnemers aan het verkeer gevaarlijker is dan een lichte auto. Passagiers *in* een zware auto zitten juist veiliger.

PROEF **3 Botsing tussen een zwaar en een licht karretje**

Laat een zwaar en een licht karretje op elkaar botsen. Voor welk karretje is de klap het grootst? Hoe komt dat? Doe de proeven ook met kwartjes als „passagiers" op de karretjes. Wat neem je waar?



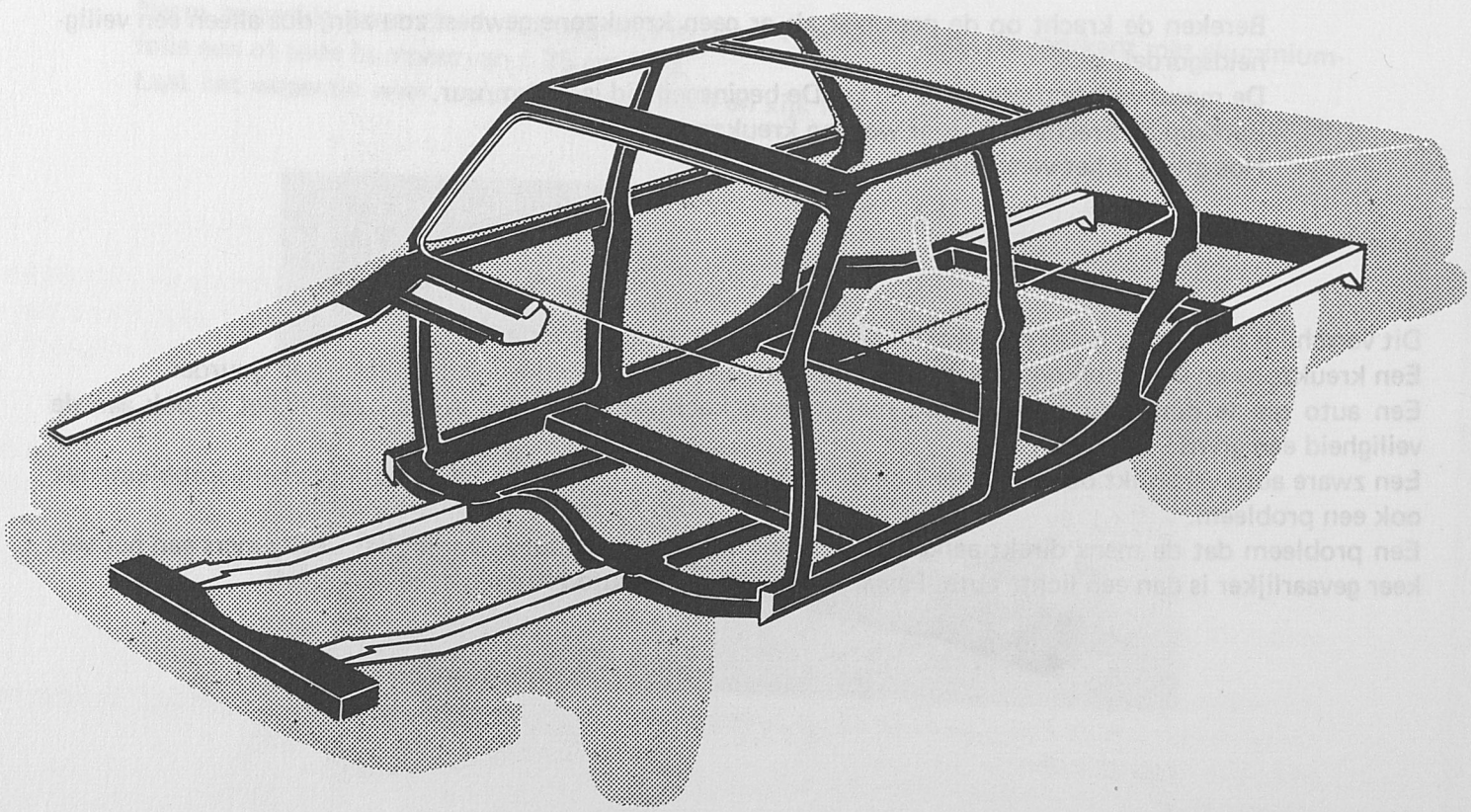
Een zware auto deelt bij botsingen grotere krachten uit dan een kleine auto en is dus voor andere deelnemers aan het verkeer gevaarlijker.

PROEF **4 Botsing met een kreukzone**

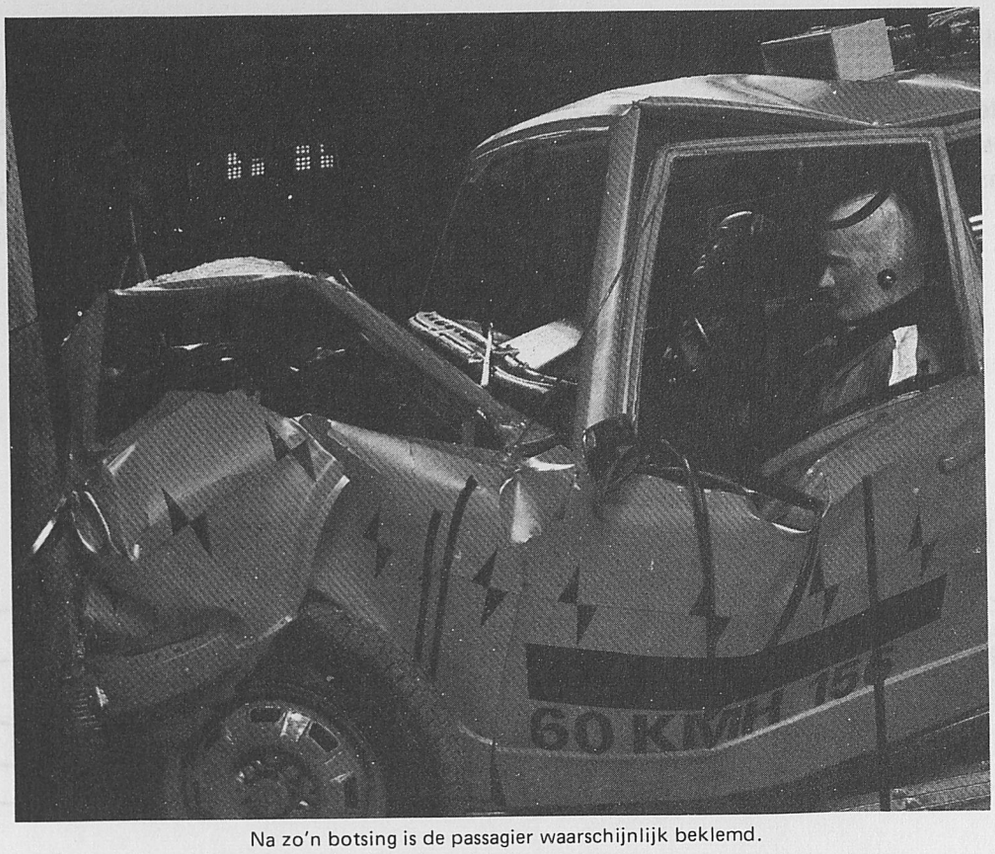
Laat twee karretjes op elkaar botsen, waarvan op een van de karretjes een kreukzone gemaakt is.

Kooikonstruktie.

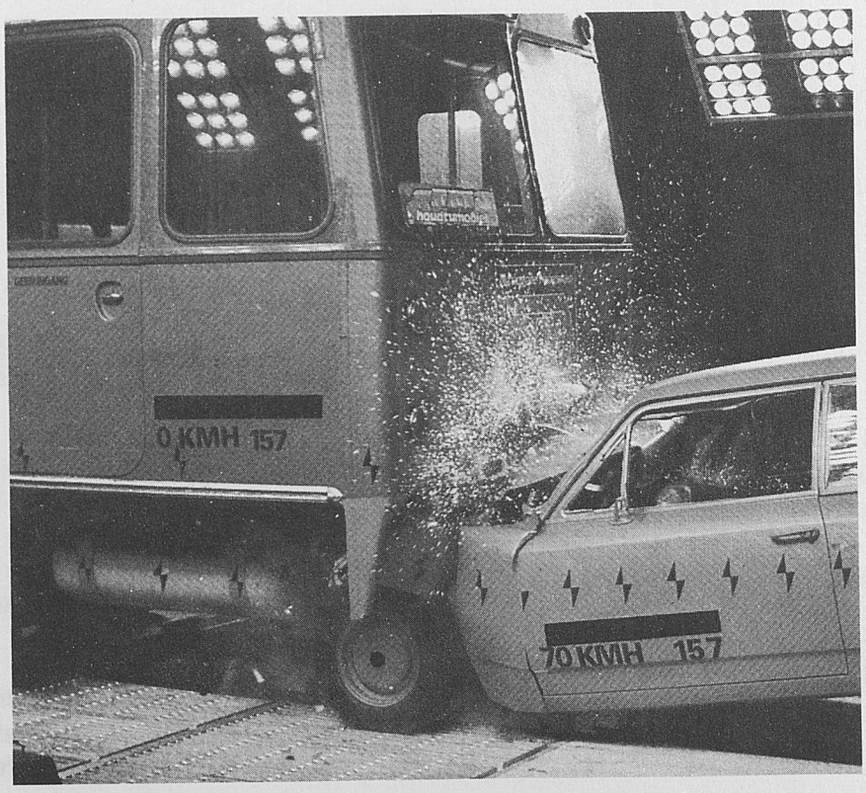
Een kooikonstruktie in een auto wordt gemaakt door de plaats waar de passagiers zitten star te maken met stalen buizen. Lang niet alle auto's bezitten zo'n kooi, omdat het de auto duurder en zwaarder maakt.



Hieronder zie je twee foto's van auto's die botsen.
Op de ene foto zie je duidelijk dat de kabine vervormd is. Waarschijnlijk had de auto geen kooikonstruktie.
Op de andere foto ziet het er beter uit.



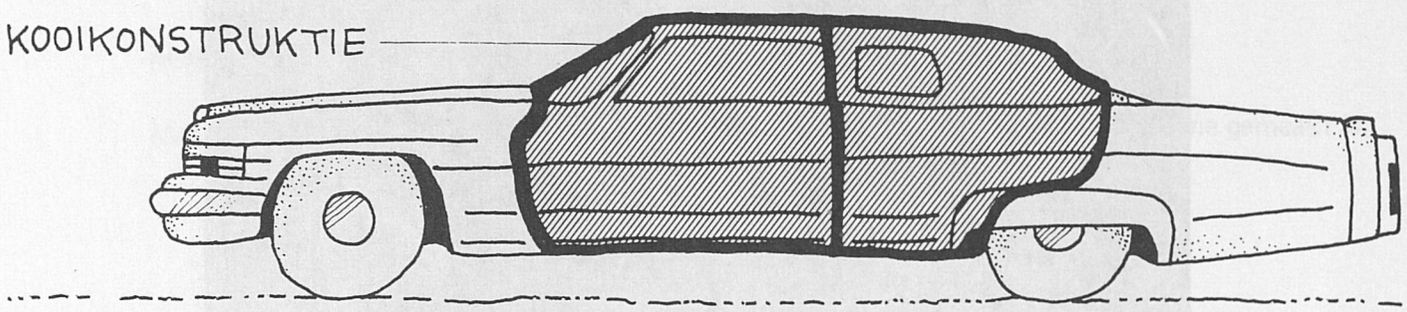
Na zo'n botsing is de passagier waarschijnlijk beklemd.



Na zo'n botsing kan de passagier waarschijnlijk gewoon uitstappen.

Slotdiskussie.

Bespreek met elkaar de voordelen en nadelen van een kooikonstruktie en een kreukzone.
Beide zijn nog niet wettelijk verplicht. Vind jij dat een regering dat van fabrikanten mag eisen?
Lees ook de inleiding en bedenk dat een kreukzone meehelpt het aantal dodelijke ongevallen te verminderen.
Breng van de resultaten van het gesprek verslag uit aan de rest van de klas.
Bespreek een van de laatste lessen met de klas de verschillende veiligheidsmaatregelen, die genoemd zijn.



inhoud bijlagen

De bedoelingen van de bijlagen die nu volgen lopen uiteen. In bijlage 1 staat meer over de kracht bij vallen. Bijlage 2 is voor wiskundig geïnteresseerden die willen weten hoe verschillende natuurkundige regels samenhangen.
In bijlage 3 en 4 worden verbanden gelegd tussen de natuurkundeleerstof van dit thema en die van het thema „Machines en Energie".

1. De valversnelling, het gewicht blz. 91
2. Wiskundige afleiding van de 2e bewegingswet blz. 94
3. Kracht, weg, arbeid, energie blz. 95
4. Kracht, tijd stoot, hoeveelheid beweging blz. 98

BIJLAGE 1

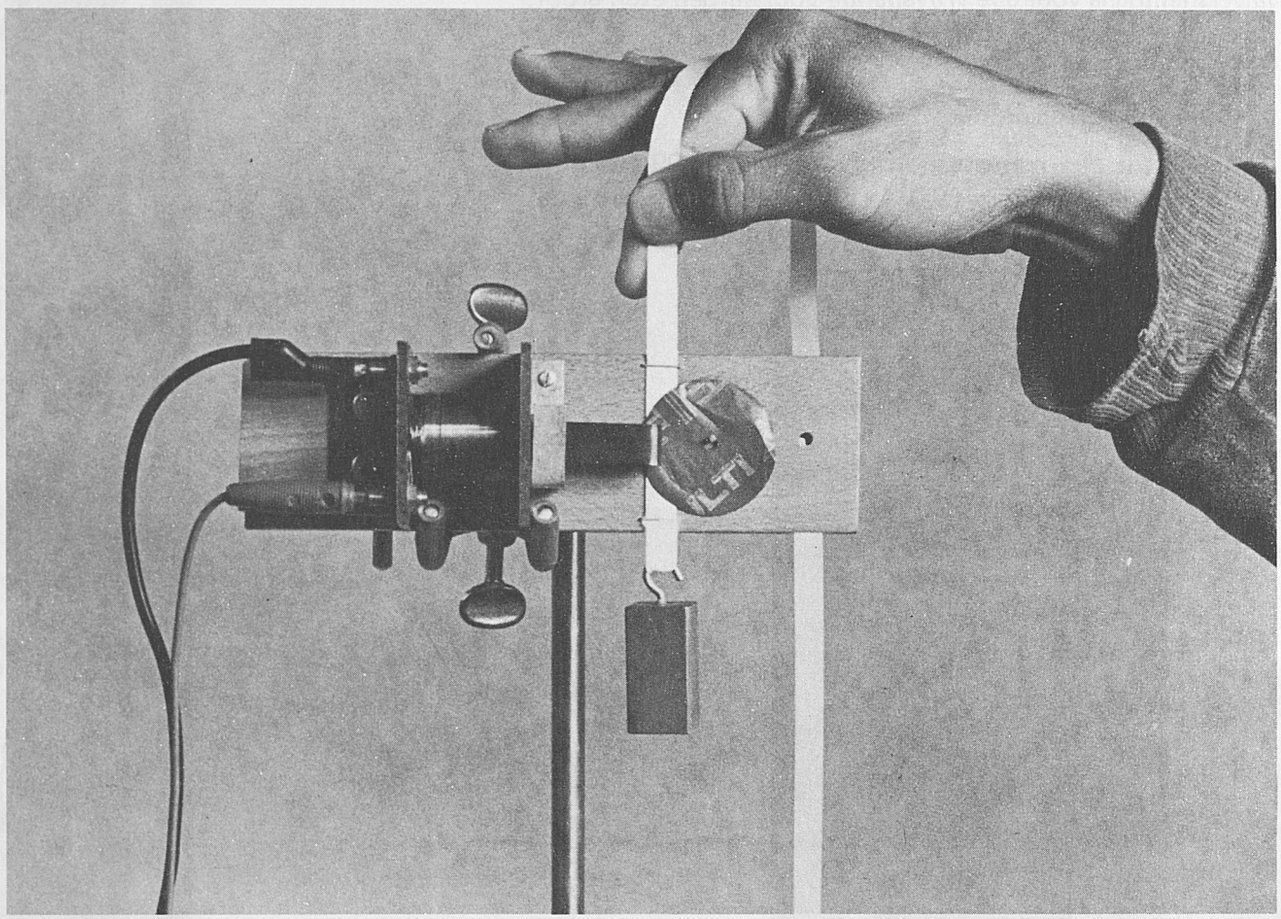
de valversnelling, het gewicht

Bij de theorie en de diverse opgaven, ook al in de 3e klas, gebruik je regelmatig de regel:

> een massa van 1 kg heeft een gewicht van 10 N.

