

krachten



krachten

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

Experimentele versie



Uitgeverij **nib**



UITGEVERIJ **nib** ZEIST

PROJECT LEERPAKKETONTWIKKELING NATUURKUNDE

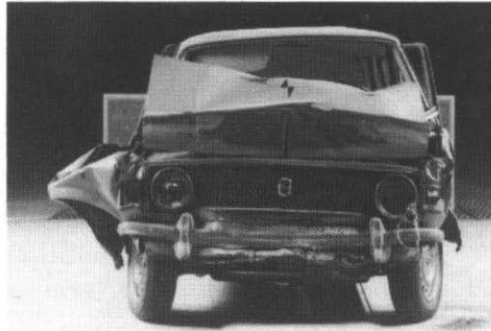
- * Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) is in 1972 begonnen onder auspiciën van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). De opdracht was: het ontwikkelen en door middel van onderzoek evalueren van leerpakketten voor natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo, en het ontwerpen 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

© 1982 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



OVER DIT BOEK

Dit boekje behandelt de belangrijkste basiskennis van 'krachten'. In het basisdeel leer je hoe je de aanwezigheid van een kracht kunt herkennen, hoe je een kracht kunt meten en wat er gebeurt als er meer krachten tegelijk op een voorwerp werken. In het keuzedeel kun je je kennis over krachten gebruiken bij het uitrekenen hoe sterk onderdelen van een constructie (een brug bijvoorbeeld) moeten zijn.

In het thema *Bruggen* heb je geleerd hoe je constructies steviger kunt maken door de keuze van materialen, de vorm van de onderdelen en de vorm van de constructie. Daarbij gebruik je het begrip 'materiaalspanning'. Als je dit boekje gebruikt na het thema *Bruggen*, leer je op een andere manier naar de stevigheid van een constructie te kijken en daaraan te rekenen.

Krachten spelen ook een rol in het verkeer en bij machines die werk voor je verrichten. Daarom is dit boekje ook een voorbereiding op de thema's *Verkeer en veiligheid* en *Machines en energie*.

Veel leer-, werk- en onderzoekplezier!

inhoud

	blz.
1 Wat is een kracht?	7
1.1 Krachten herkennen	7
1.2 Krachten vergelijken	9
1.3 Krachten meten	10
1.4 Krachten tekenen	13
2 Krachten optellen	16
2.1 Samenwerken en tegenwerken	16
2.2 Krachten in willekeurige richtingen	21
3 Krachten in constructies	28
3.1 Krachten en materiaalspanning	28
3.2 Trek- en duwkrachten	31
3.3 Het uithangbord	33
3.4 De tuibrug	36
3.5 De vakwerkbrug	39
4 Krachten en beweging	42
4.1 Wrijvingskrachten	42
4.2 Bewegen in het verkeer	45

1 wat is een kracht?

1.1 KRACHTEN HERKENNEN

In dit boekje gaat het over krachten in de natuurkunde, zoals spierkracht en zwaartekracht. Dat zijn andere krachten dan in woorden als 'overredingskracht' en 'waskracht'.

Het is moeilijk om aan te geven wat een kracht precies is. Je kunt krachten zélf namelijk niet zien.

Daarom ga je in dit boek eerst kijken hoe je de aanwezigheid van krachten kunt herkennen. Wat later leer je hoe je krachten kunt meten, wat er gebeurt als er meer krachten tegelijk op een voorwerp werken, enz.

Opdrachten

- 1 Bedenk een paar situaties waarin je een spierkracht uitoefent.

Schrijf er steeds bij wat die spierkracht doet (wat het gevolg is van die spierkracht).

- 2 Bedenk een paar situaties waarin je *andere* krachten dan je spierkracht aan het werk ziet.

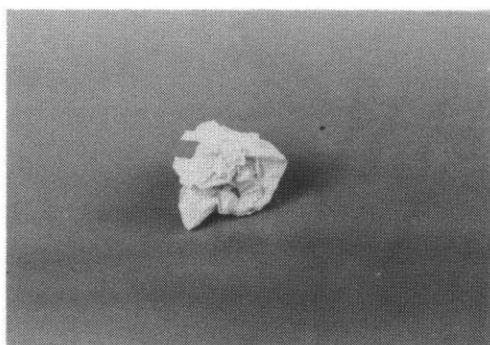
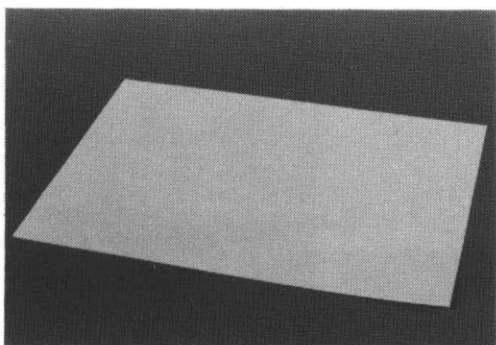
Hoe zou je die krachten noemen?

Schrijf er weer bij wat die krachten doen.

Krachten herken je aan hun werking, aan 'wat ze doen'.

Krachten kunnen:

— een voorwerp *vervormen*



Het blad papier is met een spierkracht tot een prop vervormd



— een voorwerp *op zijn plaats houden*

De trekkracht van de kabels houdt het brugdek van deze tuibrug op zijn plaats

— *de snelheid van een voorwerp veranderen*



De spierkracht van de fietser zorgt ervoor dat de fiets in beweging komt (en blijft)

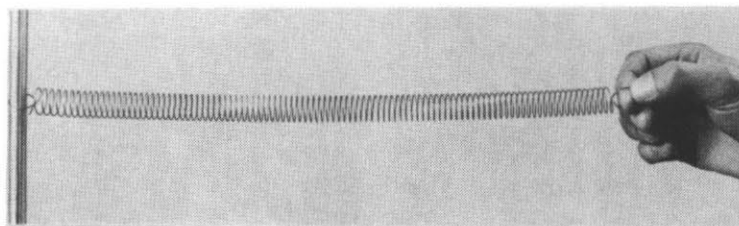


Bij een botsing brengt een kracht de botsende auto tot stilstand (en bovendien zorgt die kracht voor flink wat vervorming)

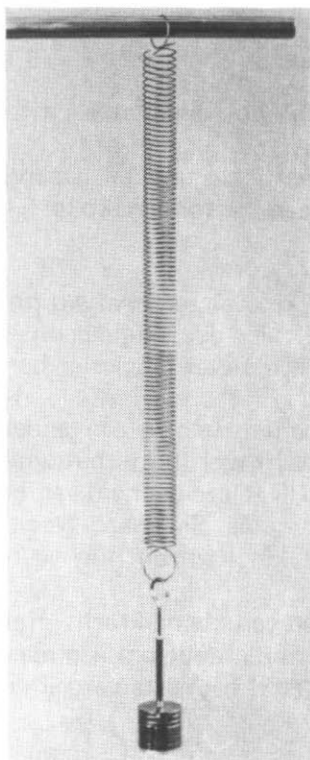
1.2 KRACHTEN VERGELIJKEN

Opdrachten

- 1 Trek aan een (spiraal)veer.
Wat gebeurt er met de lengte van de veer?



- 2 Hang een voorwerp aan een veer.
Wat gebeurt er met de lengte van de veer?
Trekt het voorwerp aan de veer?
- 3 Trek eerst niet al te hard aan een veer. Trek daarna harder.
Wat gebeurt er met de lengte van de veer?
Welke verband bestaat er tussen de kracht waarmee je aan een veer trekt en de lengte van die veer?



Met je spierkracht kun je een veer uitrekken. Als een veer uitgerekt is, wordt er dus aan getrokken: er werkt een kracht op. Zo kun je met een veer krachten zichtbaar maken door te kijken of die veer uitgerekt is.

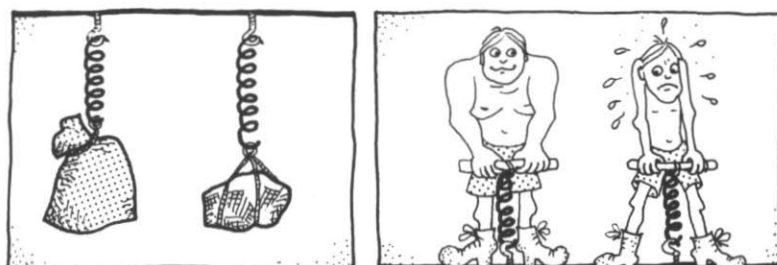
Hoe harder je aan een veer trekt, hoe langer die wordt. Dus omgekeerd: hoe meer een veer uitgerekt is, hoe groter de kracht die erop werkt.

- 4 Vergelijk in elk tweetal plaatjes steeds de krachten: zijn ze gelijk, of is de een groter dan de ander? (Het is steeds dezelfde veer die gebruikt wordt.)

Als je wilt weten of de ene kracht groter is dan de andere, moet je de krachten met elkaar vergelijken. Vaak kun je op het gevoel wel zo'n beetje *schatten* of de ene kracht groter is dan de andere.

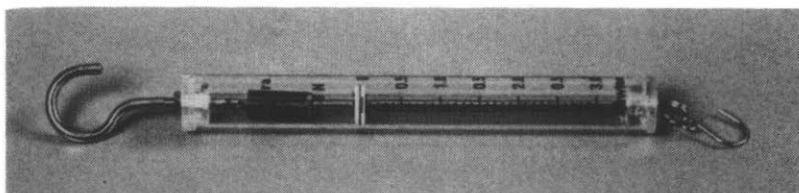
Maar schatten is onnauwkeurig en levert vaak onzekere of zelfs onjuiste resultaten op.

Je kunt krachten beter vergelijken door het vergelijken van de uitrekking die ze aan dezelfde veer geven. Hoe groter de uitrekking, hoe groter de kracht.



1.3 KRACHTEN METEN

Het steeds opnieuw opmeten van de lengte van een veer voor het vergelijken van krachten is wat onhandig. Het is makkelijker om een apparaatje te hebben, waarop je direct de grootte van de kracht kunt aflezen. Zo'n krachtmeter is de *veerunster*.



Opdrachten

- 1 Pak een veerunster. Bekijk hoe die in elkaar zit.

Je kunt ook zelf een veerunster maken. Daarvoor heb je nodig een spiraalveer, een kartonnen koker en een paar stukken ijzerdraad.

Om te meten heb je in elk geval een *eenheid* nodig. Als je een lengte meet, gebruik je de lengte-eenheid 'meter'. Afgekort: 1 m. Hoe lang een meter precies is, berust op een internationale *afspraken*.