In deze bijlage zullen we laten zien waar deze regel vandaan komt.

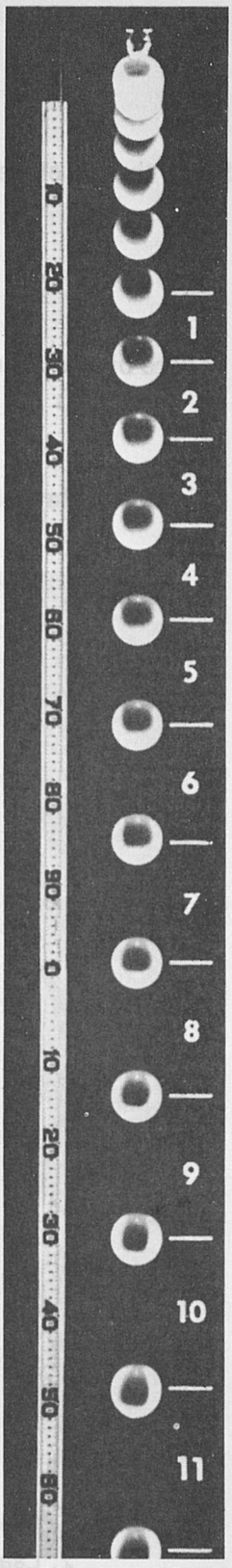
PROEF 1 Het vallende gewichtje



1. Bevestig aan een zwaar voorwerp een tijdtikkerstrook
2. Laat het gewicht vrij naar beneden vallen, terwijl de tijdtikkerstrook door een tijdtikker loopt
3. Bereken de versnelling die het gewicht ondervindt met behulp van

$$a = \frac{v_{eind} - v_{begin}}{t}$$

Opdracht 1



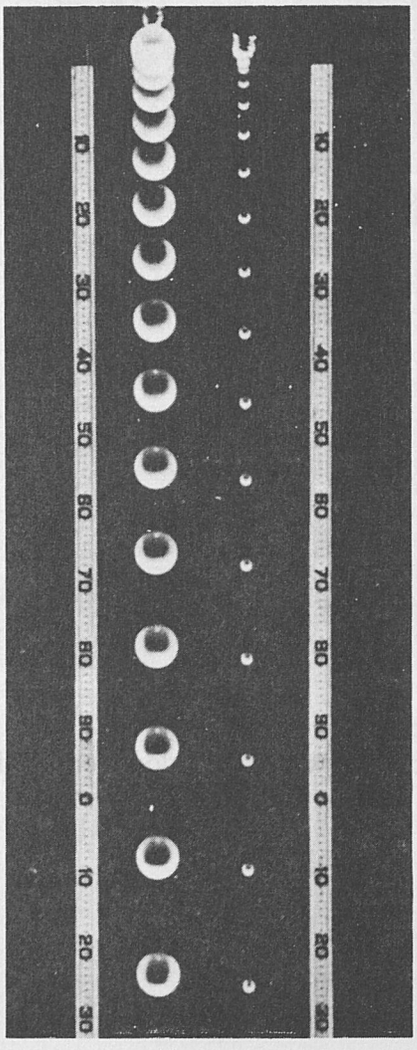
Hiernaast is een stroboscopische opname gemaakt van een kogel. De opnames zijn gemaakt om de 1/30ste seconde. De lineaal langs de valbeweging geeft de afstand aan in centimeters.

a. Bepaal de gemiddelde snelheid in traject 1 en in traject 11 (in m/s)
b. Bereken de versnelling die de kogel ondervindt tijdens zijn vrije val.

Met behulp van proef 1 en/of opdracht 1 of eventuele andere proeven, vind je dat de versnelling die een voorwerp ondervindt vlak bij de aarde gelijk is aan 9,8 m/s^2.* Dit getal wordt de versnelling genoemd.
De valversnelling is voor *alle vrijvallende* voorwerpen even groot.

PROEF 2 Laten vallen

Laat een massa van 1 kg en één van 100 gram op gelijke hoogte tegelijk los. Welke is het eerste op de grond? Welke heeft de grootste valversnelling?



Vrijvallende voorwerpen van verschillend gewicht vallen tegelijkertijd op de grond en vallen dus even snel. Bij deze voorwerpen heeft de luchtwrijving over deze kleine afstand geen invloed.

* Op de evenaar is deze versnelling iets kleiner nl. 9,75 m/s^2. Op de noordpool is het iets groter nl. 9,85 m/s^2. Op de maan is de versnelling 1,6 m/s^2.

PROEF 3 Vallen in het luchtledige

In een buis die luchtledig gepompt kan worden, zitten een veertje, een stukje lood en nog wat andere voorwerpen. Zuig de buis luchtledig en draai de buis dan snel om.
Welk voorwerp is het eerst op de bodem?

Voor alle voorwerpen geldt vlak bij de aarde een valversnelling van 9,8 m/s^2. In de praktijk wordt dit vaak afgerond tot 10 m/s^2. Hiervoor wordt het symbool g gebruikt*.
Er geldt:
$g = 9{,}8$ m/s^2 $\approx$ 10 m/s^2

De zwaartekracht die op het voorwerp werkt, is dan volgens de wet $F = m.a$ gelijk aan:

$F_{zw} = m \times g = m \times 9{,}8 \approx 10\,m$ newton

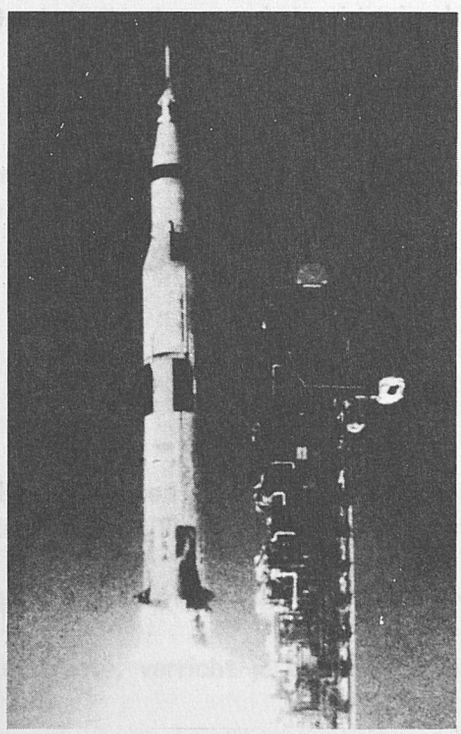
Als het voorwerp stil ligt, is het gewicht G van het voorwerp ook $m \times g = m \times 10$ N.
Dus:
$G = m \times g = m \times 10$ newton
en dat is de regel die je al vaak gebruikt hebt.

Vaak worden versnellingen of vertragingen bij botsingen uitgedrukt in g.

Opdracht 2

1. De vertraging die een persoon bij een botsing ondervindt is 200 m/s^2. Hoeveel g is dit?
2. Bij het opstijgen van een raket ondervindt de ruimtevaarder een versnelling van 3 — 5 g. Hoeveel m/s^2 is dat?
   Hoeveel km/h gaat zo'n raket twee seconden na het opstijgen?

Tijdens het opstijgen van de raket ondergaat de ruimtevaarder behoorlijk grote versnellingen.



* Dit komt van het woord gravitatie, dat zwaartekracht betekent.

BIJLAGE 2

wiskundige afleiding van de 2e bewegingswet

In deze bijlage zullen we, voor wiskundig geïnteresseerden, de tweede bewegingswet afleiden uit de eerste bewegingswet en de regel

$s = \frac{1}{2}(v_{eind} + v_{begin}).t$

de 1e bewegingswet luidt: $F.t = m(v_{eind} - v_{begin})$ (1)

verder geldt $s = \frac{1}{2}(v_{eind} + v_{begin}).t$ (2)

(1) en (2) gelden beide alleen voor bewegingen met constante versnelling (dus een constante kracht).

Voor de tweede bewegingswet moeten we weten hoe groot $F \times s$ is. s weten we uit (2)

F weten we uit (1) : $F = \frac{m(v_{eind} - v_{begin})}{t}$ (3)

uit (2) en (3): $F \times s = \frac{m(v_{eind} - v_{begin})}{t} \times \frac{1}{2}(v_{eind} + v_{begin})t$ (4)

de tijd t valt daarin weg.
vanwege $(a - b)(a + b) = a^2 - b^2$ geldt:

$$(v_{eind} - v_{begin}) \times (v_{eind} + v_{begin}) = v_{eind}^2 - v_{begin}^2$$

dus kunnen we (4) nu schrijven als:

$$F \times s = \frac{1}{2} m(v_{eind}^2 - v_{begin}^2)$$

en dat is de tweede bewegingswet.

Omdat (1) en (2) alleen maar gelden voor constante versnellingen, geldt de daaruit afgeleide (3) ook alleen maar voor bewegingen met constante snelheden.

Je ziet hieruit hoe regels, die er heel verschillend uitzien, toch met elkaar kunnen samenhangen.

BIJLAGE 3

kracht, weg, arbeid, energie

Een fietser die ophoudt met trappen, verliest in enkele seconden zijn snelheid. Dat komt door de wrijvingskrachten van lucht, weg en wielen, die een fietser tegenwerken, een soort afremkracht.
In het geval dat er een wrijvingsloze situatie zou bestaan, zou de snelheid, die er eenmaal is, altijd behouden worden.

Op de fiets moet je steeds een kracht leveren om de wrijvingskrachten van lucht, banden, weg en wielen te weerstaan.
Je gaat harder rijden als jouw kracht groter is dan de tegenwerkende kracht en je gaat zachter rijden als jouw kracht kleiner is dan de tegenwerkende kracht. Je blijft even hard rijden als beide krachten even groot zijn.

Versnellen
Resulterende kracht naar rechts

Zelfde snelheid
Geen resulterende kracht

Vertragen
Resulterende kracht naar links

Dit fietsen, het steeds leveren van een kracht, kost arbeid, lichamelijk werk, waar je moe van wordt en waar je honger van krijgt. In de natuurkunde kennen we ook het begrip arbeid. Het betekent daar iets anders dan moe worden of honger krijgen.
In de natuurkunde noemen we *arbeid:*

arbeid is het produkt van kracht en weg = $F \times s$

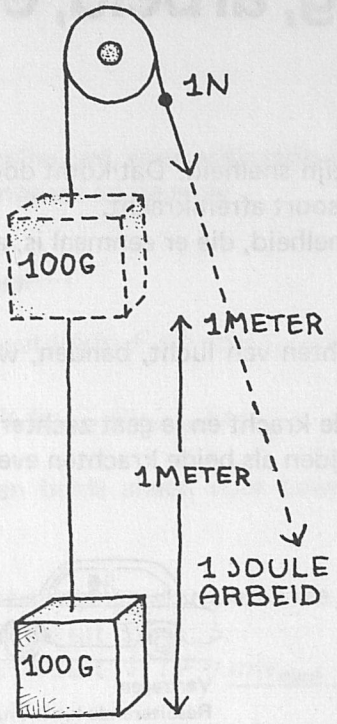
Een fietser die een kracht van 100 N uitoefent over een traject van 5000 meter, heeft een arbeid geleverd van:

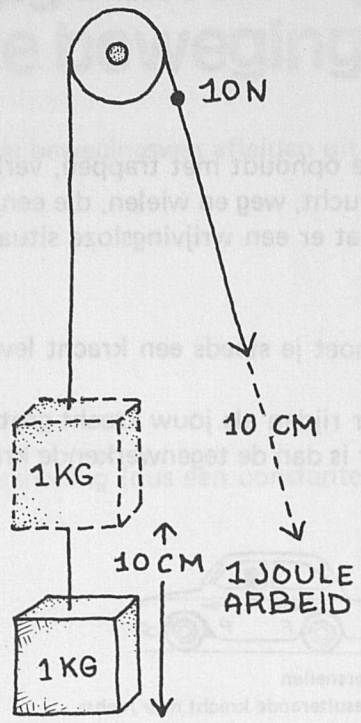
arbeid = kracht x weg
= $F \times s$
= 100 N x 5000 meter
= 500.000 newton-meter
= 500.000 joule

Een ander voorbeeld: een auto remt met een kracht van 5000 N over een traject van 150 meter. De auto moet dus over die 150 meter steeds de remkracht van 5000 N weerstaan.
De auto levert dus een arbeid van

arbeid = $F \times s$
= 5000 x 150 m
= 750.000 newton-meter
= 750.000 joule

Dit lijkt een indrukwekkend getal. Toch is het leveren van 1 joule arbeid maar een klein beetje. Dit komt namelijk overeen met het omhoogtrekken van een gewicht van 1 newton (massa 100 gram) over 1 meter; of met het omhoogtrekken van een gewicht van 10 N (massa 1 kg) over 10 cm.
Als jij de trap oploopt van de begane grond in je huis naar de eerste verdieping (3 meter) en je weegt 600 N (massa 60 kg), dan lever je al 600 N x 3 m = 1800 joule arbeid.
Als je je tas (gewicht 40 N) van de grond op de bank zet (80 cm hoog), verricht je een arbeid van 40 N x 0,8 m = 32 joule.
Eén joule arbeid is dus niet zoveel.





Fietsen kost arbeid. Meestal lever je die arbeid zelf door te trappen. Op het moment dat jij ophoudt met trappen, rijdt de fiets toch nog een stukje door. De fiets verricht gedurende dit stukje arbeid, immers hij moet de wrijvingskrachten overwinnen.
In de natuurkunde zeg je dat de fiets (en de fietser natuurlijk) door hun snelheid arbeid kunnen verrichten en *dus* energie bezitten.
Een fietser die hard rijdt, bezit veel energie, want hij kan veel arbeid verrichten. Het duurt veel langer voordat een hard rijdende fiets stilstaat.

Dus: „iets" heeft energie als het arbeid kan verrichten

De energie die de fiets en fietser hebben, noemen we *bewegingsenergie* of *kinetische energie.*
Deze bewegingsenergie kan in een formule uitgedrukt worden en wel

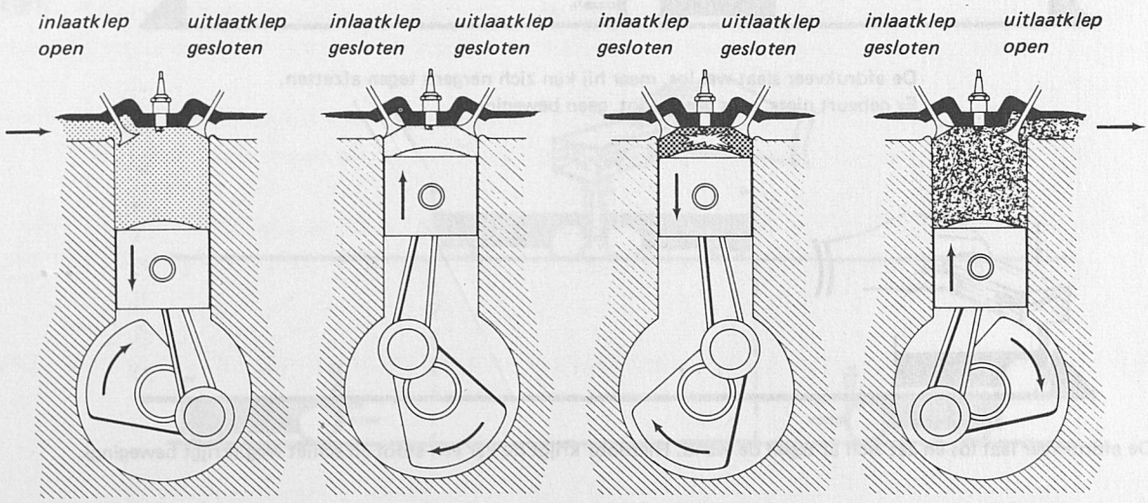
$$\text{de bewegingsenergie} = \tfrac{1}{2}mv^2$$

Een fietser (80 kg) die met een snelheid van 18 km/h (5 m/s) fietst bezit dus een energie van $\frac{1}{2}mv^2$ = ½. 80 kg. (5 m/s)^2 = 1000 joule.
De fietser kan dus 1000 joule arbeid verrichten.
Hij kan dus met een remkracht van 50 N 20 meter uitlopen of hij kan met een remkracht van 500 N 2 meter uitlopen. Als de fietser botst, is hij zijn energie in een heel korte tijd kwijt. De kracht is dan heel groot.
De wet die je in de vorige paragrafen geleerd hebt:

$$F \times s = \tfrac{1}{2}\, mv^2_{\text{eind}} - \tfrac{1}{2}\, mv^2_{\text{begin}}$$

kun je nu ook als volgt benoemen:
Doordat een voorwerp arbeid verricht ($F \times s$) vermindert zijn bewegingsenergie ($\frac{1}{2}\, mv^2$). De wet geeft aan hoeveel kinetische energie verloren gaat ($\frac{1}{2}\, mv^2_{\text{eind}} - \frac{1}{2}\, mv^2_{\text{begin}}$) als er arbeid wordt verricht. De wet geeft dus aan hoe arbeid en energieverandering samenhangen bij rijdende of bewegende voorwerpen.
Hierachter volgen nog een paar voorbeelden van arbeid en energie. In het thema „Machines en Energie" zal dit onderwerp uitgebreid ter sprake komen.

Ook hier levert de mens zelf de arbeid. Deze man is John Potter, die met deze zelfgebouwde vliegmachine 200 meter vloog.



Dit is het principe van een viertakt verbrandingsmotor die in een auto zit. De motor kan arbeid leveren èn de auto of bromfiets laten rijden, doordat de benzine verbrandt. De benzine bezit dus energie. Deze energiebron (olie) wordt uit de grond gehaald en raakt een keer op.

BIJLAGE 4

kracht, tijd, stoot, hoeveelheid beweging

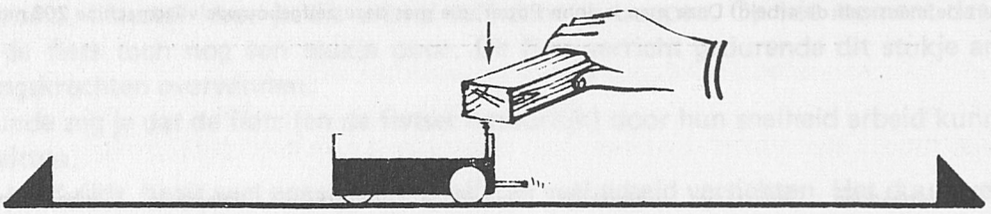
In diverse experimenten heb je gekontroleerd dat er een wet bestaat die luidt:

$F \times t = m\ (v_{eind} - v_{begin})$

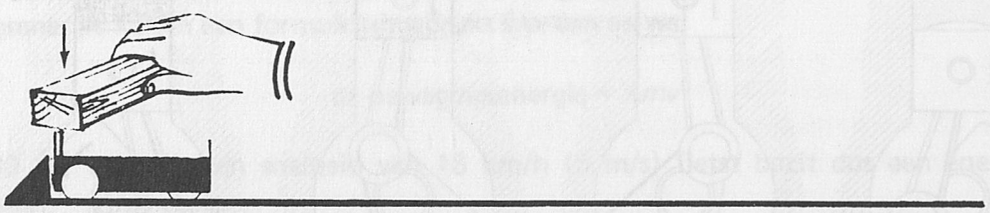
Dit is te schrijven als $F \times t = mv_{eind} - mv_{begin}$
Met deze wet is bijvoorbeeld uit te rekenen hoe groot krachten zijn of hoe lang botsingen duren.
In de natuurkunde hebben $F \times t$ en $m \times v$ een naam, namelijk

$F \times t$ wordt de *stoot* van een kracht genoemd
$m \times v$ wordt de *hoeveelheid beweging* genoemd.

Een *stoot* ontstaat als er een kracht gedurende kortere of langere tijd wordt uitgeoefend en de grootte van de stoot is $F \times t$.
Als een kracht van 500 N gedurende 10 seconden wordt uitgeoefend, is de stoot van die kracht:
de stoot van de kracht = $F \times t$
= 500 N x 10 s
= 5000 newtonseconde
Ditzelfde kan ook bereikt worden door een kracht van 5000 N 1 seconde te laten werken of een kracht van 50.000 N 0,1 seconde te laten werken.



De afdrukveer slaat wel los, maar hij kan zich nergens tegen afzetten.
Er gebeurt niets, er is geen stoot, geen beweging.

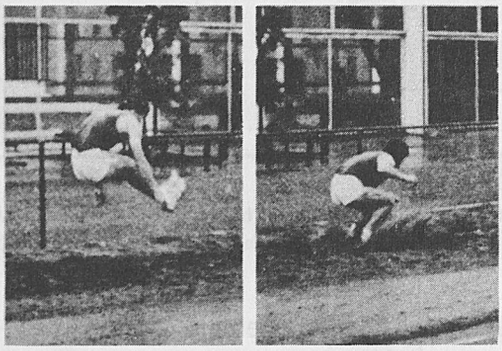


De afdrukveer laat los en zet zich af tegen de wand. Hierdoor krijgt de kar een stoot en schiet weg (krijgt beweging).

Door de stoot die het karretje krijgt, raakt het karretje in beweging. De *hoeveelheid* beweging die het karretje krijgt (die is gelijk aan *mv*) is gelijk aan de grootte van de stoot van de kracht. Stel dat de stoot $F \times t$ van de veer gelijk is aan 10 newtonseconde, dan is de hoeveelheid beweging *(mv)* die de wagen krijgt, ook gelijk aan 10 newtonseconde.

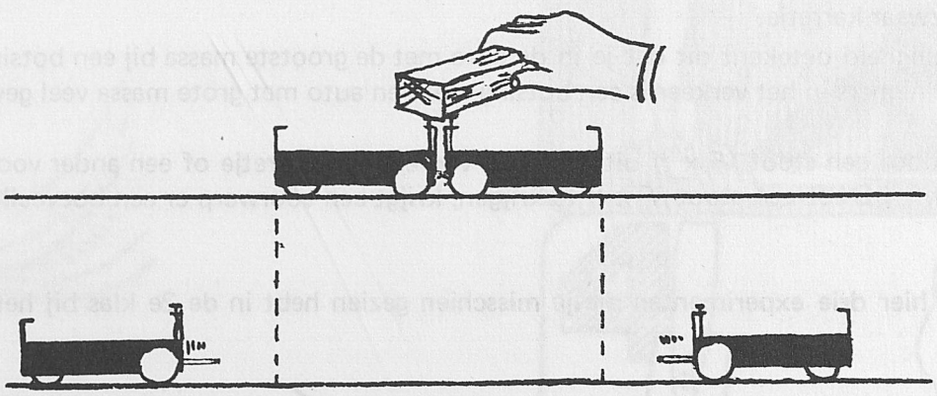
Dit principe van een stoot van een kracht en de hoeveelheid beweging gebruik je in het dagelijks leven erg veel.
Wanneer je van een muurtje springt zorg je ervoor dat de kracht waarmee je jezelf afremt zo klein mogelijk is. Dit doe je door je knieën te buigen op het moment van neerkomen.
Wanneer je je knieën niet zou buigen, zou de stoot heel kort duren en de kracht op je been zou heel groot zijn. Waarschijnlijk breek je je been.
In beide gevallen echter (gestrekte of gebogen knieën) is de stoot die je krijgt als je de val opvangt, even groot. Want in beide gevallen moet je dezelfde hoeveelheid beweging afremmen.

De stoot = kracht x tijd = $F \times t$ — met gebogen knieën: t groot → F klein
— met gestrekte knieën: t klein → F groot



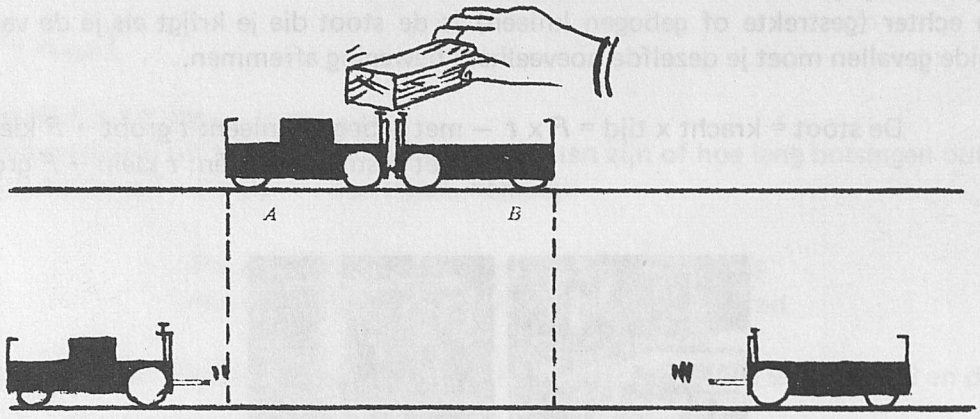
Met gebogen knieën neerkomen vermindert de klap.

Hieronder staat een experiment met twee karretjes getekend. Dit experiment kun je in de klas kontroleren. Twee karretjes die tegen elkaar staan hebben gelijke massa. Door de veer in te drukken springen ze van elkaar. De stoot van de veerkracht is voor beide karretjes gelijk, want ze zetten zich tegen elkaar af.
Beide karretjes krijgen dus een even grote hoeveelheid beweging en een even grote snelheid, omdat de massa's gelijk zijn.



Door de stoot krijgen beide karretjes een even grote hoeveelheid beweging *(mv)*.
Omdat de massa's even groot zijn is dus ook de snelheid even groot.

Twee karretjes met verschillende massa, die zich tegen elkaar afzetten, krijgen ook een even grote hoeveelheid beweging *(mv)*, want weer is de stoot van de veer voor beide even groot.
Nu echter zijn de snelheden verschillend, omdat de massa's verschillend zijn.



Door de stoot krijgen beide karretjes een even grote hoeveelheid beweging *(mv)*.
Omdat de massa van karretje A groter is dan de massa van karretje B, zal karretje B harder wegschieten.

In het onderste geval krijgt bijvoorbeeld kar A een snelheid van 1 m/s en kar B een snelheid van 1,5 m/s. De massa van kar A is 300 gram en die van B is 200 gram. De stoot is voor beide 0,3 newtonseconde en de hoeveelheid beweging na de stoot is ook 0,3 newtonseconde (kg m/s).
Je ziet dat geldt:

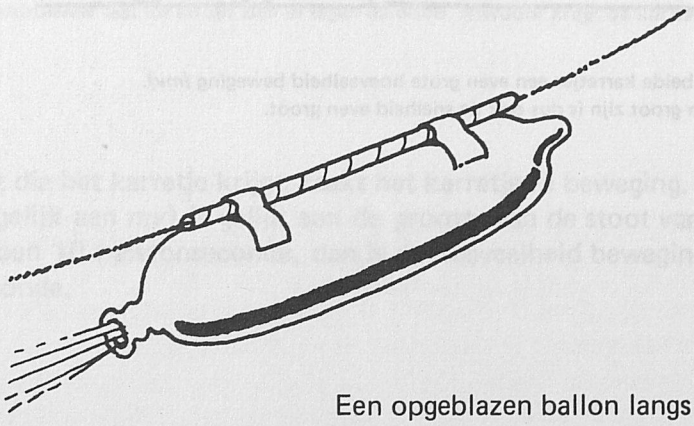
$F_B \times t = m_A . v_A$

$F_A \times t = m_B . v_B$

èn F_A en F_B zijn aan elkaar gelijk, omdat de wagentjes tegen elkaar afzetten. Wel hebben ze beide een andere richting.
Bij botsende karretjes geldt hetzelfde. Immers bij een botsing krijgen beide karretjes dezelfde stoot, omdat ze elkaar wegduwen of tegenhouden.
Het karretje met de *grootste* massa, ondervindt ook in dit geval de *kleinste* snelheidsverandering.
Laat maar eens een zwaar en dus traag karretje op een licht en dus weinig traag karretje botsen en een licht karretje op een zwaar karretje.
In de verkeersveiligheid betekent dit dat je in de auto met de grootste massa bij een botsing het veiligste zit. Voor andere deelnemers in het verkeer is een botsing met een auto met grote massa veel gevaarlijker.

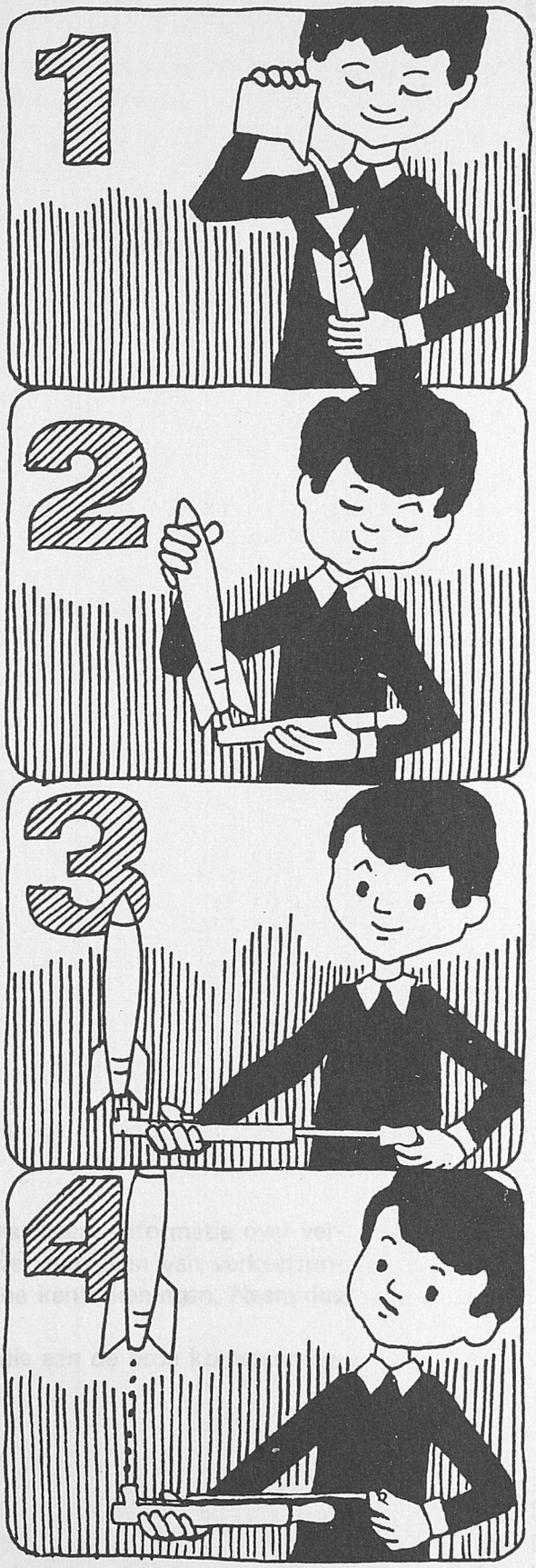
Samenvattend: door een stoot *(F x t)* uit te delen, verliest een karretje of een ander voorwerp een hoeveelheid beweging *(mv)*. Door een stoot *(F x t)* te krijgen, krijgt een voorwerp er een hoeveelheid beweging *(mv)* bij.