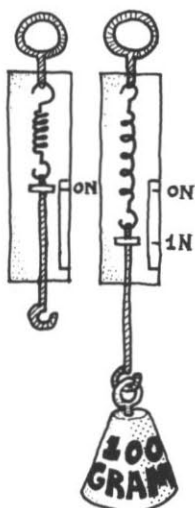
Voor het meten van krachten heb je een andere eenheid nodig. Als eenheid van kracht wordt internationaal de 'newton' gebruikt. Afgekort: 1 N. Deze eenheid van kracht is genoemd naar de natuurkundige Sir Isaac Newton (1643-1727), die zich veel met krachten en hun gevolgen heeft bezig gehouden.

1 N is voor onze begrippen een kleine kracht. Het is volgens afspraak de kracht die je nodig hebt om een massa van 100 gram op te tillen. Dat is zo'n beetje te vergelijken met het optillen van een flinke appel.



- 2 Trek met een kracht van 1 N aan een veerunster.
Voel je hoe groot (of hoe klein) een kracht van 1 N is?
- 3 Je gaat nu zelf op een veerunster een schaalverdeling maken. Daarvoor kun je je zelfgemaakte veerunster gebruiken. Als je bij opdracht 1 alleen een veerunster bekéken hebt, plak dan over de schaalverdeling van die veerunster een zelfklevende papierstrip.

Om zelf een schaalverdeling in newton te maken, heb je een massa van 100 gram nodig. Deze massa trekt *volgens de afspraak* met een kracht van 1 N aan de veer van de unster.



- Als er niets aan de veer hangt, werkt er geen kracht op. Je schrijft dus 0 N op de papierstrip naast de wijzer.
- Hang de massa van 100 gram aan de veer. Dan trekt er een kracht van 1 N aan de veer (dat is de afspraak!). Geef deze kracht aan op de papierstrip.
- Hang er nu 100 gram bij aan de veer. Met hoeveel kracht wordt er dan aan de veer getrokken? Geef deze kracht aan op de papierstrip.
- Maak de schaalverdeling op de veerunster verder af.

Je kunt de schaalverdeling verbeteren door niet alleen hele, maar ook halve newton er op aan te geven. Hoe zou je dat kunnen doen?

- 4 Ga met je veerunster een aantal krachten meten. Zet je metingen in de tabel.



WELKE KRACHT WORDT ER GEMETEN ?	GROOTTE VAN DE KRACHT
GEWICHT VAN EEN STUKJE GUM	0,6 N

- 5 Vergelijk de schaalverdeling van jouw veerunster met die van je klasgenoten. Zien die schaalverdelingen er hetzelfde uit?
Zo niet, wat is dan het verschil? Heb je een idee wat de oorzaak van dat verschil is?

Veerunsters zijn te koop in een aantal verschillende uitvoeringen. Met sommige kun je krachten meten tussen de 0 en 1 N, met andere krachten tussen de 0 en 3 N, 0 en 5 N, enz.

Veerunsters kunnen dus verschillen in *meetbereik*. In de niet-uitgerekte toestand kunnen de veren in al die verschillende veerunsters even lang zijn. De veren in unsters met een klein meetbereik, rekken onder invloed van een kleine kracht al veel uit. Dat komt doordat ze van een dunnere

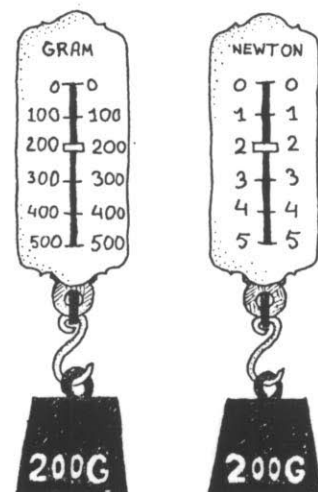
draad gemaakt zijn, of van een materiaal dat makkelijker te vervormen is.

Opdrachten

- 6 Wat is het voordeel van het bestaan van veerunsters met verschillende meetbereiken?
- 7 Haal de zelfklevende strip met je eigengemaakte schaalverdeling van de veerunster (voorzichtig, zodat de strip heel blijft). Vergelijk jouw schaalverdeling met die van de fabrikant. Zijn ze gelijk?
Als ze verschillen: wie heeft het dan goed gedaan, jij of de fabrikant?

Het meetinstrument voor krachten is de veerunster. Als je weet hoever een veer uitgerekt wordt door een bekende kracht (1 N bijvoorbeeld), dan kun je met deze veer ook de grootte van andere krachten meten. En om niet steeds te moeten meten hoever de veer wordt uitgerekt, breng je naast de veer een schaalverdeling aan. Op die schaalverdeling lees je direct de grootte van de kracht af in newton. Het komt in de praktijk nog vaak voor dat veerunsters een schaalverdeling hebben in g of kg.

Een aanwijzing van 100 gram betekent een kracht van 1 N. Zo kun je de aanwijzing in g altijd omrekenen naar een kracht in newton.

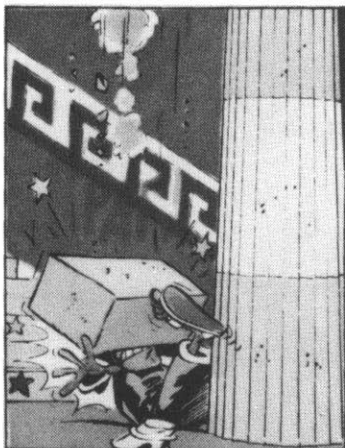


1.4 KRACHTEN TEKENEN

Opdracht

1 De plaatjes geven situaties weer, waarin krachten worden uitgeoefend.

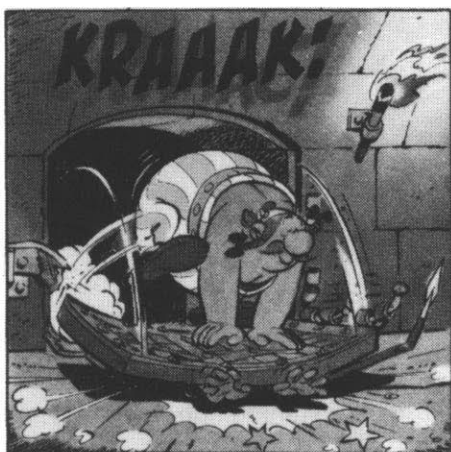
- Geef bij elk plaatje een zo volledig mogelijke beschrijving van een van de krachten die je in het plaatje opvallen.
- Probeer een manier te vinden om in het plaatje die beschrijving weer te geven.



A

uit: Asterix en Cleopatra

© Ed. Albert Rene 1982 Goscinny/Uderzo



B



C



D



Piet de bodybuilder moet een auto aanduwen. Hij is behoorlijk sterk, maar je moet hem heel nauwkeurig vertellen hoé hij zijn spierkracht hierbij moet gebruiken.

Daarom gaat het fout als je hem niet duidelijk vertelt

waarop hij een kracht moet uitoefenen

én

in welke richting hij die kracht moet uitoefenen

én

hoe groot die kracht moet zijn.

Bij krachten zijn dus drie dingen belangrijk:

- de grootte van de kracht
- de richting van de kracht
- het voorwerp waar de kracht op werkt

Als je in een tekening krachten wilt weergeven, dan moet je met die drie dingen rekening houden. Dit gaat het gemakkelijkst als je krachten tekent als *pijlen*.

Daarbij gelden een paar *afspraken*.

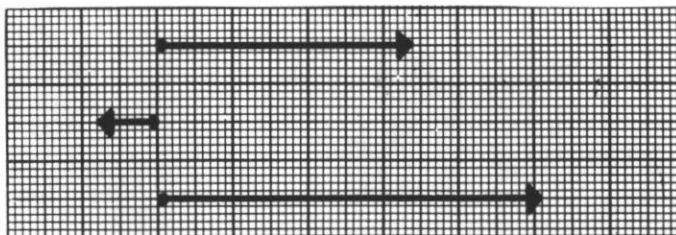
- De lengte van de pijl geeft de grootte van de kracht. Een grote kracht kun je voorstellen door een lange pijl, een kleine kracht door een korte pijl. Krachten die even groot zijn, kun je tekenen als even lange pijlen.

SCHAAL

Als je precies weet hoe groot een kracht is (5 N bijvoorbeeld), dan kun je *met jezelf* een schaal afspreken waarmee je krachten als pijlen gaat tekenen. Neem je bijvoorbeeld voor een kracht van 1 N een pijl met een lengte van 1 cm, dan teken je een kracht van 5 N als een pijl van 5 cm lengte.

Opdrachten

- 2 Stel je hebt een kracht van 300 N die je wilt tekenen in een vlak van 5 bij 5 cm.
- Hoe lang zou je zo'n pijl tekenen?
 - Hoeveel N stelt 1 cm dan voor?
 - Hoe lang wordt dan de pijl die een kracht van 200 N voorstelt?
- 3 Hoe groot zijn de hieronder getekende krachten (1 cm komt overeen met 200 N)?



- 4 Teken pijlen die 80, 400 en 65 N groot zijn. Gebruik steeds eenzelfde (zelf gekozen) schaal.
- De richting van de pijlpunt geeft de richting waarin de kracht werkt.
 - Het begin van de pijl geeft aan op welk voorwerp de kracht werkt.



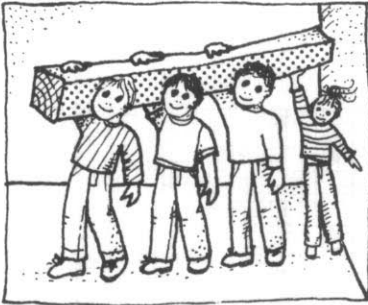
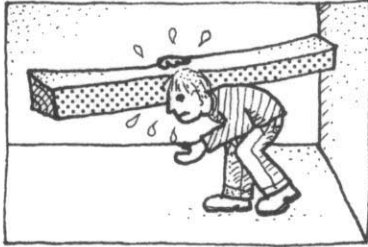
De spierkracht werkt op de auto;
de pijl begint dan in de auto



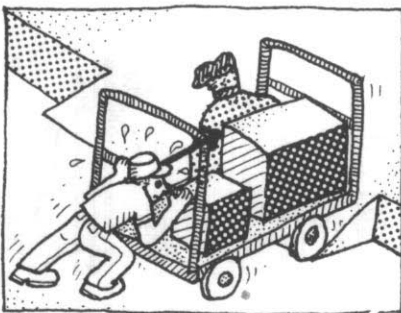
De zwaartekracht werkt op de
zak; de pijl begint dan in de zak

- 5 In opdracht 1 heb je geprobeerd om krachten in plaatjes weer te geven. Kijk eens terug naar hoe je dat gedaan hebt. Zou je het nu anders doen?
Verbeter zo nodig de manier waarop je de krachten getekend hebt.