Tot slot volgen hier drie experimenten die je misschien gezien hebt in de 2e klas bij het thema „Leven in Lucht".



Een opgeblazen ballon langs een touwtje schiet langs het touwtje weg.

Een opgeblazen ballon die je loslaat, vliegt weg in rare bochten.



Een raket die je vol pompt met lucht, gaat een klein beetje de lucht in; als je hem half vol met water doet en daarna vol pompt, dan komt hij wel 10 meter hoog.

In alle gevallen stoot de samengeperste lucht naar buiten.

inhoud leesteksten

Voordat je gaat lezen

In deze leesteksten lopen zaken door elkaar heen: informatie over verkeersveiligheid vind je naast meningen over oorzaken van verkeersonveiligheid, mogelijke oplossingen en kritische kanttekeningen. Neem dus niet alles zonder meer voor ,,waar'' aan.
Ga na hoe jij denkt over de onderwerpen die aan de orde komen en bespreek wat je leest met je klasgenoten.

1. Veilig verkeer blz. 105
2. Wat moet je doen bij een verkeersongeluk? blz. 110
3. Waar moet je op letten bij het kopen van een bromfietshelm? blz. 111
4. Botsproeven voor de veiligheid blz. 113
5. Nogmaals botsproeven blz. 116
6. Autogordels vast en zeker blz. 118
7. Veilig brommen blz. 120

leesteksten

Leestekst 1

veilig verkeer

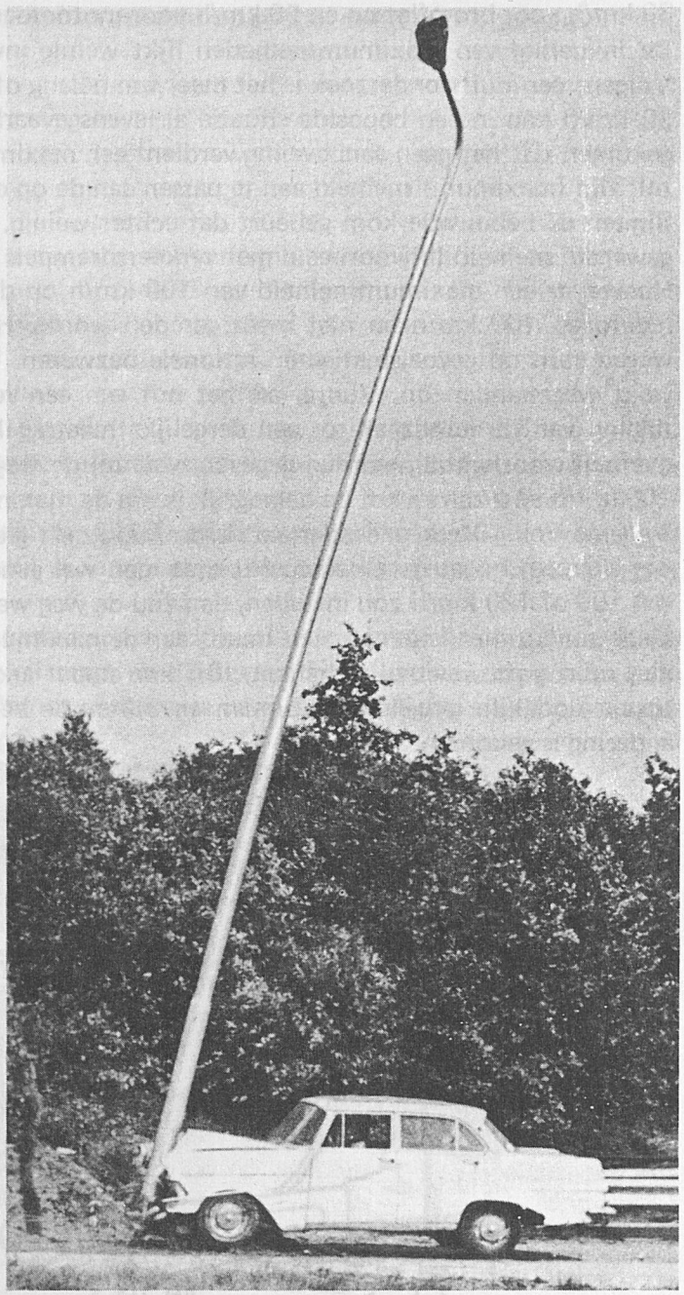
Op allerlei manieren wordt geprobeerd de verkeersveiligheid te vergroten en het aantal doden in het verkeer te laten afnemen. In deze leestekst worden wat mogelijkheden opgesomd.

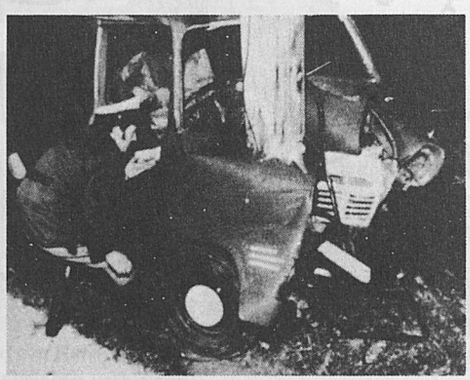
Veilige wegen

Het is moeilijk om aan te geven wat absoluut veilige wegen zijn. Toch kun je wel een aantal eigenschappen noemen, die een weg veiliger maken:

- een goed wegdek; niet glibberig en zonder onverwachte gaten of hobbels;
- een goede afwatering; water op de weg betekent slipgevaar;
- duidelijke markeringen op de wegen, bijvoorbeeld witte strepen langs de zijkanten, middenstrepen, waarschuwingsborden voor bochten, enz.;
- gescheiden rijbanen voor verschillende rijrichtingen of voor de verschillende verkeersdeelnemers;
- goede verlichting op de wegen;
- geen agressieve obstakels (betonnen palen, borden) langs de wegen;
- geen onverwachte situaties (bijvoorbeeld scherpe bochten in autosnelwegen).

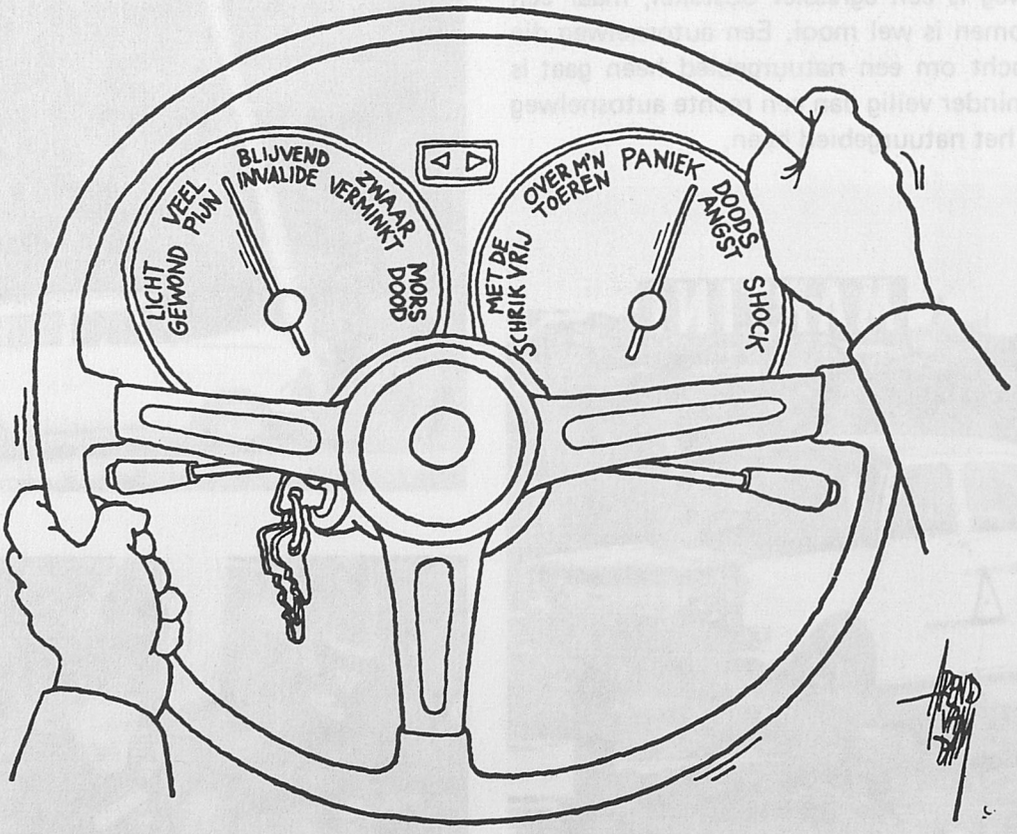
De belangen van de verkeersveiligheid kunnen strijdig zijn met andere belangen. Zo kost wegverlichting veel energie en energie is schaars. Een boom langs een weg is een agressief obstakel, maar een weg met bomen is wel mooi. Een autosnelweg die met een bocht om een natuurgebied heen gaat is misschien minder veilig dan een rechte autosnelweg dwars door het natuurgebied heen.





Veilige snelheden

In 1973 werden in ons land maximumsnelheden van kracht: 100 km/h op autosnelwegen en 80 km/h op andere wegen buiten de bebouwde kom. Al eerder waren er maximumsnelheden binnen de bebouwde kom: 30 km/h voor bromfietsen en 50 km/h voor motorvoertuigen.
De invoering van maximumsnelheden lijkt weinig invloed te hebben op het veiliger worden van de wegen. Volgens een duits onderzoek is het meer van belang of de snelheid is aangepast aan de omstandigheden. Zelfs 30 km/h kan in een bepaalde situatie al levensgevaarlijk zijn. In Duitsland is men daarom tot de konklusie gekomen dat het geen aanbeveling verdient een maximum snelheid verplicht te stellen. De automobilist dient zelf zijn (maximum) snelheid aan te passen aan de op dat moment heersende verkeerssituatie.
Binnen de bebouwde kom gebeurt dat echter weinig. Daar moeten de wegen vaak aangepast worden aan de gewenste snelheid (bijvoorbeeld met verkeersdrempels of door lange rechte stukken te vermijden).
Hoewel er een maximumsnelheid van 100 km/h op de autowegen is ingesteld, wil dat niet zeggen dat er ook inderdaad 100 km/h en niet meer gereden wordt. Het accepteren van een snelheidslimiet op de autosnelwegen stuit op gevoelsmatige en rationele bezwaren. Een starre toepassing van algemene snelheidsbeperking wekt weerstanden op. Vooral als het nut van een verkeersmaatregel niet ingezien wordt, zal ook de overtuiging van de noodzaak tot een dergelijke maatregel zich niet ontwikkelen. Daarom moet er ook door de overheid voorlichting worden gegeven, waarbij de weggebruikers wordt verteld wat de voordelen zijn van die 100 km/h en waarom het zo belangrijk is om de maximumsnelheid aan te houden.
Volgens Veilig Verkeer Nederland is de 100 km/h grens een psychologische barrière tegen het ontwikkelen van extreem hoge rijsnelheden. Nu rijdt men wel eens 110 of 120 km/h, maar als je een maximumsnelheid van 100 of 120 km/h zou instellen, dan zou de weg weer open liggen voor 140 of zelfs 150 km/h.
Mede omdat niet iedereen zich houdt aan de maximumsnelheid blijkt de invoering van de maximumsnelheid niet zo'n grote invloed te hebben. Dit kon onder andere worden afgeleid uit het feit dat in de verhouding tussen dodelijke ongelukken binnen en buiten de bebouwde kom de laatste tien jaar nauwelijks enige verandering is gekomen.



Veilige auto's

Om te voorkomen dat een auto extra onveilig wordt, moet hij goed worden onderhouden.
Periodieke autokeuringen kunnen leiden tot een beter onderhoud van een auto. Gevaarlijke auto's worden afgekeurd en buiten het verkeer gesteld. Een auto wordt gekontroleerd op allerlei punten, bijvoorbeeld:
- gladheid van de banden;
- versleten of verroeste onderdelen;
- afwijkingen in de snelheidsmeter;
- topsnelheid;
- geluidsnivo in de wagen;
- brandstofverbruik;
- snelheidsbereik in verschillende versnellingen;
- stuuruitslag en draaicirkel;
- gewichtsverdeling, invering en remweg vanaf 100 km/h;
- assen;
- carrosserie.

In Nederland wil men in 1982 de periodieke autokeuring verplicht stellen. In Zweden bestaat deze al sinds 1965 en men heeft al aanzienlijke resultaten geboekt.
Sinds de invoering van de keuringsplicht is het aantal vijf jaar oude wagens met één of meer gebreken gedaald van 74% in 1965 tot 57% in 1973. Een beter onderhoud verlengt ook de levensduur van de auto; in Zweden ging een auto eerst maar 10 jaar mee, nu al 14 jaar.
Behalve aan het op peil houden van het bestaande wagenpark wordt ook gewerkt aan het ontwerpen van nieuwe, veiliger auto's. Stevige kooikonstrukties, kreukelzones, enz. zorgen ervoor dat de passagiers van zo'n veiligheidsauto een grotere kans hebben om een onverhoopte botsing te overleven. Veiligheidsauto's, zoals de Renault op de foto hieronder, worden nog nauwelijks gebruikt.

Een proefpop wordt in gereedheid gebracht voor een experiment waarin een Renault Veiligheidsauto een voetganger aanrijdt. Men wil nagaan of veranderingen in de vorm van de auto de kans op letsel bij aangereden voetgangers verkleinen.

Dit is in de eerste plaats te wijten aan het feit dat de veiligheidsauto zo'n 30–50% duurder uitkomt dan de gewone auto. De eisen waaraan een veiligheidsauto moet kunnen voldoen volgens het ESV-programma (ESV = Experimental Safety Vehicle) zijn de volgende:

a. het voertuig moet overlevingskansen hebben bij een frontale botsing tegen een blok beton bij een snelheid van 80 km/h;
b. idem bij een zijwaartse botsing met een ander voertuig bij een snelheid van 50 km/h of bij 30 km/h met een vastgezette paal;
c. idem bij een aanrijding van achteren door een ander voertuig van gelijke massa bij een naderingssnelheid van 80 km/h;
d. idem bij een koprol van het voertuig bij een aanvangssnelheid van 95 km/h;
e. het voertuig moet een frontale of botsing van achteren bij een snelheid van 15 km/h kunnen opvangen zonder dat er schade ontstaat.

Als aan al deze eisen wordt voldaan betekent dat, dat het carrosseriegewicht van een auto van 550 kg 110 kg toeneemt.
Om dezelfde prestatie te houden moet de motor groter worden met als gevolg dat transmissie, vering, besturingsorganen en remmen moeten worden verzwaard. De totale gewichtstoename bedraagt dan zo'n 150 kg. De wagen neemt meer ruimte in op de weg en wil men ook nog aan de milieueisen voldoen, dan zal de wagen ongeveer anderhalf maal zo duur moeten worden.
Verkeersveilig gezien is een veiligheidsauto bij een botsing met een gewone auto gevaarlijker voor de andere auto dan bij een botsing tussen twee gewone auto's. Bij een botsing tussen een veiligheidsauto en een lichte auto, zal de lichte auto de „grootste klap krijgen". De veiligheidsauto kan een uiterst agressief wapen worden en zo de lichte auto meer schade toebrengen dan bij een gewone botsing het geval zou zijn geweest. Aan het ESV-programma zou ook als veiligheidseis gesteld moeten worden dat de veiligheidsauto een groter afremming moet kunnen krijgen, afhankelijk van de massa.
Om aan de bovengenoemde eisen te voldoen wil men een langere en zwaardere kreukelzone in de auto bouwen. De bumper moet verder naar voren steken en van een rubberlaag voorzien zijn.

Veilige verkeersdeelnemers

Een groot aantal maatregelen is erop gericht de weggebruikers zo veilig mogelijk aan het verkeer te laten deelnemen.
Voor bromfietsers, motorrijders en automobilisten gelden minimumleeftijden. Laatstgenoemden moeten ook een rijbewijs halen voor ze van hun motor of auto gebruik mogen maken.
Men zou om het verkeer veiliger te maken zwaardere eisen kunnen stellen aan het rijbewijs. Zo kan iemand, die al jaren rijdt bijvoorbeeld weer opnieuw getest worden om te zien of hij zich aan de steeds vernieuwende verkeerssituaties heeft kunnen aanpassen. Men kan zwaardere eisen gaan stellen aan het theorie- en praktisch examen, die vergeleken met andere landen toch al behoorlijk zwaar zijn. In Nederland slaagt namelijk maar 27% de eerste maal, terwijl dit in Duitsland 90% is.
Sommige medicijnen, alcohol en de kombinatie daarvan, vergroten de reaktietijd en daardoor de afstand die nodig is om bijvoorbeeld de auto tot stilstand te brengen. De alcoholwetgeving („blaaspijpjes") is erop gericht mensen die wat alcohol op hebben van de weg te houden. Daarnaast probeert men dit te bereiken met voorlichtingscampagnes („glaasje op, laat je rijden"). Dergelijke acties worden ook opgezet voor andere aspekten van verkeersveiligheid („autogordels, vast en zeker", „valhelm, hoofdzaak", „goed achterlicht: allicht", etc.).
Het verkeersonderwijs op school maakt kinderen al vroeg wat vertrouwd met de verkeersregels.
Met wegkontroles probeert men het rijgedrag van de weggebruikers te verbeteren.
Aktuele informatie over verkeerssituaties (mist, gladheid en files) is ieder uur (soms ieder half uur) te beluisteren op de radio (Hilversum 3). Zo wordt voorkomen dat weggebruikers opeens in onverwachte situaties terecht komen.

Nieuwslezers voorkomen ongelukken op de weg

De waarschuwingen om voorzichtig te rijden of als het niet strikt noodzakelijk is, niet aan het verkeer deel te nemen, zijn door het publiek zeker niet in de wind geslagen, want met name in de eerste week van dit jaar is het aantal verkeersongelukken beperkt gebleven dank zij de voortreffelijke informatie over de toestand van de gladde wegen.

Leestekst 2

wat moet je doen bij een verkeersongeluk?

Bij verkeersongelukken waar niet direkt deskundige hulp (politie, arts, ambulance) aanwezig is, kun je soms al hulp bieden. In deze leestekst wordt beschreven wat je kunt doen als je zo'n ongeluk ziet gebeuren.

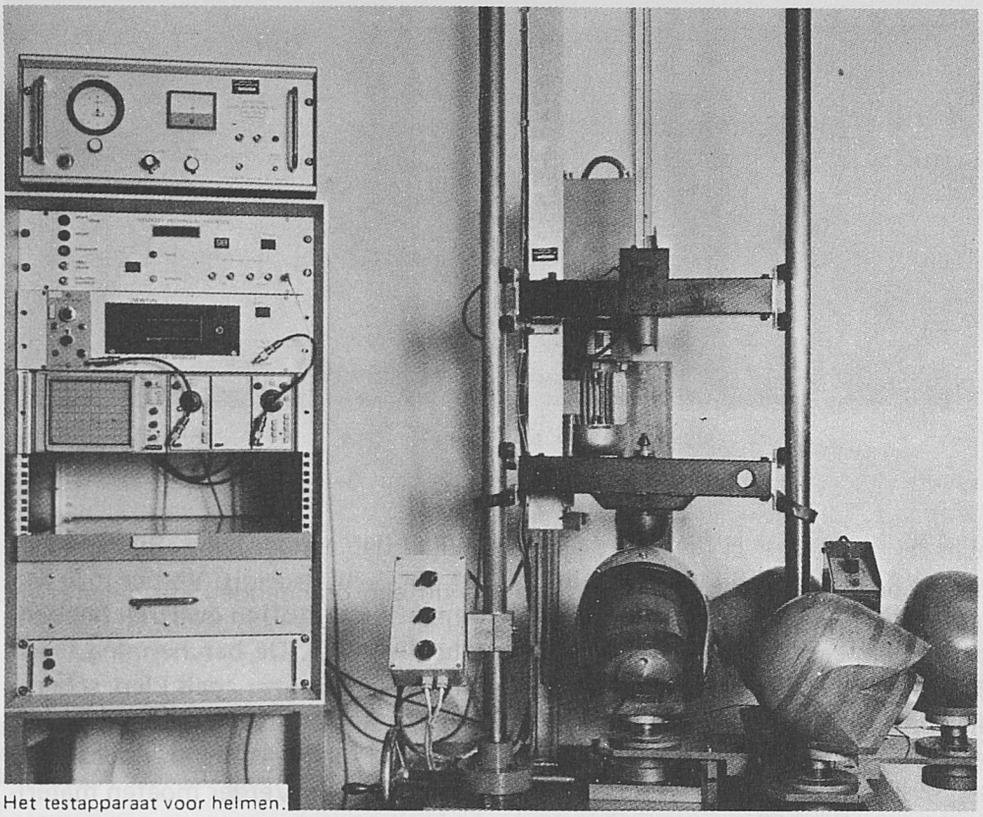
De maatregelen die je neemt dienen in de eerste plaats om te voorkomen dat het ongeluk zich uitbreidt. Alleen als je wat weet van EHBO kun je misschien het slachtoffer hulp bieden. Anders is het genoeg om het slachtoffer op de plaats van het ongeluk te laten liggen totdat er deskundige hulp is. Ga niet slepen met een slachtoffer, behalve als het strikt noodzakelijk is, bijvoorbeeld iemand uit een brandende auto halen. Ondeskundig transport kan het letsel van het slachtoffer aanzienlijk vergroten!
Je kunt voorkomen dat het ongeval zich uitbreidt door de volgende punten in acht te nemen:

1. Denk om je eigen veiligheid. De minst gewenste uitbreiding van het ongeluk is er zelf bij betrokken te raken. Wees verdacht op auto's die het ongeluk willen ontwijken;
2. Loop of rijd door als je ziet dat er al genoeg hulp wordt verleend. Ga niet alleen maar staan kijken; daarmee hinder je de hulpverlening en kunnen er nodeloze verkeersopstoppingen ontstaan;
3. Zorg dat jouw fiets, brommer of auto niet in de weg staat. Parkeer zo ver mogelijk van de plaats van het ongeluk. Auto's kunnen hun waarschuwingslichten ontsteken. Op vierbaanswegen moeten de vluchtstroken vrijblijven voor de ambulance en de politieauto's;
4. Markeer de plaats van het ongeval met gevaardriehoeken, takken, opvallende dozen of andere lichte voorwerpen. Zware voorwerpen scheppen weer nieuwe gevaren;
5. Attendeer het overige verkeer, bijvoorbeeld door zwaaiend de aandacht te trekken. Op enkelbaanswegen moet het verkeer uit beide richtingen worden gewaarschuwd. Op autosnelwegen moet je rekening houden met de grote remweg van naderende auto's. 's Nachts heb je reflektoren of lichten nodig om de aandacht te trekken;
6. Zorg dat de politie zo snel mogelijk wordt gealarmeerd. Geef in elk geval op:
   . de plaats van het ongeluk;
   . of er gewonden zijn en of er een arts of ambulance moet komen;
7. Vertel anderen, die niet weten wat ze moeten doen, of ze kunnen helpen en zo ja, waarmee. Het lukt je nooit het bovenstaande alleen voor elkaar te krijgen.

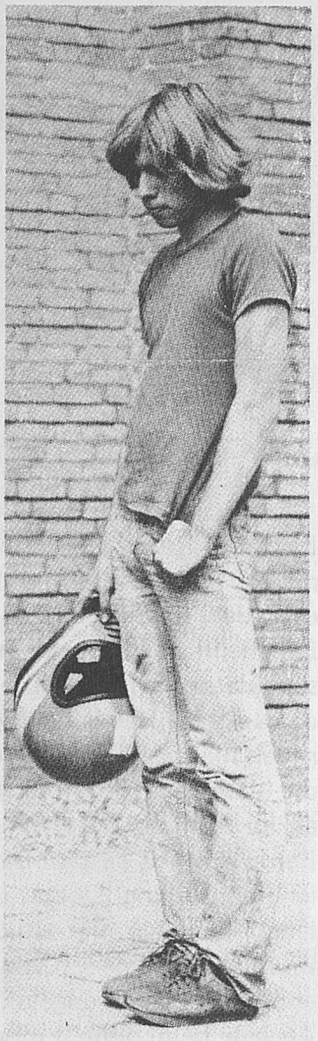
Elk jaar worden op een groot aantal plaatsen in ons land EHBO kursussen georganiseerd door plaatselijke EHBO-verenigingen. Op zo'n kursus leer je hoe je een slachtoffer eerste hulp kunt bieden in afwachting van de komst van een arts of ambulance.

Leestekst 3

het kopen van een bromfietshelm



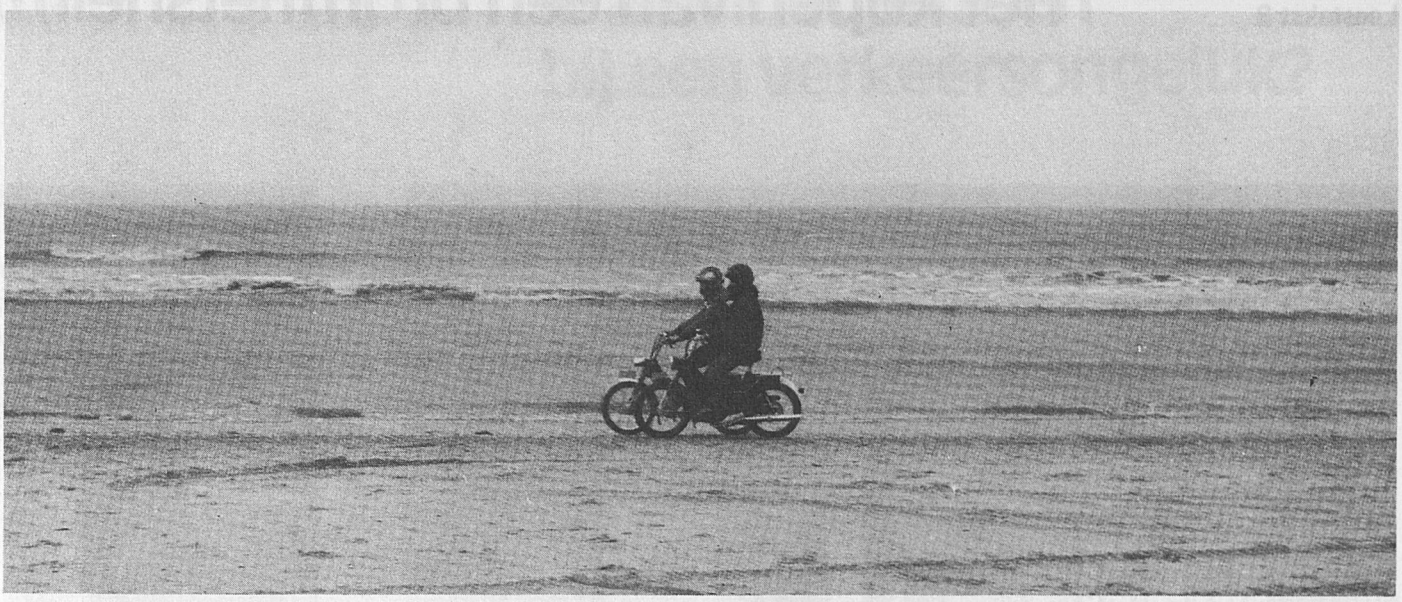
Het testapparaat voor helmen.



Bromfietshelmen zijn voorzien van een *goedkeuringsmerk* van TNO. Maar zo'n goedkeuringsmerk alleen is niet voldoende. De helm moet ook *goed passen.* Alleen dan is de bescherming goed en kun je hem makkelijker dragen. Let op de volgende punten:

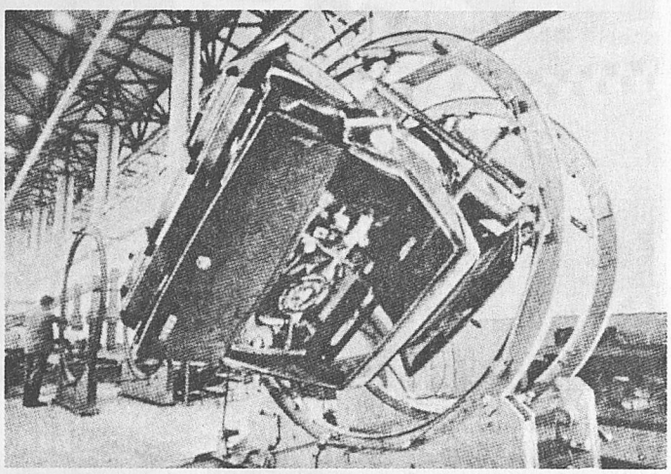
1. Het voorhoofd en de slaapstreek zijn de kwetsbaarste punten van de schedel. Een helm moet deze delen bedekken;
2. Meet de omtrek van je hoofd in cm ter hoogte van de wenkbrauwen en het „knobbeltje'' op het achterhoofd (het punt waar de schedel naar binnen wijkt). De maat die op de helm is aangegeven moet overeenkomen met het aantal cm dat je als omtrek hebt gemeten;
3. Let er op dat de helm rondom je hoofd goed aansluit zonder te knellen;
4. Draag de helm zo dat hij op je voorhoofd doorloopt tot iets boven de wenkbrauwen. Je mag de helmrand daarbij maar net zien;
5. De helm moet op je achterhoofd doorlopen tot aan het „knobbeltje''. De buitenkant, van de helmschaal mag je nek of je rug niet raken als je je hoofd achterover buigt;
6. Wanneer de kinband gesloten is moet de helm zo zitten, dat je hem niet of nauwelijks met de hand heen en weer kunt schuiven over de hoofdhuid.

Houd ook rekening met het *gewicht* van de helm. Een zware helm is op den duur onaangenaam en hoeft niet beter te beschermen.