2 krachten optellen

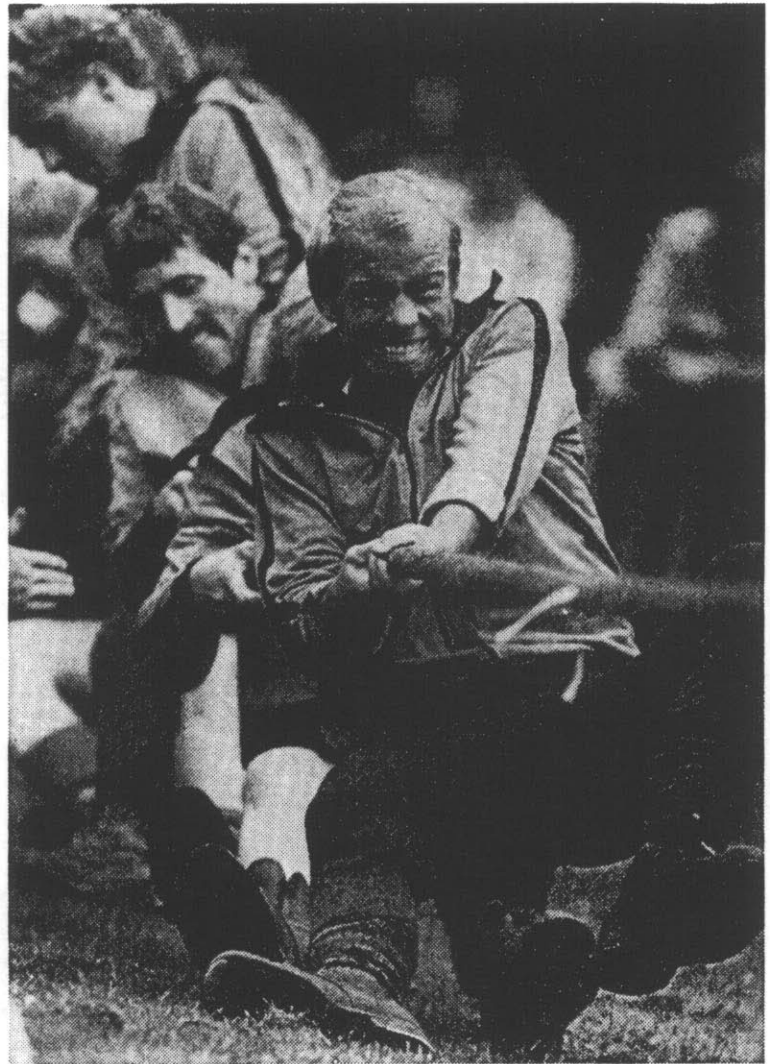


Samenwerken: met meer mensen hoeft elk minder kracht uit te oefenen dan als je alleen bent



2.1 SAMENWERKEN EN TEGENWERKEN

Tegenwerken: je kunt nog zo hard trekken, als de ander even hard terugtrekt, gebeurt er niets.

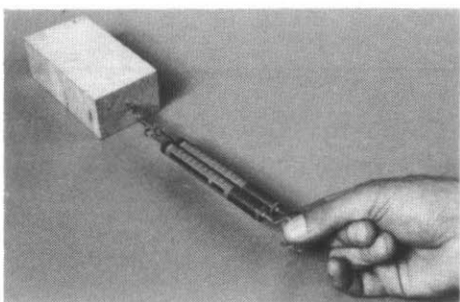
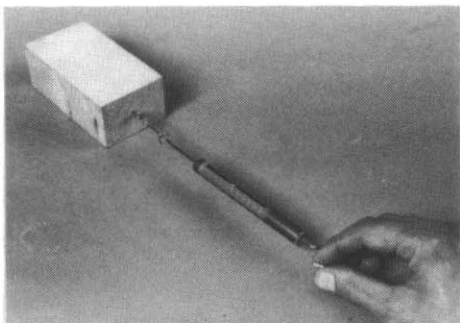


Een volgeladen kar moet tegen een kleine helling omhoog geduwd worden.

Dit lukt één persoon niet. Zijn spierkracht is niet groot genoeg.

Met zijn tweeën lukt het wél. De spierkracht van de twee mannen wordt samengevoegd als ze in dezelfde richting duwen. Het totaal aan spierkracht is nu groot genoeg om de kar tegen de helling op te krijgen.

Opdrachten



1 Leg een blok op tafel. Bevestig er een veerunster aan. Meet met de veerunster de kracht die je nodig hebt om het blok over de tafel te trekken.

Bevestig nu naast de eerste veerunster nog een tweede aan het blok. Trek het blok met de twee veerunsters over de tafel. Lees de aanwijzingen van de veerunsters af. Vergelijk de drie aanwijzingen van de veerunsters die je hebt opgeschreven. Welke conclusie trek je?

Bij proef 1 moet je in beide gevallen hetzelfde doen: hetzelfde blok over hetzelfde tafelblad trekken. Het ligt voor de hand dat je daar dezelfde kracht nodig hebt. Die kracht heb je in de eerste situatie gemeten. Als je in de tweede situatie die kracht opdeelt in twee deelkrachten, dan zie je dat die twee krachten *samen* even groot zijn als de kracht in de eerste situatie.

Als twee krachten in dezelfde richting werken, kun je die krachten *optellen* tot één *totaalkracht* (die dezelfde richting heeft).



Als je de lengte van de twee pijlen bij elkaar optelt, krijg je de lengte van de pijl die de totaalkracht voorstelt



Krachten kunnen samenwerken, maar ze kunnen elkaar ook tegenwerken



- 2 Maak twee veerunsters vast aan de uiteinden van een touw. Trek even hard aan beide veerunsters. Wat gebeurt er met het touw? Welke conclusie trek je?

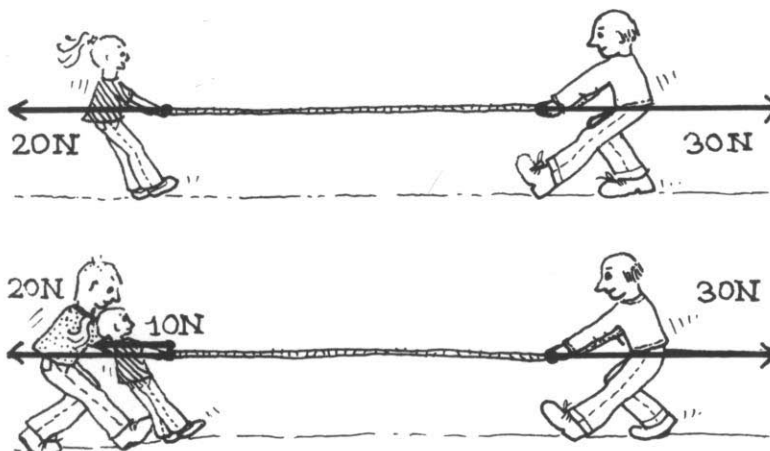
Bij proef 2 werken twee *even grote* krachten op het touw. De richting van die krachten is *tegengesteld*. Je ziet dat het effect van de krachten afzonderlijk verdwenen is: *het touw komt niet in beweging*. De twee krachten op het touw heffen elkaar op. Wel is het touw gespannen.



Als je de lengte van de twee pijlen van elkaar aftrekt, dan krijg je nul. De totaalkracht is dus nul.

Twee tegengestelde krachten hoeven elkaar niet altijd op te heffen.

- 3 Wanneer zal één van beide partijen bij een touwtrekwedstrijd het touw in beweging krijgen? Gebruik in je antwoord het woord 'kracht'.



- 4 Teken de pijl die de totaalkracht voorstelt. Hoe groot is die totaalkracht? Welke richting heeft die? Waar zou je het aangrijpingspunt van de totaalkracht tekenen? Welk gevolg heeft die totaalkracht?
- 5 Teken de pijl die de totaalkracht voorstelt. Welk gevolg heeft die totaalkracht?

Als twee krachten elkaar tegenwerken, kun je de lengte van de pijlen van elkaar aftrekken. Je vindt dan de lengte van de pijl die de totaalcracht voorstelt. De richting van de totaalcracht is de richting van de langste pijl.

Als twee elkaar tegenwerkende krachten elkaar opheffen, dan moeten ze even groot zijn. Maar er is nóg iets. Kijk maar eens naar opdracht 6.

Opdracht

- 6 Zijn de uitgeoefende krachten in de tekening hieronder even groot?
Zijn de uitgeoefende krachten tegengesteld van richting?
Heffen ze elkaar op? Waarom wel/niet?



Twee tegengesteld gerichte krachten heffen elkaar alléén op als ze even groot zijn, én als ze op hetzelfde voorwerp werken.

SAMENVATTING

Als er op *één voorwerp* méér dan een kracht werkt, dan kunnen die krachten

- samenwerken als ze dezelfde richting hebben
- elkaar tegenwerken als ze tegengestelde richtingen hebben; de tegenwerking kan volledig zijn (dan is de totaalcracht nul en het voorwerp blijft in rust) of gedeeltelijk (dan is de totaalcracht niet nul en het voorwerp komt in beweging)

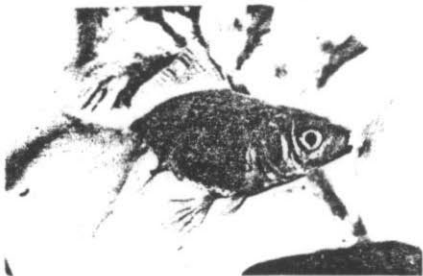
De pijl van de totaalcracht vind je door optellen (bij samenwerking) of aftrekken (bij tegenwerking) van de pijlen van de afzonderlijke krachten.



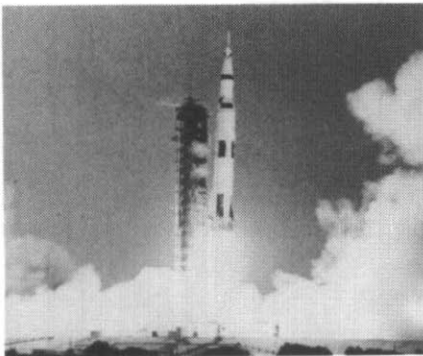
Opdrachten

Vul de volgende zinnen aan:

- 7 Hier werken krachten om één kracht te leveren. Het gevolg van deze kracht is



- 8 Hier werken de en de op de vis elkaar volledig tegen. De totaal kracht is, dus de vis



- 9 Als de raket start, moet de aandrijfkracht zijn dan de op de Beide krachten heffen elkaar

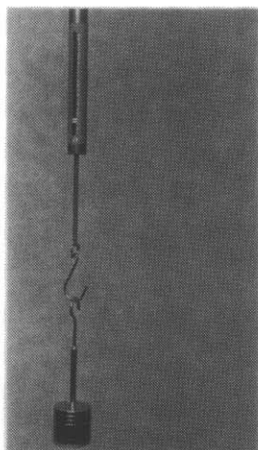
2.2 KRACHTEN IN WILLEKEURIGE RICHTINGEN

Het wordt wat lastiger als twee krachten op een voorwerp werken, waarbij de krachten niet dezelfde richting, maar ook geen tegengestelde richting hebben. Zoals bijvoorbeeld bij een tuibrug. Het gewicht van de auto werkt op het brugdek omlaag en de trekkrachten van de kabels op het brugdek werken schuin omhoog.