Door het ruisen van de wind langs de helm hoor je met een helm op minder dan zonder helm. Bij een helm die tot over de oren reikt is het *geruis het minst* als de helm rondom het oor dicht aansluit. Verder mag een eventueel harde schaal in de buurt van je oren geen oneffenheden vertonen of een stoffen overtrek hebben. Een helm over het oor beschermt beter tegen kou en regen en tegen schaafwonden. De bescherming tegen schokletsel is niet altijd beter. Bescherming tegen weersinvloeden, kan ook met *accessoires* zoals klep, scherm of overtrek. Het is handig als daarvoor op de helm bevestigingspunten zitten. Accessoires mogen tijdens het rijden niet lastig zijn, bijvoorbeeld door losraken, belemmeren van het uitzicht of luchtweerstand. Accessoires die uitsteken moeten òf meegeven òf losraken wanneer ze ergens achter blijven haken. Verder moeten materiaal en vorm bij vervorming of bij losraken door een ongeval geen extra gevaar opleveren.
Een vlecht- of gesp-*sluiting* is lastiger dan een drukknopsluiting bij op- en afzetten. Een eenmalig in te stellen lengte-instelling is beter dan een lengte-instelling die tevens dient als sluiting. In het laatste geval is de juiste lengte namelijk niet altijd goed in te stellen. Ook een helm waarvan de schaal aan de voorkant van het hoofd ter hoogte van de kin voorlangs loopt is lastiger af te zetten. Dit geldt vooral als een ander dat moet doen, bijvoorbeeld na een ongeluk.
Als je je helm ophebt moet de *kinband* altijd gesloten zijn, met *zo min mogelijk speling.*
Met een zogenaamde „kin-cup" kan de kinband naar voren worden afgeschoven, waarmee de funktie van de band verloren gaat. Maar daar staat een voordeel tegenover: de helm kan met minder speling worden gedragen zonder veel hinder te veroorzaken. Je moet zo'n kin-cup altijd kunnen verwijderen zodat de kinband normaal onder langs de kin kan worden vastgemaakt. Kies dus zelf of je een kin-cup wilt of niet.
De andere verkeersdeelnemers zien je het best als je een helm hebt met een opvallende *kleur.*
Een helm die bij een ongeluk een klap heeft gehad, kan zijn schokbrekende werking kwijt zijn zonder dat je dat van buiten kunt zien. *Vervang* een helm dus *na* een *ongeluk.* Bekijk ook regelmatig de binnenkant van je helm: sommige stoffen die worden gebruikt bij de haarverzorging tasten het binnenwerk aan.

Botsproeven voor de veiligheid



Op de foto hierboven bevindt een wagen zich in een kantelwerktuig om vast te stellen of (en wanneer) er verlies van benzine optreedt.

Met een verschrikkelijke klap boort de gloednieuwe 132 – nog maar nauwelijks in de winkel te koop – zich in de grote 130. De neuzen van Fiats verkreukelen als waren het afgedankte koffiebekertjes (zie bovenste foto). In de auto's zitten poppen die door de klap naar voren schieten en de veiligheidsriemen zwaar op de proef stellen. Kostbare meetapparatuur registreert wat er allemaal gaande is en zeer snelle films leggen het gebeuren beeldje voor beeldje vast.

De grote autofabrikanten zijn de laatste jaren zeer actief waar het gaat om botsproeven. Aangespoord door steeds strenger wordende eisen op het gebied van de veiligheid sparen zij kosten noch moeite – laat staan auto's – om de nieuwe modellen zo veilig mogelijk te bouwen.

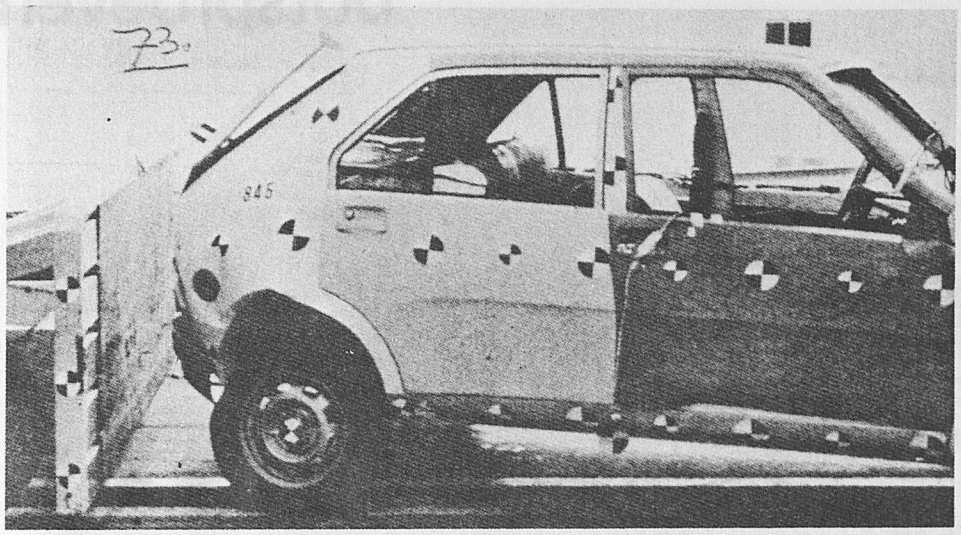
Zo heeft Fiat onlangs een geheel nieuw testcentrum geopend, waar allerlei soorten botsproeven kunnen worden genomen. Het centrum beslaat een oppervlakte van liefst elf hectaren waarop acht verschillende testbanen zijn samengebracht. Er kunnen botsingen van auto's tegen een betonnen muur worden uitgevoerd met snelheden tot 140 km/uur. Vrachtwagens tot 20 ton kunnen met 100 km/uur tegen deze muur worden gesmakt.

Verder kunnen er tests worden uitgevoerd waarbij auto's onder verschillende hoeken tegen elkaar kunnen botsen. Uiteraard met uiteenlopende snelheden, zodat zo goed als alle botsingen kunnen worden nagebootst. Als derde mogelijkheid telt dan de test waarbij de testauto over de kop slaat om de sterkte van de koets onder die omstandigheden te bestuderen en te zien wat er dan met de inzittenden gebeurt.

De botsproeven hebben de auto de

Fiat opent nieuw testcentrum

Renault imiteert echte botsingen

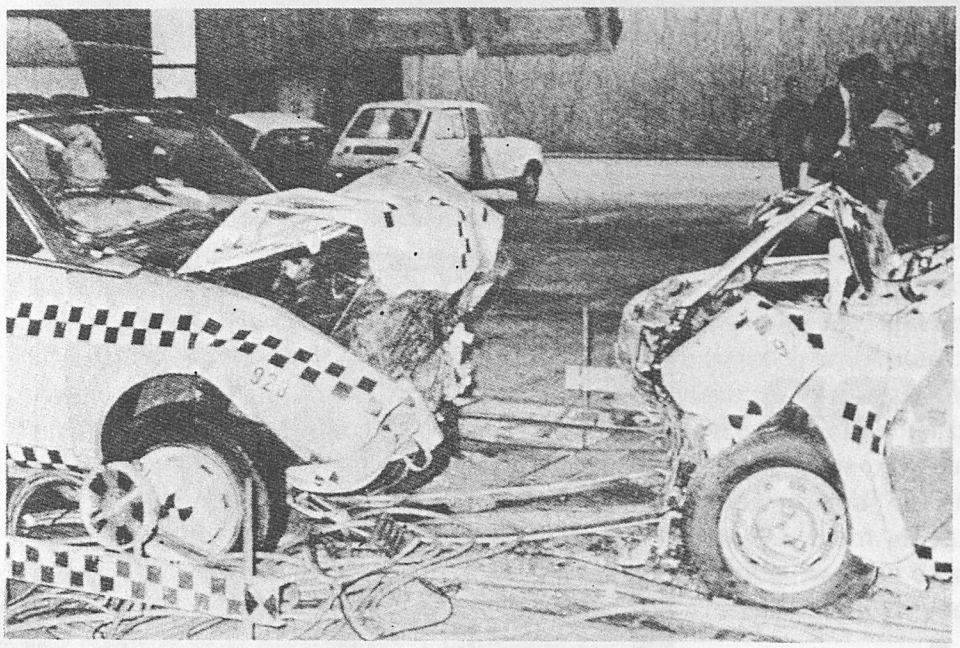


Een mobiel botswerktuig dreunt met 50 km/uur achter op een Renault 14. Zo wordt vastgesteld hoe de wagen een aanrijding van achteren doorstaat.

Overigens moet niet worden gedacht dat er bij die botsproeven maar klakkeloos auto's tegen elkaar worden gereden. Er wordt in de praktijk van alle dag eerst nauwkeurig onderzocht wat voor soort ongevallen het meest plaatsvindt.

Zo heeft Renault bij voorbeeld, in samenwerking met de politie en een groot ziekenhuis, een uitgebreid onderzoek ingesteld waarbij duizenden waar gebeurde ongelukken grondig zijn bestudeerd. Deze ongelukken worden dan later op de testbaan nagebootst met identieke auto's en onder volkomen vergelijkbare omstandigheden. Dit nabootsen gebeurt zo ongelooflijk goed, dat exact dezelfde schade aan de betrokken wagens ontstaat. Daaruit kan worden afgeleid dat ook de bewegingen van de inzittenden tijdens het testongeluk volledig overeenkomen met die van de betrokkenen tijdens het waar gebeurde ongeluk. Dit geeft de wetenschapsmensen dan weer de mogelijkheid experimenten achteraf uit te voeren. Zo kan bij voorbeeld worden bestudeerd hoe iemand ervan af was gekomen, wanneer een gordel was gedragen.

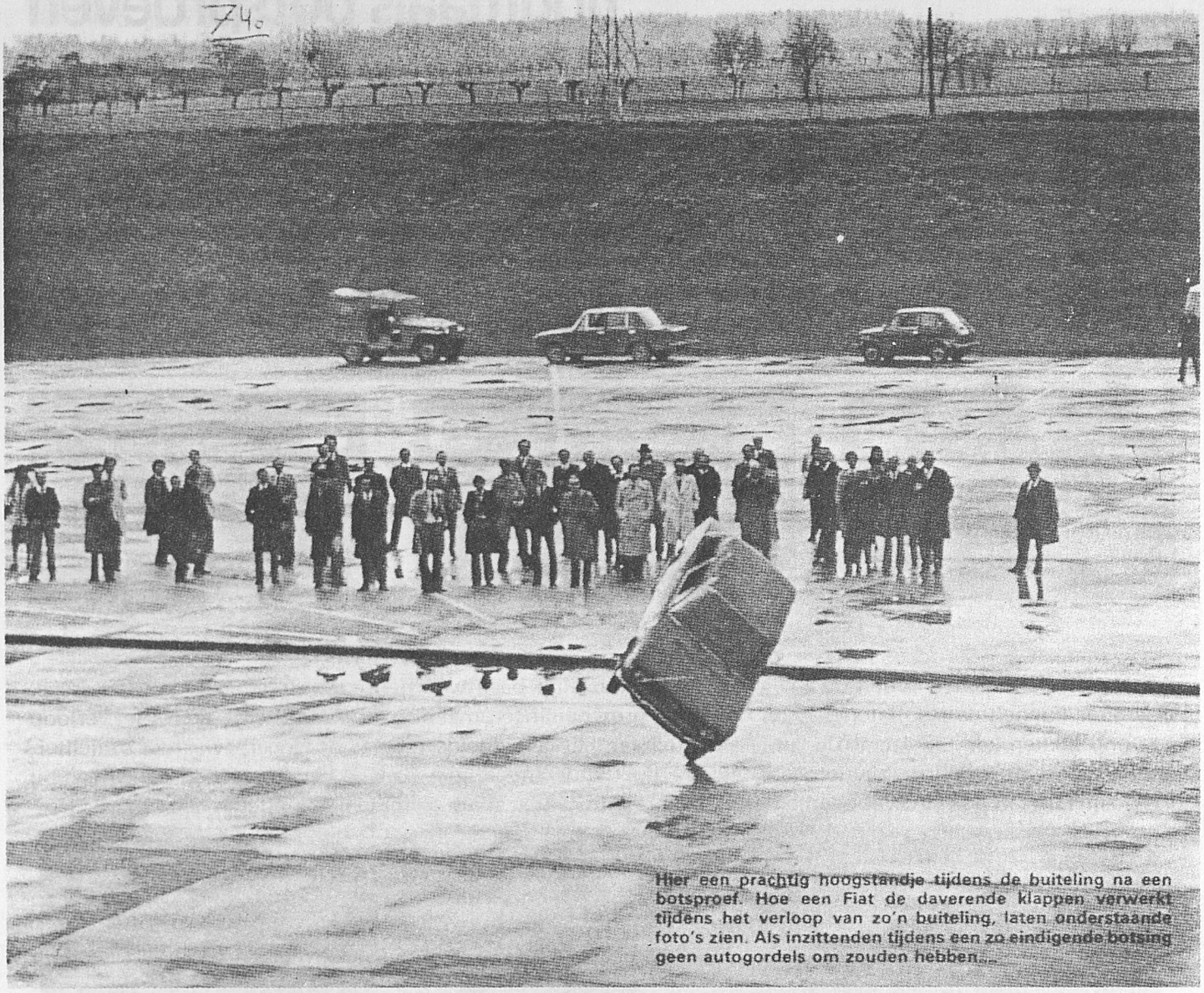
Op deze pagina's treft u foto's aan van proeven die Fiat en Renault uitvoerden in hun testcentra. Proeven die je maar eenmaal hoeft te zien om een fanatiek gordeldrager te worden. Want dat is het eerste dat iedere veiligheidskenner van welke belangrijke autofabriek dan ook zal zeggen: de gordel biedt voor een minimum aan geld een geweldige hoeveelheid veiligheid.



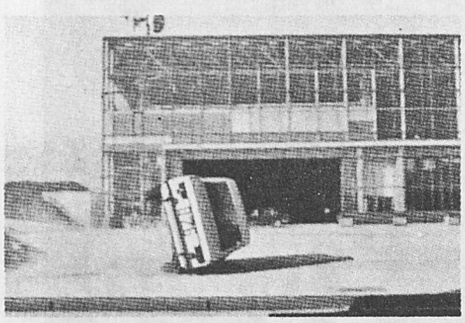
Hierboven het resultaat van een frontale botsproef tussen een Renault 12 en een Renault 14. In de kreukelzônes vóór het inzittendencompartiment is heel wat botsingenergie geabsorbeerd!

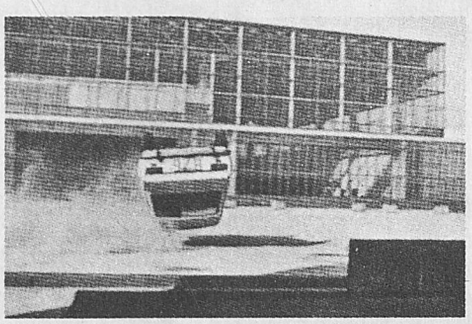
Rechts een parkeerterrein nabij het testcentrum van Renault; al deze auto's hebben al een botsbeurt gehad.

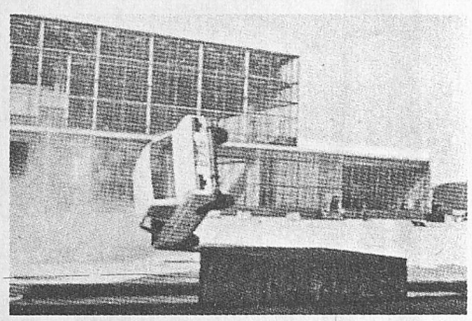
afgelopen jaren onderhuids nogal veranderd. De kooiconstructie – waarbij de passagiers door een sterke kooi worden omgeven en de voor- en achterkant van de wagen goed vervormbaar is – heeft algemeen zijn intrede gedaan. Voorts zijn de interieurs veiliger geworden en wordt uiteraard de veiligheidsriem nu algemeen toegepast. In vele gevallen wordt al standaard de driepuntsgordel met rolautomaat gemonteerd, die zoveel mogelijk vrijheid garandeert bij een goede beveiliging.

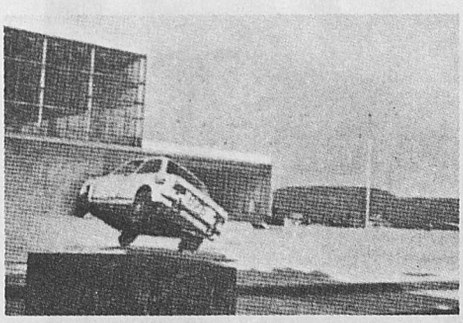


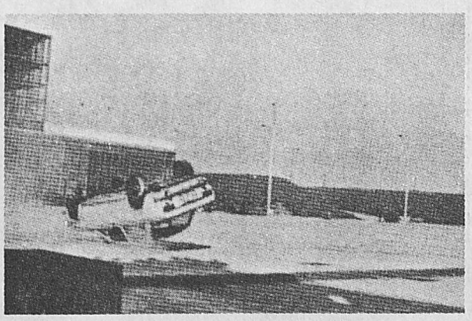
Hier een prachtig hoogstandje tijdens de buiteling na een botsproef. Hoe een Fiat de daverende klappen verwerkt tijdens het verloop van zo'n buiteling, laten onderstaande foto's zien. Als inzittenden tijdens een zo eindigende botsing geen autogordels om zouden hebben...

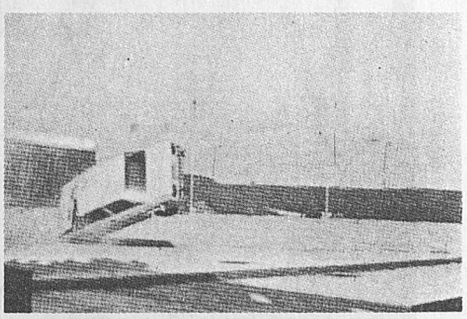








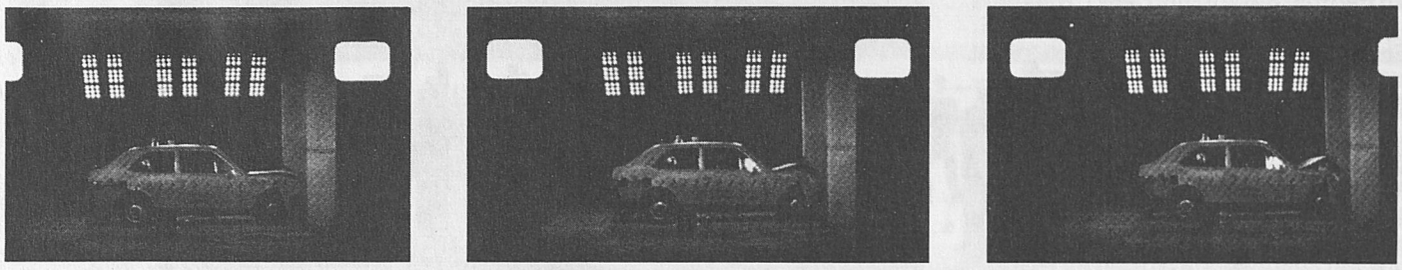




Leestekst 5

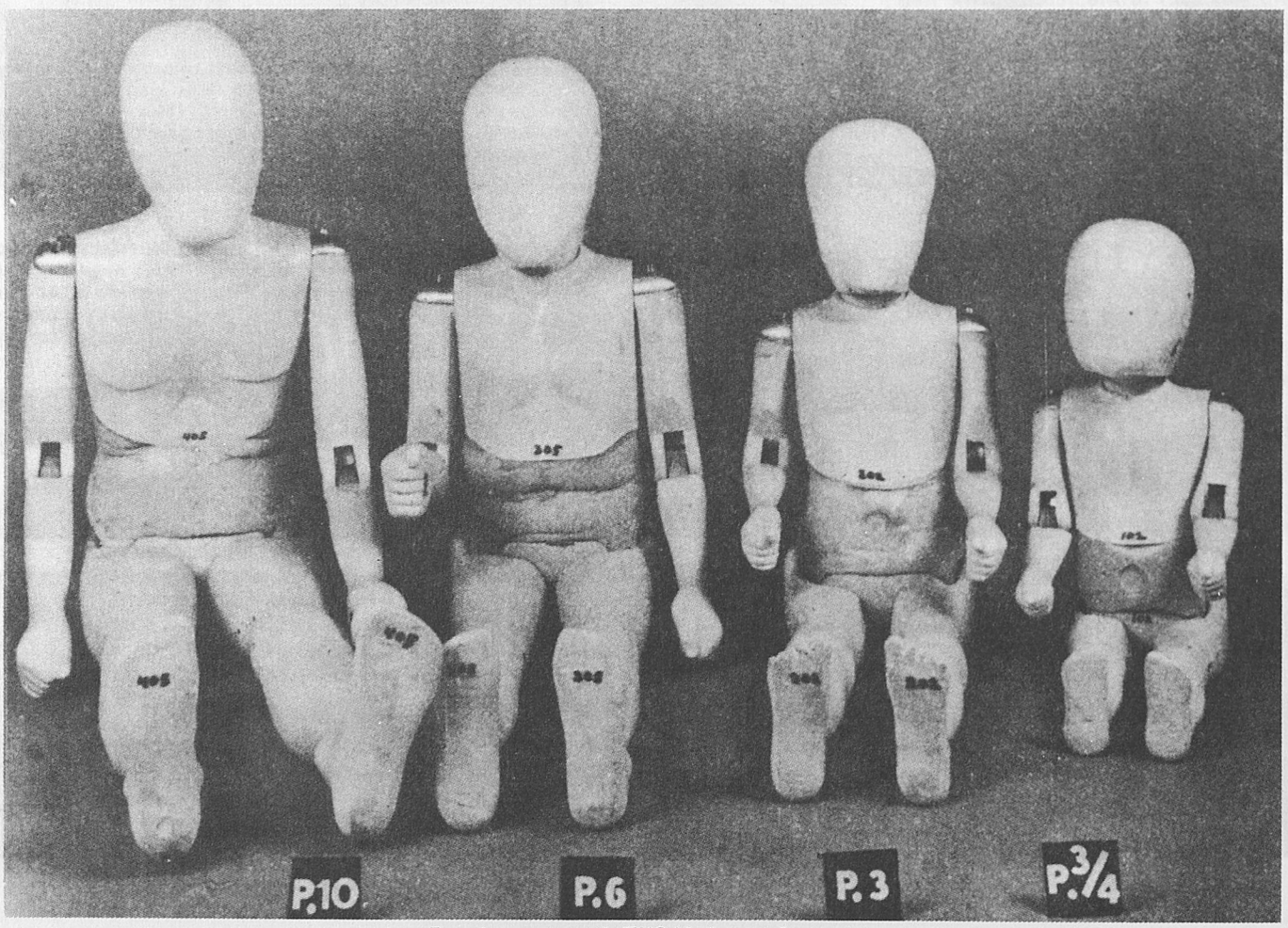
nogmaals botsproeven

In dit thema komen onder andere botsproeven aan de orde. In Nederland worden dergelijke proeven gedaan door het instituut voor wegtransportmiddelen-TNO te Delft; in het buitenland voeren diverse automobielfrabikanten botsproeven uit. Bij botsproeven neemt men verkeersongelukken als gegeven. Onderzocht wordt hoe je het letsel van mensen die bij een ongeluk betrokken raken, kunt verminderen. Auto's botsen bij botsproeven vaak frontaal tegen een andere auto of een zwaar betonnen blok. Daarbij wordt de hele voorkant van de auto ingedeukt en helpt alles mee om de klap zo goed mogelijk op te vangen. In werkelijkheid verlopen botsingen natuurlijk niet altijd volgens dit patroon. Als een kleiner gedeelte van de auto de klap moet vangen beschadigt dat deel veel ernstiger.



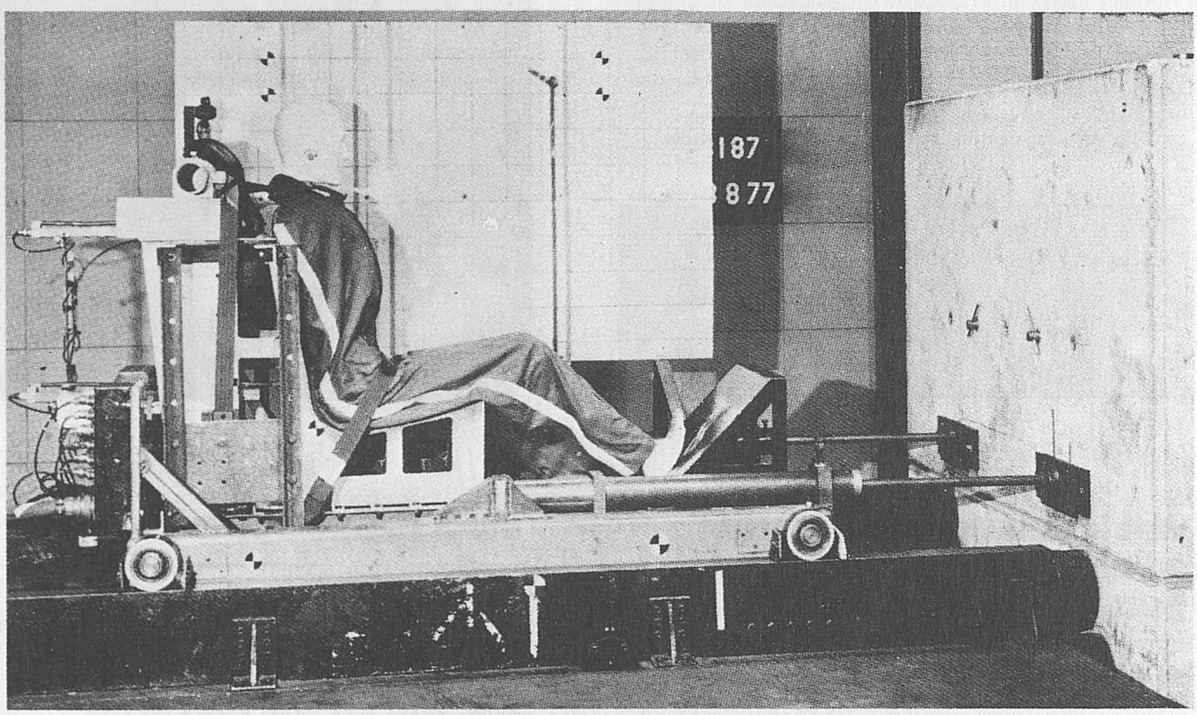
Botsing van een auto tegen een betonblok

Als slachtoffers dienen proefpoppen, die zo goed mogelijk beantwoorden aan de gemiddelde volwassene. Daardoor kunnen de resultaten van verschillende proefnemingen met elkaar worden vergeleken. Het verloop van ongelukken kan bij slachtoffers, die afwijken van het gemiddelde (korter of langer; zwaarder of lichter; andere gewichtsverdeling, bijvoorbeeld dikkere buik) dus anders zijn dan de proefpersonen aangeven. bij TNO zijn daarom ook proefpoppen ontwikkeld, die zich gedragen als „gemiddelde kinderen".



Een nieuwe generatie TNO-kinder-proefpoppen

Om na te gaan of bepaalde veiligheidsvoorzieningen letsel voorkómen, beschikt men over schattingen van de krachten die het menselijk lichaam kan doorstaan. Grote krachten veroorzaken in korte tijd dodelijk letsel, maar ook kleinere krachten kunnen dodelijk zijn als ze langer werkzaam zijn. De schattingen voor de krachten die dodelijk zijn berusten voornamelijk op dierproeven. Het is niet precies bekend in hoeverre de resultaten van dierproeven van toepassing zijn op mensen. Een regering kan wettelijke normen vaststellen voor de krachten die men toelaatbaar acht. In Engeland bijvoorbeeld geldt 300 N als de maximumkracht die menselijke botten mogen hebben; in de Verenigde Staten acht men 1000 N acceptabel als grenswaarde. Weliswaar kan dan bijvoorbeeld botbreuk optreden, maar dat vindt men daar niet bezwaarlijk. Ook voor andere facetten in het botsonderzoek geldt dat de regering (de gemeenschap, wij) bepaalt wat acceptabel is. Veiligheidsgordels en kinderzitjes worden bijvoorbeeld gekeurd bij botssnelheden van 50 km/h, dus niet bij 40 km/h of bij 70 km/h.
TNO in Delft onderzoekt ook veiligheidsgordels in opdracht van fabrikanten, vooral van Amerikaanse. In de Verenigde Staten kan een koper van een ondeugdelijk produkt tegen de fabrikant een rechtszaak aanspannen. Als de fabrikant die verliest, moet hij een flinke schadevergoeding betalen en ondeugdelijke produkten terugnemen en vervangen.



Veiligheidsgordels worden gekeurd bij botsingen van 50 km/h.

Leestekst 6

autogordels vast en zeker

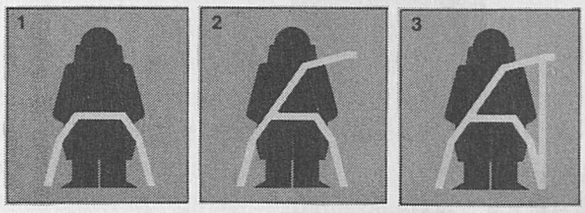
waarom autogordels?

Het antwoord is duidelijk. Bij de huidige stand van de techniek kan de autogordel gezien worden als het meest effectieve beschermingsmiddel voor bestuurders en passagiers van auto's bij verkeersongevallen. Door het dragen van gordels – door iedereen, overal, altijd en op de juiste manier, d.w.z. zo strak mogelijk – kunnen in ons land jaarlijks honderden mensenlevens worden gered en kan ook het aantal gewonden sterk verminderen.

daarom autogordels!

draag die autogordel... strak en zeker!

Draag de autogordel altijd goed strak. Een gordel die losjes wordt gedragen biedt geen beveiliging. Integendeel... bij een botsing kunt u onnodig letsel oplopen, bijvoorbeeld door onderuit schieten.
Wilt u meer bewegingsvrijheid in uw auto, maak dan gebruik van een driepuntsgordel met automaat of van een heupgordel.



wat is een driepuntsgordel en hoe werkt een driepuntsgordel met automaat?

Een driepuntsgordel is een gordel die de heup en de schouder fixeert. Deze gordel kan uitgerust zijn met **a** een handverstelling en **b** een automatische verstelling. In het laatste geval spreken we van een driepuntsgordel met automaat. Als de gordel niet wordt gebruikt rolt deze automatisch op. Bij gebruik van deze gordel geeft hij mee wanneer men langzame bewegingen maakt. Het heupgedeelte moet dan wel strak zitten. Echter bij een versnelling of vertraging van de auto blokkeert het afrolmechanisme, zodat de gordel als een normale gordel functioneert.

Welke keuzemogelijkheden hebt u?

Voorzitplaatsen:
heupgordel, figuur 1
driepuntsgordel, figuur 2
driepuntsgordel met automaat, figuur 3
kinderbeveiligingsmiddel (let op speciaal keurmerk!).