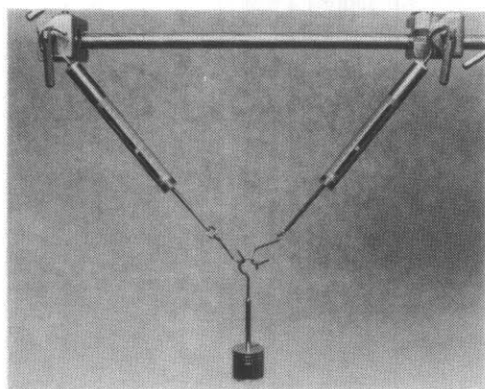
Hoe bepaal je in zo'n geval de totaalkracht op het brugdek, hoe groot is deze en welke richting heeft zij?

Je probeert nu eerst antwoord te vinden op de vraag: hoe moet je de totaalkracht bepalen als twee krachten in willekeurige richtingen werken?



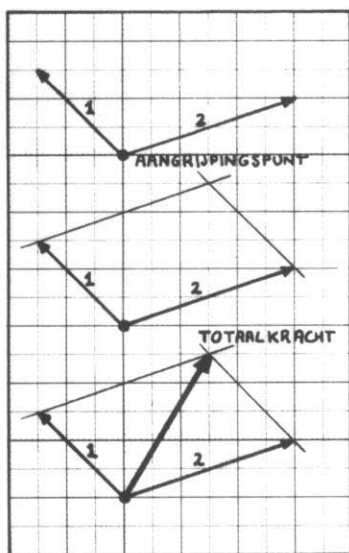
Opdrachten

- 1 Hang een voorwerp op aan een veerunster. De veerunster trekt aan het voorwerp, want anders zou het voorwerp vallen. De kracht waarmee de veerunster aan het voorwerp trekt, kun je op de veerunster aflezen. Hoe hard trekt de veerunster aan het voorwerp? Welke richting heeft die kracht?



- 2 Hang nu *hetzelfde* voorwerp op aan twee veerunsters (zoals op de foto). Lees de aanwijzing van de veerunster nauwkeurig af.
 - Hoe hard trekken de veerunsters aan het voorwerp? Welke richtingen hebben die krachten?
 - Tel de aanwijzingen van de veerunsters bij elkaar op. Vergelijk je uitkomst met de kracht bij opdracht 1. Mag je twee krachten, die in willekeurige richtingen werken, gewoon bij elkaar optellen om de totaalcracht te bepalen?

Je gaat nu een truc leren om in zo'n geval de totaalcracht te bepalen. We noemen die truc de parallellogram-methode.



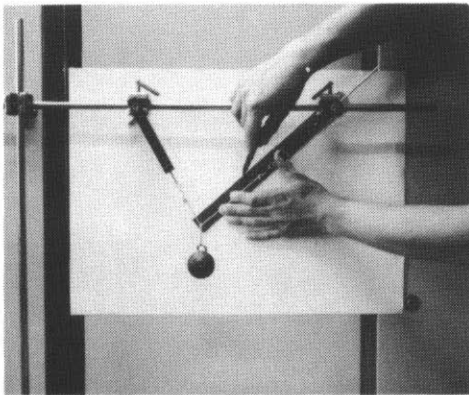
DE PARALLELLOGRAM-METHODE

Twee krachten werken in willekeurige richtingen op één voorwerp.

Om de totaalcracht te vinden

- trek je door de kop van pijl 1 een lijn evenwijdig aan pijl 2
- trek je door de kop van pijl 2 een lijn evenwijdig aan pijl 1 (Nu heb je een parallellogram)
- teken je vanuit het aangrijpingspunt een pijl naar het snijpunt van de twee lijnen die je net getrokken hebt
Deze pijl stelt de totaalcracht voor.
(Dat is dus een diagonaal van het parallellogram.)

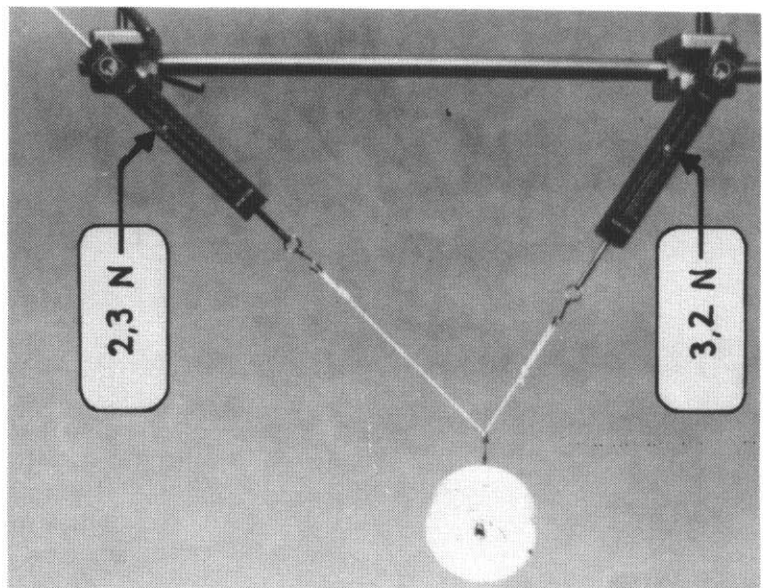
- 3 Controleer nu of de truc klopt door van de twee krachten uit opdracht 2 met de parallellogram-methode de totaalkracht te bepalen.

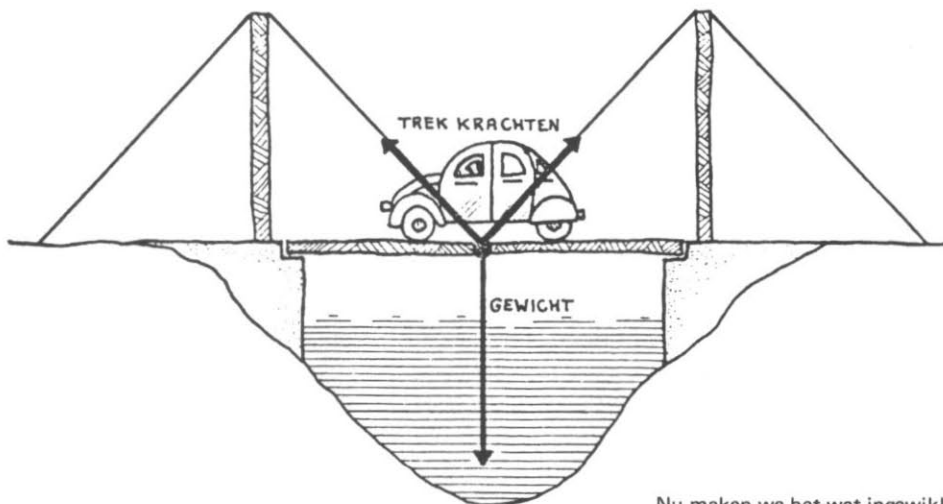


TIPS

De richting van de krachten uit opdracht 2 kun je vastleggen door ze te tekenen op een vel papier dat je achter de opstelling houdt (of door een foto van de opstelling te maken met een polaroidcamera). Kies zelf een schaal voor het tekenen van de pijlen (zie blz. 14).

- a Hoe groot is de totaalkracht? Welke richting heeft die kracht?
 - b Vergelijk je uitkomst met de kracht bij opdracht 1.
 - c Vind je de parallellogram-methode een goede manier om de totaalkracht te bepalen?
- 4 Bepaal met behulp van de foto de totaalkracht van de veerunsters op het voorwerp.

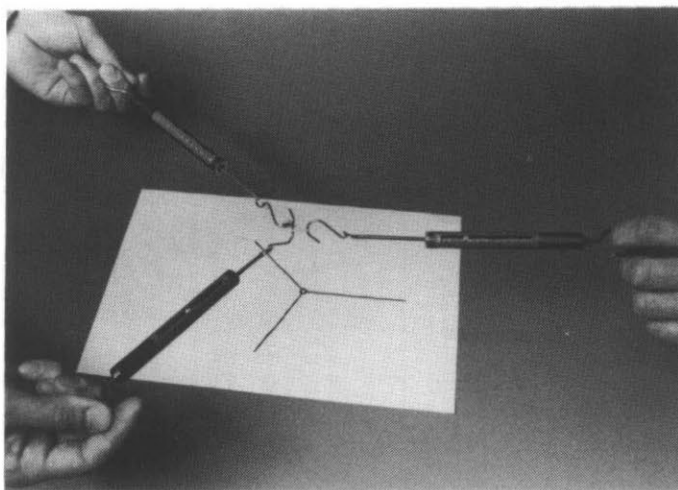




Nu maken we het wat ingewikkelder: de totaalkracht van drie krachten

Opdrachten

- 5 Maak drie veerunsters aan elkaar vast. Leg ze bovenop een horizontaal liggend blad papier. Trek eraan in willekeurige richtingen met willekeurige krachten. Je hebt dan een situatie die een beetje lijkt op wat er bij een tui-brug aan de hand is.



- a Lees de aanwijzingen van de veerunsters nauwkeurig af.
- b Geef op een blad papier onder de veerunsters aan:
 - 1 het punt waar de veerunsters aan elkaar vast zitten
 - 2 de richtingen waarin, door de veerunsters, aan dit bevestigingspunt getrokken wordt
- c Haal de veerunster weg. Teken op het blad papier vanuit het aangegeven bevestigingspunt pijlen die de uitgeoefende krachten voorstellen (denk om de grootte én de richting).

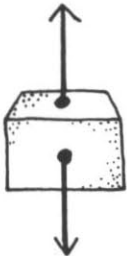
- d Tel *twee* van de drie krachten bij elkaar op met behulp van de parallellogram-methode (het maakt niet uit welke twee). Vergelijk de kracht die je dan krijgt met de derde kracht die je getekend hebt. Wat valt je op? Hoe groot is de totaalkracht van de drie krachten? Klopt dat?

- 6 Je kunt opdracht 5 herhalen met drie krachten in andere richtingen, om te zien of dat hetzelfde resultaat oplevert. Of je kunt het eens met meer dan drie krachten proberen.

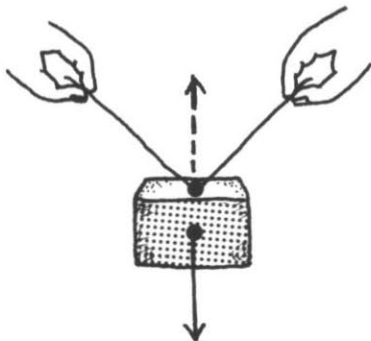
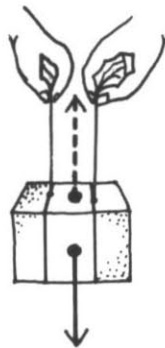
Bij de opdrachten 5 en 6 zie je dat een aantal krachten, die in willekeurige richtingen op één voorwerp werken, elkaar opheffen. De totaalkracht op het voorwerp is nul. Dat merk je doordat het voorwerp stil ligt.

Je hebt nu geleerd hoe je van twee krachten in willekeurige richtingen de totaalkracht kunt bepalen. Maar soms is het nodig dat je het omgekeerde kunt: een totaalkracht opdelen in twee krachten die in verschillende richtingen werken. Dat komt vooral voor als je je bezighoudt met het krachtenspel in constructies (zoals bruggen).

KRACHT OM DE
STEEN OMHOOG
TE HOUDEN



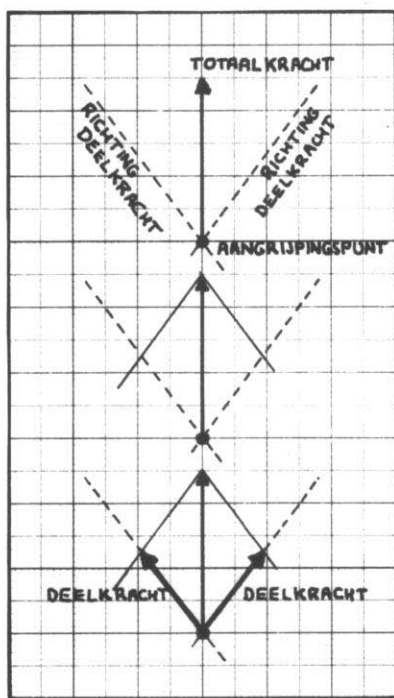
ZWAARTEKRACHT
OP DE STEEN



- 7 Neem een flinke baksteen, en maak daar twee touwtjes aan vast. De kracht die nodig is om de steen omhoog te houden, is even groot als de kracht waarmee de aarde aan de steen trekt (waarom?). De richting van die twee krachten is tegengesteld.

- Neem in beide handen een touwtje (zoals op de tekening). De twee touwtjes moeten nu *samen* de kracht leveren om de steen omhoog te houden (deze totaalkracht is gestippeld getekend).
- Teken de kracht die elk touwtje apart moet leveren.
- Hou je handen wat uit elkaar. Wat voel je veranderen? Kun je dat uitleggen?

Om de kracht die elk touwtje apart levert te tekenen, moet je de parallellogram-methode 'omgekeerd' gebruiken. Probeer maar eens of dat je lukt. Zo niet, kijk dan op de volgende bladzijde.



DE 'OMGEKEERDE' PARALLELOGRAM-METHODE

De 'omgekeerde' parallellogram-methode gebruik je om een totaal kracht op te delen in twee krachten in willekeurige richtingen. Hiernaast zie je de totaal kracht getekend, en de richtingen waarin de twee deelkrachten werken.

Om de deelkrachten te vinden

- trek je vanuit de kop van de totaal kracht twee lijntjes evenwijdig aan de richtingen van de deelkrachten.
- teken je vanuit het aangrijpingspunt pijlen in de richting van de deelkrachten tot aan het snijpunt met de lijntjes die je net getrokken hebt.

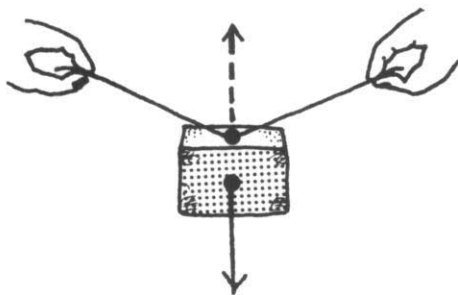
Deze twee pijlen stellen de deelkrachten voor.

(Herken je het parallellogram met de totaal kracht langs de diagonaal?)

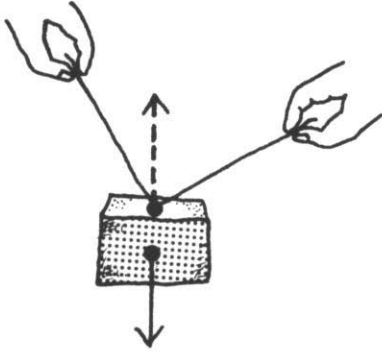
- d Hou je handen nog verder uit elkaar. Wat voel je veranderen?

Kun je dat uitleggen door de krachten te tekenen die elk touwtje nu moet leveren?

Vergelijk de kracht die een touwtje nu op de baksteen uitoefent eens met de kracht die je in het begin nodig had om de steen omhoog te houden. Welke conclusie trek je?



- e We willen overigens met je wedden dat het je niet lukt om je handen zóver uit elkaar te krijgen, dat de twee touwtjes één rechte lijn vormen. Zelfs niet als je een lichter voorwerp neemt.



8 En probeer dit nog eens. Wat voel je?

Kun je dat uitleggen?

Teken de krachten die de touwtjes op de baksteen uitoefenen.

SAMENVATTING

De totaalkracht van twee krachten, die in willekeurige richtingen op één voorwerp werken, bepaal je met de parallellogram-methode.

Omgekeerd kun je ook een totaalkracht opdelen in twee deelkrachten. Dat kan alleen als je de *richtingen* van die deelkrachten al weet.

Als een voorwerp niet beweegt, moet de totaalkracht van alle krachten die op het voorwerp werken nul zijn.

3 krachten in constructies

3.1 KRACHTEN EN MATERIAALSPANNING

Als je met twee handen aan de uiteinden van een touw trekt, dan ontstaat er in dat touw een trekspanning.



Nu trek je met het touw aan een blok. Het touw is dan gespannen. In het touw zit dus een trekspanning. Dat kan alleen als er aan twee kanten aan het touw getrokken wordt. Aan de ene kant trekt je hand en aan de andere kant moet er dus door het blok aan het touw getrokken worden.



Maar het is duidelijk dat het touw ook aan het blok trekt.

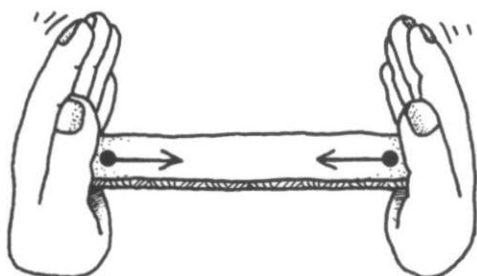


De kracht van het blok op het touw én de kracht van het touw op het blok noem je een 'krachtenpaar'.

Opdrachten

1 Als je een staaf met je handen in elkaar duwt, ontstaat er in die staaf een duwspanning.

- a Duwt die staaf dan ook tegen je handen terug?
- b Welke twee krachten vormen een krachtenpaar?



Als je wilt meten hoe groot de kracht is waarmee het touw aan het blok trekt, dan zet je tussen het touw en het blok een veerunster.



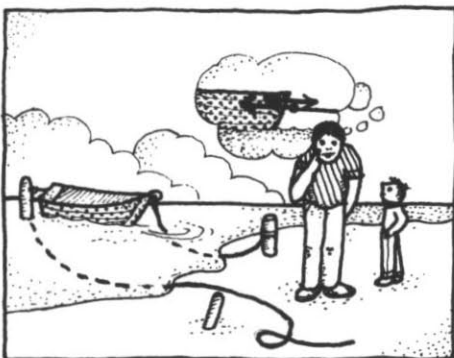
En als je ook wilt meten hoe groot de kracht is waarmee het blok aan het touw trekt, dan zet je tussen het blok en het touw nóg een veerunster.



2 Om te meten hoe hard het touw en het blok aan elkaar trekken, kun je het touw en het blok net zo goed weglaten. Je houdt dan twee aan elkaar vastgemaakte veerunsters over.

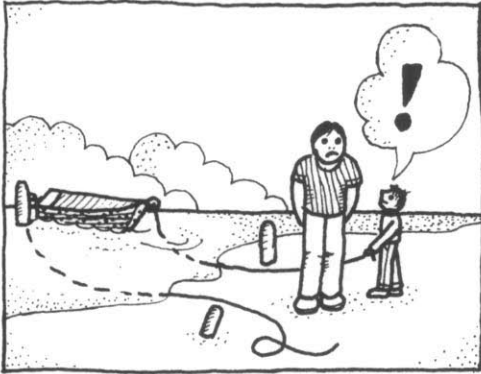


Trek aan de veerunsters (niet te hard!).
Vergelijk de aanwijzing van de unsters.
Trek wat harder en vergelijk weer de aanwijzing van de unsters.
Wat valt je op?



De krachten die de veerunsters op elkaar uitoefenen, blijken even groot én tegengesteld van richting te zijn.
Je mag aannemen dat dat altijd zo is als voorwerpen krachten *op elkaar* uitoefenen.

3 Piet de bodybuilder wil de boot naar de kant trekken. Hij heeft inmiddels al een heleboel over krachten geleerd. Dus hij redeneert als volgt: 'Als ik aan het touw trek, dan trekt het touw aan de boot. Maar dan trekt de boot even hard aan het touw terug.
Die krachten zijn gelijk én tegengesteld van richting. Dus die heffen elkaar op! En dat betekent dat de zaak niet in



beweging komt! Dus is het onmogelijk om de boot naar de kant te trekken'.

Kun jij Piet vertellen welke denkfout hij maakt? (Kijk zo nodig nog eens naar § 2.1).