Achterzitplaatsen:
Volwassenen: heupgordel, driepuntsgordel, driepuntsgordel met automaat.
Baby's (0 tot ca. 9 mnd.): reiswieg of kinderwagenbak.
Klem zetten tussen voor- en achterbank en zo mogelijk vastzetten met een riem.
Kinderen (9 mnd. - 4 jaar): goedgekeurd kinderzitje.
Kinderen (4 - 12 jaar): goedgekeurd kinderbeveiligingsmiddel of anders een goedgekeurde heupgordel. Kind zonodig op een stevig kussen plaatsen.

sluitingen

Als de autogordel wordt gedragen dient de sluiting aan de zijkant van het lichaam te zitten. Bij de bestuurder rechts en bij de voorpassagier links.

wie wel en wie niet in de autogordel?

Het dragen van autogordels is verplicht voor bestuurders en voor- passagiers (vanaf 4 jaar) van personenauto's en combinatieauto's, die na 1 januari 1971 in Nederland in gebruik zijn genomen en vanaf dat tijdstip bij aflevering gordels op de voor-zitplaatsen moeten hebben. Het gaat hier dus om auto's, die zijn ingericht voor het vervoer van niet meer dan 8 personen, de chauffeur niet inbegrepen.
De wetgever heeft er van afgezien de draagplicht ook te laten gelden in voertuigen die vóór 1 januari 1971 op de weg kwamen en op vrijwillige basis met gordels zijn uitgerust. De reden hiervan is, dat niet vaststaat dat de in deze auto's aanwezige gordelbevestigingspunten aan de Nederlandse normen voldoen.

Voor kinderen zijn in principe andere veiligheidsvoorzieningen nodig dan voor volwassenen.

Kinderen van 0-4 jaar

Kinderen tot 4 jaar mogen op de voorzitplaats alleen meerijden in een goedgekeurd kinderzitje, dat deugdelijk is bevestigd.
Op het keurmerk moet vermeld staan, dat het zitje geschikt is voor de voorzitplaats.

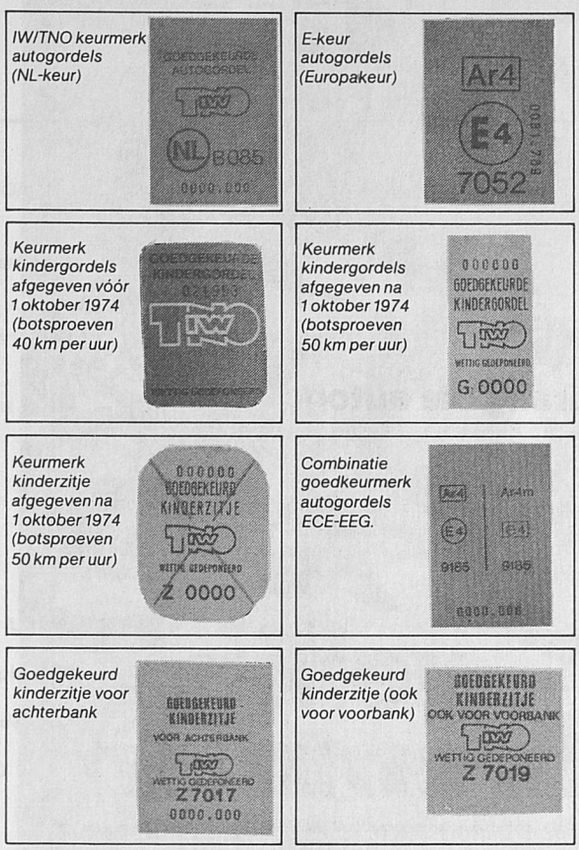
Kinderen van 4-12 jaar

Kinderen van 4 jaar en ouder mogen voorin zitten, mits gebruik gemaakt wordt van een kinderzitje zoals vermeld voor kinderen van 0 - 4 jaar, dan wel gebruik gemaakt wordt van een heupgordel behorende tot de goedgekeurde soort.

De bevestigingspunten voor gordels in de zijstijlen van auto's zijn op een zodanige hoogte aangebracht, dat voorinzittenden met een normale lichaamslengte een optimale beveiliging wordt geboden. Voor mensen die klein van stuk zijn, kan echter het schoudergedeelte van een gordel bij een flinke botsing letsel aan de hals veroorzaken. Het gebruik van het schoudergedeelte van een driepuntsgordel is voor deze mensen derhalve ongewenst. Aangezien internationaal de tendens bestaat auto's uitsluitend met driepuntsgordels (eventueel met automaat) uit te rusten, heeft de minister van Verkeer en Waterstaat gemeend om bestuurders en voor-passagiers waarvan de lichaamslengte minder is dan 1,50 meter van de draagplicht te moeten uitzonderen. Deze groep bestuurders en passagiers wordt echter blijkens de memorie van toelichting geadviseerd gebruik te maken van de heupgordel, die in vergelijking met de driepuntsgordel een zeer goede beveiliging biedt.

Overige uitzonderingen

De draagplicht geldt eveneens niet:
- tijdens het achteruitrijden
- voor bestuurders die bezig zijn met het afleveren of ophalen van goederen bij op korte afstand van elkaar gelegen plaatsen
- voor ernstig invalide bestuurders die in aangepaste auto's rijden en niet zelf de gordel kunnen vastmaken
- voor taxichauffeurs tijdens het vervoer van passagiers.



Advies: toch dragen

Hoewel de gordeldraagplicht niet geldt in auto's die vóór 1 januari 1971 in Nederland op de weg kwamen, doen de inzittenden van deze voertuigen er verstandig aan de gordels – voor zover aanwezig – toch te dragen. Indien geen gordels in deze auto's zijn gemonteerd, kan dat alsnog gebeuren.
Niet in allé auto's die vóór 1 januari 1971 in gebruik zijn genomen, zal men bevestigingspunten aantreffen. Het achteraf aanbrengen van bevestigingspunten moet altijd oordeelkundig geschieden, omdat zowel de sterkte van de verankering zelf als die van de carrosserie ter plaatse gewaarborgd moet zijn.
In auto's waarin het bovenste deel van de portierstijl ontbreekt of waarin dit onvoldoende sterk is, kan over het algemeen geen driepuntsgordel worden aangebracht; men kan dan in elk geval wel een heupgordel monteren, al dan niet met een automaat.

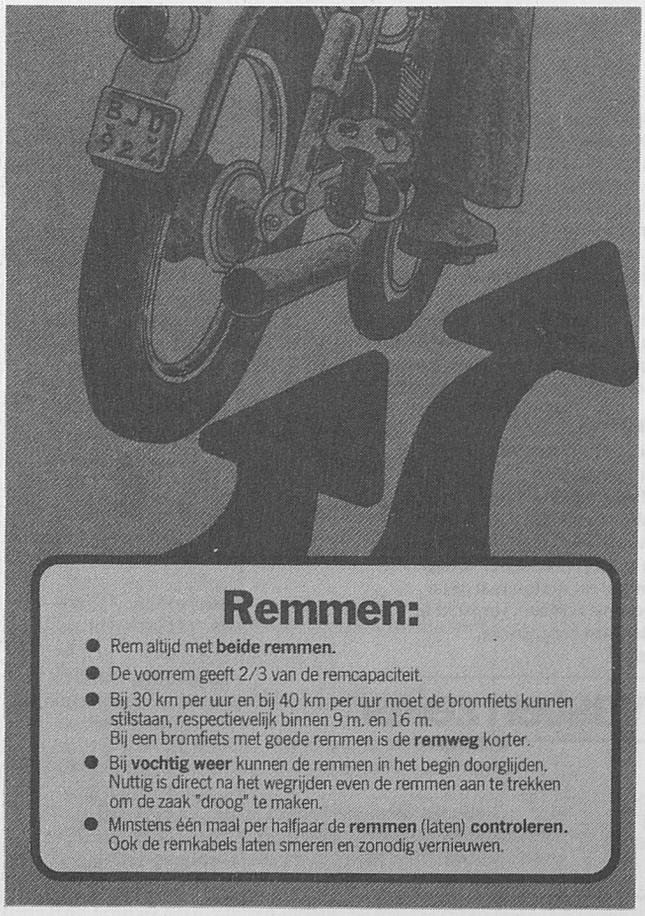
Autogordels op de achterbank

Ook passagiers op de achterbank zijn zeer gebaat bij het dragen van autogordels. Ze voorkomen het naar voren schieten. Volgens EEG-voorschrift worden alle nieuwe auto's, ook achterin, uitgerust met bevestigingspunten voor autogordels. Daarom: Laat achterin autogordels monteren en zorg er voor dat passagiers op de achterbank ze ook dragen.
Bekend is, dat de minister van Verkeer en Waterstaat overweegt om de aanwezigheid van gordels achterin verplicht te stellen. Na verloop van tijd volgt dan een draagplicht.
Maar zolang hoeft ú niet te wachten.

autogordels vast en zeker

VVN
Veilig Verkeer Nederland
Utrechtseweg 79, Postbus 287
1200 AG Hilversum
Telefoon: 035 - 114 41

veilig brommen



PLON

Begeleidingscommissie S.V.O.-project 0213 (vooronderzoek voor het PLON, 1972-1974)

F. van de Maesen (voorzitter tot 1973); hoogleraar natuurkunde Technische Hogeschool Eindhoven
N.J. Heijkoop (voorzitter 1973-1974); inspecteur voortgezet onderwijs
W.P.J. Lignac (secr.); secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
S. Auer, algemeen didacticus Universiteit van Amsterdam
F. Balkema, inspecteur voortgezet onderwijs
H.P. Hooymayers, lector natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
H.J.L. Jongbloed (1972-1973), mediadeskundige NIAM
J. Schweers, leraar natuurkunde havo/vwo
J. Smit, inspecteur voortgezet onderwijs
E. Warries, hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
M. van Wieringen (1973-1974), mediadeskundige NIAM

Stuurgroep PLON (1974-heden)

H.P. Hooymayers (voorzitter), hoogleraar natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
W.P.J. Lignac (secr. tot 1978), secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
A.A.M. Agterberg (secr. sedert 1978), secretaris Advies Commissie voor de Leerplan Ontwikkeling Natuurkunde in oprichting
P. Broekman (sedert 1980), hoofd afdeling Bèta en Gamma-vakken CITO
F. Dekkers (sedert 1979), hoofddocent natuurkunde Moller Instituut
H. Lengkeek (tot 1977), leraar natuurkunde mavo
D.A. Lockhorst (tot 1978), leraar natuurkunde havo/vwo
J. Schipper (sedert 1980), medewerker A.P.S.
A. Snater (tot 1980), hoofddocent natuurkunde Stichting Opleiding Leraren
F.J. Steenbrink (tot 1978), leraar natuurkunde vwo
J.M.F. Teunissen (tot 1975), onderwijskundige Rijks Universiteit Utrecht
W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo te Putten
R. de Vries (sedert 1980), leraar natuurkunde havo, vwo, namens de NVON
E. Warries (tot 1975), hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
S.A. Wouthuysen (tot 1976), hoogleraar natuurkunde Universiteit van Amsterdam

Kerngroep mavo

G.H. Frederik, vakdidacticus Rijksuniversiteit Utrecht; tot 1979 voorzitter van de ACLO-n i.o.
H. Eeftink (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo
D. Hobo (tot 1979), directeur van de Chr. Mavo de Lier
S.G.C. Markering, hoofddocent natuurkunde Gelderse Leergangen
Ch. van Raemdonck (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo (PLON)
J. Vastbinder (sedert 1980), leraar natuurkunde M.T.S.
W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo Putten

PLON-team mavo/havo/vwo-onderbouw

H.F. van Aalst
W. van Bochoven (1976-1978)
W. Bijker (1979-1981), Rijks Universiteit Utrecht
H. Boelhouwer (sedert 1979), S.V.O.
S.O. Ebbens (1976-1980)
C. Floor (1979-1980)
A.C.L. van Gameren (sedert 1977)
D. van Genderen, Rijks Universiteit Utrecht
F.L. Gravenberch (sedert 1978)
C.A.S. Groen (tot 1980)
W.H. Kamphuis (sedert 1975)
J. Kortland (sedert 1980)
B.M. de la Parra (sedert 1977)
B. Pelupessy
P. de Raad (1977-1978), onderzoeksassistent
A.E. van der Valk (sedert 1980)
R.F.A. Wierstra
Th. Wubbels (1978-1979)
J. Zwarts (1977-1978), onderzoeksassistent

PLON-administratie

E. van den Broek (1976-1979)
R. Lindeman (1977-1980)
M. Rolff van den Baumen (1974-1979)
B. Schillert (sedert 1980)
A.G. Schwering (sedert 1980)
H. Veurink (tot 1974)

Tekeningen

A. Lurvink (Onderwijsmedia instituut — Rijks Universiteit Utrecht)
H. de Waal (Onderwijsmedia instituut — Rijks Universiteit Utrecht)

Foto's

A.C.L. van Gameren (PLON)
W.H. Kamphuis (PLON)

PLON-CITO (namens CITO)

F. Boessenkool
P. Broekman
C. Hellingman
T. Heuvelmans
H. Jaspers
J. de Kanter

Proef- en volgscholen 1980-1981

Chr. Mavo Putten te Putten
Chr. Mavo de Lier te De Lier
Thorbecke S.G. te Arnhem (mavo-afdeling)
Edith Stein College te Den Haag
Chr. Mavo Mariahoeve te Den Haag
Maasveld Mavo te Blerick
Regina Pacis Streekschool te Oudewater
R.S.G. Schagen te Schagen
Hertog Jan College te Valkenswaard
Marnix College te Ede
Niels Stensen College te Utrecht
Ashram College te Alphen a/d Rijn
Mavo de Bark te Zaandam
S.G. Oost Betuwe te Bemmel
R.S.G. Broklede te Breukelen
Eemland College Noord te Amersfoort
Grotius College te Heerlen
S.G. Nijmegen Oost te Nijmegen
Chr. S.G. de Brug te Lelystad
Dr. Edith Stein Mavo te Eindhoven
Michaël Mavo te Beek-Ubbergen
Chr. S.G. Jan van Arkel te Hardenberg
Mavo 't Fregat te Zaandam
Chr. S.G. Revius te Deventer

Overzicht van PLON-thema's voor mavo en onderbouw havo-vwo

VOOR DE 2e KLAS

- Een eerste verkenning in de natuurkunde
- Mensen en metalen — themaboek
- Keuzeonderzoeken
- Werken met water — themaboek
- Leven in lucht
- IJs, water en stoom (I en II)

Tevens zijn beschikbaar:
- Terugblik 2e klas, avol/app. gidsen, rommelpakket Leven in lucht, waterbladen en demonstratiebladen Werken met water.

VOOR DE 3e KLAS

- Bruggen
- Zien bewegen
- Geluid weergeven
- Natuurkunde in de samenleving: Water voor Tanzania
- Elektrische schakelingen — instructieboekje
- Energie thuis
- Natuurkunde in de samenleving: Energie in de toekomst

Tevens zijn beschikbaar:
- Kleur en licht
- Avol/app. gidsen

VOOR DE 4e KLAS MAVO EN DE 3e KLAS HAVO-VWO

- Verkeer en veiligheid
- Krachten — instructieboekje
- Natuurkunde in de samenleving: Stoppen of doorrijden?
- Verwarmen en isoleren
- Schakelen en regelen
- Machines en energie
- Natuurkunde in de samenleving: Kernwapens

Tevens zijn beschikbaar:
- Repeteerthema voor het eindexamen mavo
- Examenboekje voor mavo
- Avol/app. gidsen