De oplossing van Piets probleem is eenvoudig. In § 2.1 heb je ontdekt dat twee krachten elkaar alléén opheffen als ze even groot zijn, tegengesteld van richting zijn *én als ze op hetzelfde voorwerp werken*. Dit laatste is bij een krachtenpaar *nooit* het geval. Bij een krachtenpaar heb je te maken met twee krachten die op *verschillende* voorwerpen werken. De ene kracht werkt op het éne voorwerp (bijvoorbeeld de boot) en de andere kracht werkt op het andere voorwerp (bijvoorbeeld het touw). *Dus kunnen de twee krachten van een krachtenpaar elkaar nooit opheffen.*

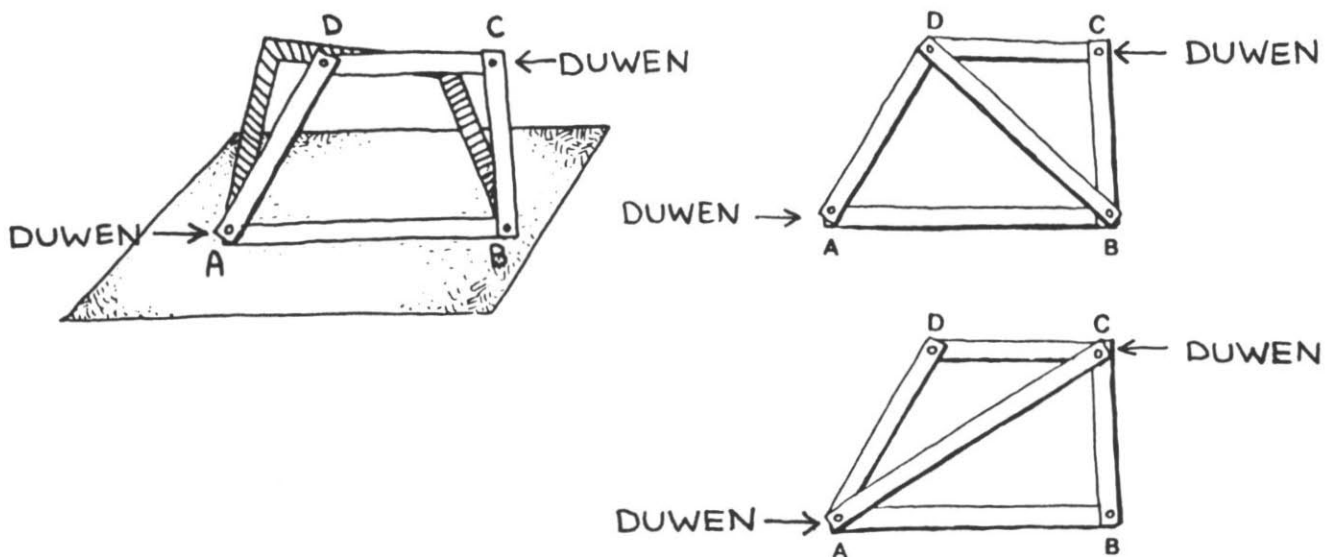
Als Piet de boot naar de kant wil trekken, hoeft hij alleen maar rekening te houden met de krachten die *op de boot* werken. Dus de trekkracht van het touw en de tegenwerkende kracht van het water waar de boot doorheen moet. Als hij maar hard genoeg trekt, komt de boot heus wel in beweging.

Materiaalspanningen en krachtenparen kunnen je helpen bij het uitrekenen van de krachten die er in constructies (zoals bijvoorbeeld bruggen) optreden. Het is erg belangrijk voor de ontwerper van zo'n constructie te weten hoe groot die krachten kunnen worden. Die ontwerper moet namelijk materialen kiezen die die krachten kunnen verdragen, anders stort de constructie in elkaar.



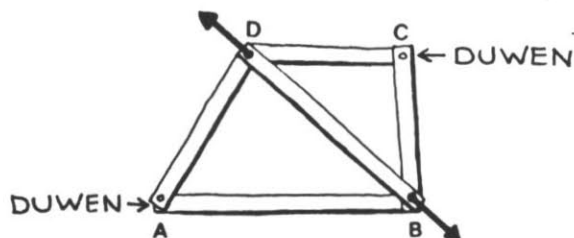
3.2 TREK- EN DUWKRACHTEN

In veel constructies komen driehoeken voor. Het voordeel van zo'n driehoek is, dat de vorm niet kan veranderen. Kijk maar eens naar het volgende voorbeeld. De vierhoek kan gemakkelijk vervormd worden. Maar als er een extra staaf wordt aangebracht, ontstaan driehoeken en krijg je een moeilijk te vervormen constructie. Probeer het maar.



Deze plaatjes ben je in het thema *Bruggen* al eens eerder tegengekomen. Je gaat er nu nog eens op een andere manier naar kijken.

De extra staaf kan op twee manieren aangebracht worden:



**TREKKRACHTEN
OP STAAF DB**

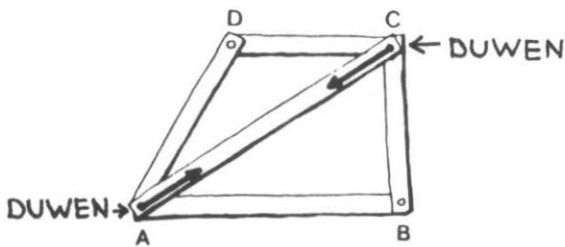
Trekkrachten op staaf DB

— als staaf DB.

De afstand DB zou bij vervorming van de vierhoek langer worden (meet maar na in de tekening). Een staaf tussen de punten B en D wordt dan uitgerekt bij vervorming. Met andere woorden: de staaf wordt op *trek* belast.

Doordat de staaf goed tegen zo'n trekspanning kan, vervormt de constructie nauwelijks.

Omdat de staaf DB op trek belast wordt, kun je de staaf door een touw vervangen (probeer het maar). Een touw verzet zich namelijk op dezelfde manier als een staaf tegen trekspanningen.



DUWKRACHTEN OP STAAF AC

Duwkrachten op staaf AC

— als staaf AC.

De afstand AC zou bij vervorming van de vierhoek korter worden (meet maar na in de tekening). Een staaf tussen de punten A en C wordt dan in elkaar geduwd bij vervorming. Met andere woorden: de staaf wordt op *duw* belast.

Als de staaf goed tegen zo'n duwspanning kan, vervormt de constructie nauwelijks. Tot de duwspanning zó groot wordt dat de staaf knikt.

Opdrachten

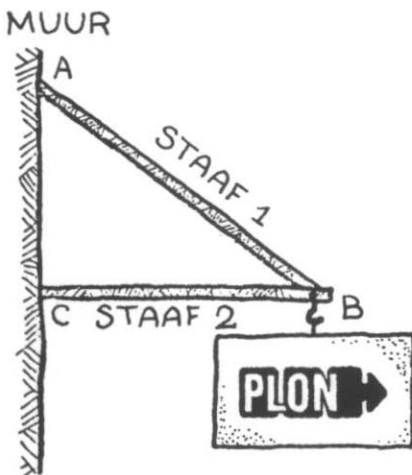
- 1 Kun je de staaf tussen A en C ook vervangen door touw? Waarom wel/niet?

Of er trek- of duwkrachten op een staaf (of een ander onderdeel) van een constructie werken, kun je te weten komen door na te gaan of die staaf langer of korter zou worden bij belasting van de constructie. Zou de staaf *langer* worden, dan werken er *trekkrachten* op de staaf. Zou de staaf *korter* worden, dan werken er *duwkrachten* op die staaf.

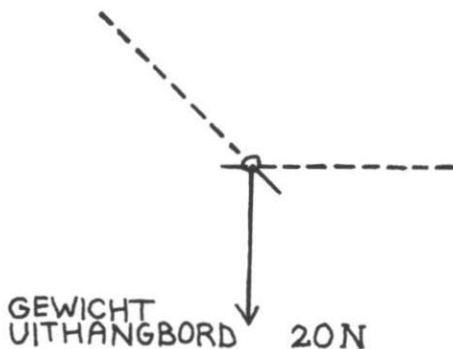
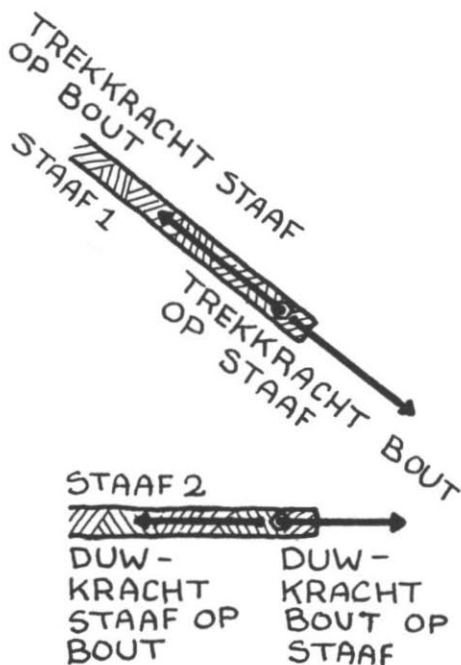
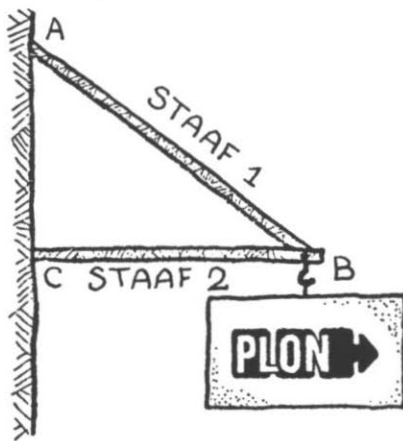
- 2 Je ziet hier een tekening van een uithangbord.

De ophangconstructie bestaat uit twee staven. De constructie wordt belast door de kracht waarmee het uithangbord er aan trekt.

- a Wat zou er gebeuren met de afstand AB, als je staaf 1 weghaalt?
- b Wordt staaf 1 dus op trek of duw belast?
- c Wat zou er gebeuren met de afstand CB, als je staaf 2 weghaalt?
- d Wordt staaf 2 dus op trek of op duw belast?
- e Welke van de twee staven zou je kunnen vervangen door een touw?



MUUR



3.3 HET UITHANGBORD

Stel je eens voor dat je een uithangbord ontworpen hebt. Maar nu sta je voor de vraag welke materialen je moet kiezen voor de onderdelen van de constructie. Dan moet je weten hoe groot de krachten zijn, die in de constructie optreden. Hoe ga je in zo'n geval te werk?

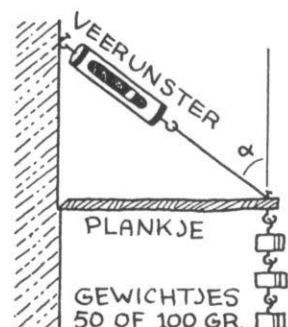
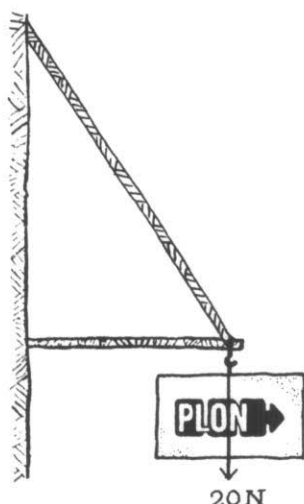
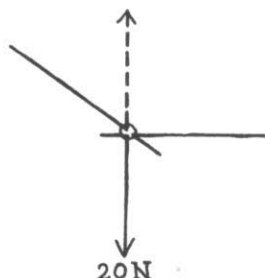
De constructie wordt in punt B belast door het uithangbord. Maar dat punt is in rust. Er moeten dus *op dat punt* nog meer krachten werken. Die krachten worden uitgeoefend door de constructieonderdelen (de staven 1 en 2). Je moet dus op zoek naar de krachten die de constructieonderdelen op dat punt B uitoefenen. Stel je maar voor dat punt B de bout is, waarmee de hele zaak aan elkaar vastzit.

Op die bout werken drie krachten:

- het gewicht van het uithangbord: het bord trekt aan de bout omlaag
- een kracht van staaf 1. Je weet dat staaf 1 op trek belast wordt. De bout trekt dus aan staaf 1. De staaf trekt dan even hard in tegengestelde richting aan de bout (krachtenpaar)
- een kracht van staaf 2. Staaf 2 wordt op duw belast. De bout duwt dus tegen staaf 2. De staaf duwt dan even hard in tegengestelde richting op de bout (krachtenpaar)

Je weet nu de richting van de drie krachten op de bout. Hiernaast is de bout getekend. In de tekening staat ook de pijl die het gewicht van het uithangbord voorstelt (een kracht van 20 N). Ook de richtingen van de krachten van de constructieonderdelen op de bout zijn aangegeven. Die twee krachten moeten samen een totaalkracht leveren die precies even groot is, maar tegengesteld gericht aan het gewicht van het uithangbord (waarom?). Die totaalkracht is in de volgende tekening (gestippeld) getekend.

TOTAALKRACHT VAN STAAF
1 EN 2 OP DE BOUT



Bepaal nu met de omgekeerde parallellogrammethode de grootte van de krachten die de constructieonderdelen op de bout uitoefenen. Hoe groot zijn de krachten die de staven van de uithangbordconstructie moeten verdragen?

Opdrachten

- 1 De constructie van het uithangbord is wat veranderd.
 - a Bepaal de grootte van de krachten die de staven van de uithangbordconstructie moeten verdragen.
 - b Wat valt je op aan de grootte van deze krachten-, vergeleken met die in de vorige constructie?

De grootte van de krachten op de bout, en dus ook van de trek- en duwkrachten op de staven, hangt af van de vorm van de constructie. Dat kun je controleren met de volgende proef.

- 2 Met deze opstelling kun je het ophangtouw steeds in een andere richting laten trekken. Met de veerunster bepaal je de trekkracht van het touw.
 - a Maak de hoek α achtereenvolgens 0° , 15° , 30° ... 90° . Schrijf de grootte van de hoek α en van de gemeten trekkracht op in de tabel. Zorg er bij de metingen voor dat het plankje steeds horizontaal ligt.

α	TREKKRACHT VAN TOUW	DUWKRACHT VAN PLANKJE
	N	N

- b Bepaal met de parallellogram-methode bij elke hoek α de grootte van de duwkracht op het plankje. Schrijf de resultaten op in de laatste kolom van de tabel.
- c Wat valt je op als je de tabel bekijkt?
Precies. Dat geldt zowel voor touwen als voor staven in bruggen en andere constructies: *een lagere driehoek veroorzaakt enorme krachten bij belasting.*

Met dit soort proeven en berekeningen kun je nagaan bij welke vorm van een constructie de kleinste krachten optreden.

Bij het bouwen van een constructie zijn op zijn minst twee dingen belangrijk:

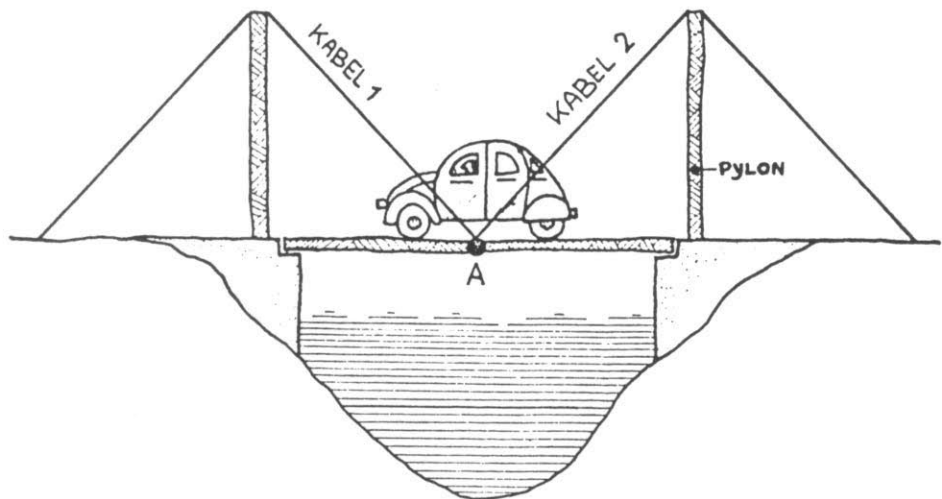
- de krachten die in een constructie optreden
- de kosten van de constructie

Om de krachten in een constructie klein te houden, kun je een bepaalde vorm kiezen. Maar zo'n vorm is niet altijd bruikbaar. Hoe moet je bijvoorbeeld bij proef 2 de hoek α 0° maken? Het touw wordt dan wel erg lang, en dus duur. Om de kosten van een constructie niet al te hoog te maken, wordt meestal een vorm gekozen waarin de optredende krachten groter zijn. Er is dan minder materiaal nodig en de constructie wordt minder duur.

Met proeven en berekeningen zoals bij het uithangbord kun je voorspellen hoe groot de krachten zijn, die de verschillende onderdelen van een constructie moeten verdragen bij een gekozen vorm. Dan kun je materialen kiezen en de dikte van kabels of staven bepalen waarmee je de constructie wilt bouwen.

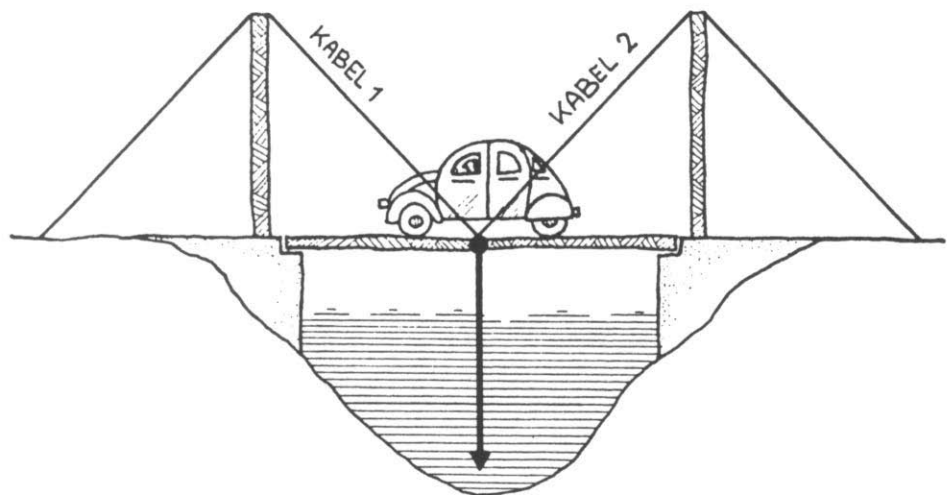
3.4 DE TUIBRUG

Bij een tuibrug trekken twee tuikabels het brugdek in A omhoog. Ze houden daardoor het brugdek op zijn plaats. De tuikabels zitten aan de andere kant vast aan zgn. 'pylonen'.

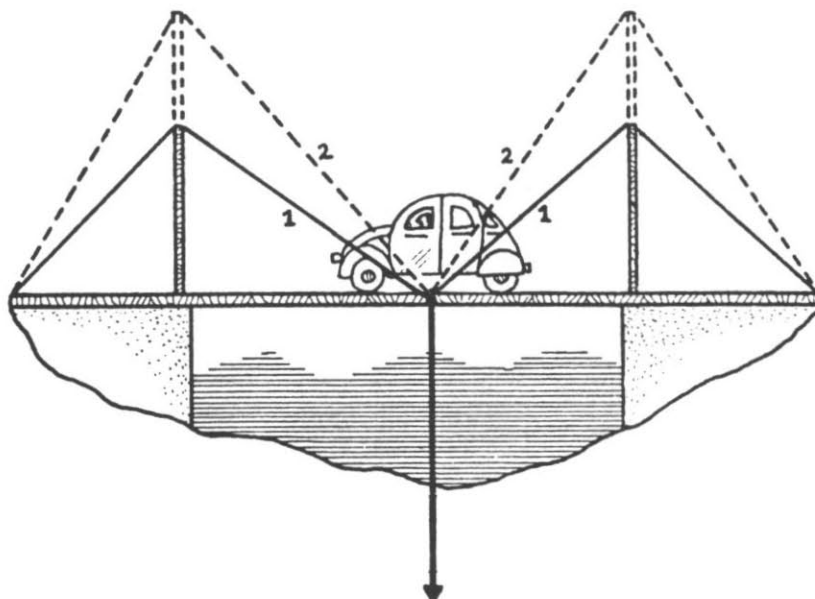


Opdrachten

- 1 a Worden de kabels (1 en 2) op trek of op duw belast?
b Worden de pylonen op trek of op duw belast?
- 2 In de tekening is de kracht van de auto op het brugdek weergegeven.



- a Teken de pijlen van de krachten die de kabels op het brugdek uitoefenen (op de juiste grootte).
- b Bekend is dat de auto een kracht van 9000 N op het brugdek uitoefent. Hoe groot is de trekkracht van de kabels op het brugdek dan?



3 In de tekening is de kracht van de auto op het brugdek weergegeven.

De gestreept getekende lijnen zijn bedoeld om na te gaan welke invloed zo'n verandering heeft op de trekkracht van de kabels.

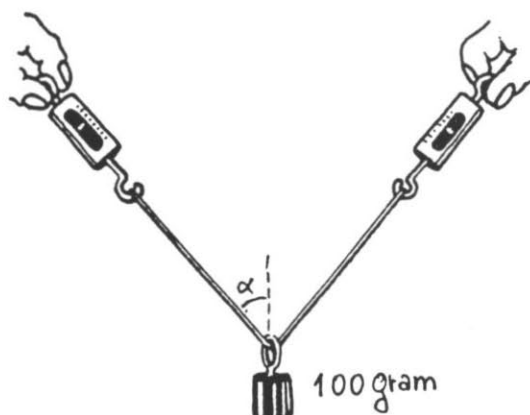
Wat verwacht je van zo'n verandering?

- Teken de trekkracht van de kabels (doorgetrokken lijnen) op het brugdek.
- Teken de trekkracht van de kabels (gestreept getekende lijnen) op het brugdek.
- Vergelijk de trekkracht in de twee situaties. In welk geval moeten de kabels de meeste kracht leveren?
Klopt dat met jouw verwachting?
- Noem een voor- en een nadeel van de verandering in de brugconstructie.

Je kunt de theoretische aanpak hierboven met een eenvoudig proefje controleren.

Maak de getekende opstelling.

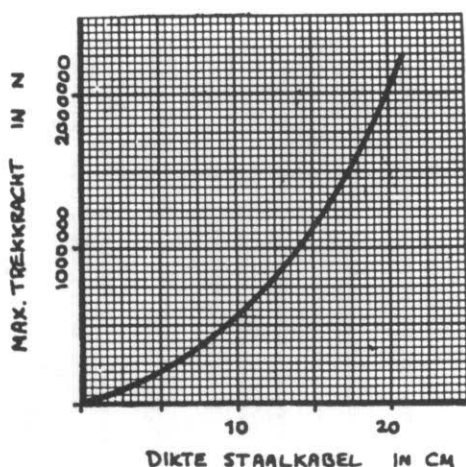
Zorg dat het gewicht in het midden hangt.



- Meet hoe groot de krachten zijn bij een hoek α van 0° , 30° , 45° en 60° .

Maak een tabel van je metingen.

Welke conclusie trek je over de kracht van de touwen bij verschillende hoeken?



4 Gekozen wordt voor het bouwen van een brug met vorm 1 uit opdracht 3.

a Noem minstens één voordeel en één nadeel van deze keuze.

De brug moet een totale belasting kunnen verdragen van 1 000 000 N.

b Hoe groot wordt de trekkracht van de kabels bij deze maximale belasting?

De trekkracht die een kabel kan verdragen zonder te breken is groter als de kabel dikker is. In de grafiek zie je de maximale kracht die staalkabels van verschillende dikte kunnen verdragen.

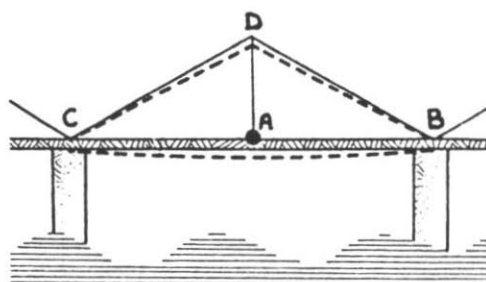
c Hoe dik zou je de staalkabels voor deze brug kiezen?

3.5 DE VAKWERKBRUG

Bij een vakwerkbrug maakt men gebruik van constructies van balken om het brugdek te verstevigen. Zo'n constructie heet een 'vakwerk'.

Een kenmerk van zo'n vakwerk is het gebruik van driehoekige constructies, die een grote stevigheid geven.

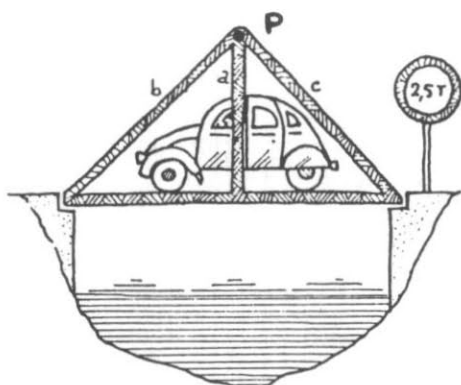
Op de foto zie je een primitieve vakwerkbrug. Onder de foto is deze brug schematisch getekend.



Bij belasting in het midden van de brug worden de driehoeken vervormd (gestreept getekende lijnen)

Opdrachten

- 1 a Worden de staven CD en DB op trek of op duw belast?
b Wordt staaf DA op trek of op duw belast?



- 2 Bij de brugconstructie hiernaast trekt de auto door zijn gewicht staaf a naar beneden. Staaf a trekt dus aan het bevestigingspunt P van de drie staven a, b en c naar omlaag. De staven b en c moeten dan korter worden; ze worden op duw belast. In het bevestigingspunt werkt er dus een duwkracht op b en c. Dat betekent dat staaf b op het bevestigingspunt een kracht uitoefent die even groot is als de duwkracht op b, maar tegengesteld gericht. Hetzelfde geldt voor staaf c.

- a Teken de richting van de drie krachten op het bevestigingspunt van de staven a, b en c.
b Welk effect hebben de twee krachten, die b en c op het bevestigingspunt uitoefenen?

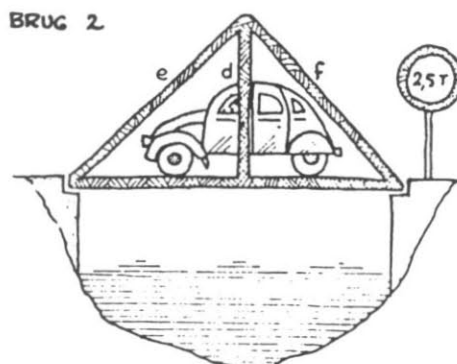
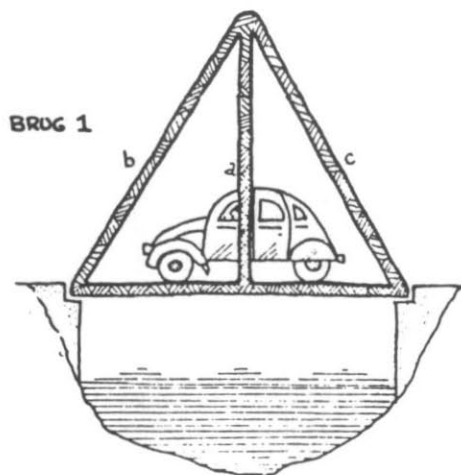
- 3 In de tekening is de kracht die de auto op het brugdek uitoefent weergegeven.

- a Teken de pijl die de kracht van staaf a op het bevestigingspunt P van de staven a, b en c voorstelt.

Als het bevestigingspunt niet (meer) beweegt, is er krachterevenwicht.

- b Teken de pijlen van de krachten die de staven b en c op het bevestigingspunt uitoefenen.
c De auto op de brug weegt 9000 N. Hoe groot zijn de duwkrachten op de staven b en c?

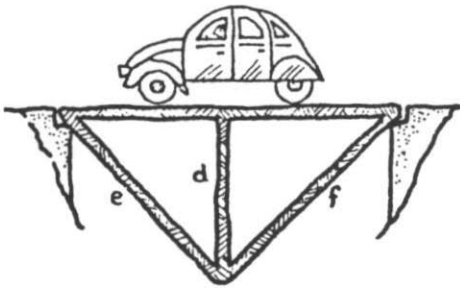
- 4 Hieronder zijn twee bruggen getekend. Op elke brug staat een auto met een gewicht van 9000 N.



Bij welke brug moeten de staven het stevigst zijn, verwacht je?

- Bepaal hoe groot de krachten zijn die elk van de staven a t/m f moeten kunnen verdragen.
- Bij welke brug moeten de staven het stevigst zijn?
Klopt dat met je verwachting?
- Noem een voor- en een nadeel van beide bruggen.

5 Bij de hier getekende brug is de driehoeksconstructie van brug 2 uit opdracht 4 onder in plaats van boven het brugdek aangebracht.



- Welke staven worden op duw en welke op trek belast?
- Bepaal hoe groot de krachten zijn die elk van de staven d, e en f moet kunnen verdragen als er een auto met een gewicht van 9000 N oprijdt.
- Vergelijk deze krachten met de krachten bij brug 2 van opdracht 4.
Is er verschil of kunnen voor beide bruggen dezelfde staven gebruikt worden?
- Kun je een voordeel noemen van deze constructie boven de constructie van brug 2 van opdracht 4. En een nadeel?

4 krachten en beweging

4.1 WRIJVINGSKRACHTEN

Om vooruit te komen bij het fietsen is een kracht nodig, die geleverd wordt door je spieren. Als een auto wil rijden is er een kracht nodig, geleverd door de brandstof in de motor. Dat die krachten nodig zijn, wordt onder meer veroorzaakt door de tegenwerking van *wrijvingskrachten*. Met wrijvingskrachten bedoelen we alle krachten die weerstand bieden tegen het bewegen van voorwerpen. Ze ontstaan doordat lucht of water of vaste stoffen langs elkaar *wrijven*.

Opdrachten



- 1 Wanneer moet je harder trappen bij het fietsen (= meer kracht uitoefenen):
 - a als je tegenwind hebt of wind achter?
 - b als je over asfalt rijdt of door mul zand?
 - c als je op gang moet komen of met constante snelheid rijdt?
 - d als je een heuvel op rijdt of op een vlakke weg rijdt?
 - e als je alleen fietst of met iemand achterop?
- 2 Dat je in sommige situaties van vraag 1 harder moet trappen, wordt veroorzaakt door grotere wrijvingskrachten. Welke situaties zijn dat volgens jou?

Er zijn nog veel meer bewegingen waarbij wrijvingskrachten een belangrijke rol spelen.

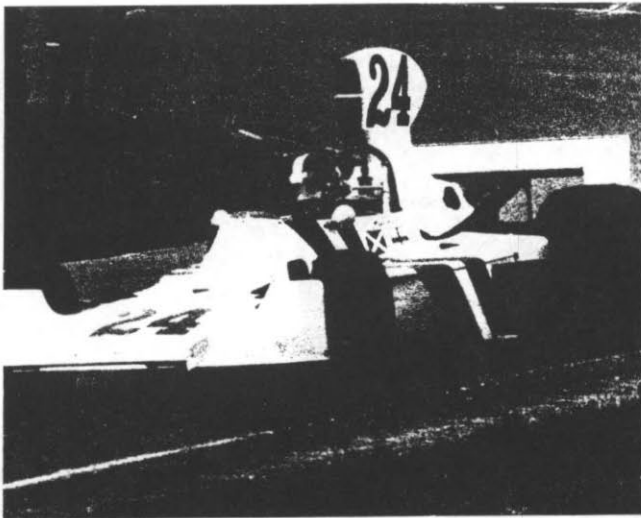
- 3 Wijs in de volgende situaties aan waar er wrijvingskrachten werken en geef aan wat er dan tegen elkaar wrijft:



a een kist wordt over de grond voortgetrokken



b een boot vaart door het water



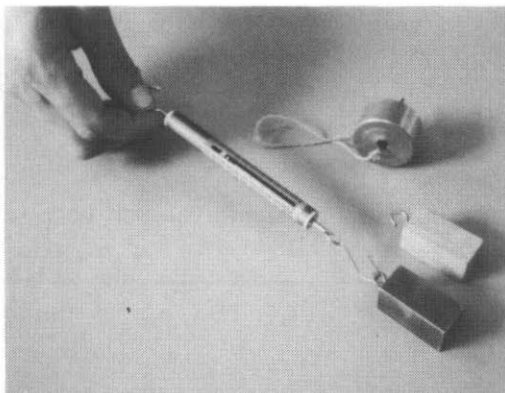
c een race-auto



d knijpremmen op een fiets

Wrijvingskrachten komen dus voor in allerlei situaties en werken op verschillende manieren: vlakken die langs elkaar bewegen, rollende wrijving, wrijving met water of lucht.

De *grootte* van een wrijvingskracht hangt af van erg veel factoren. Met de volgende proef onderzoeken we de wrijving tussen voorwerpen en de ondergrond.



- 4 Wrijving met de ondergrond kun je meten door je voorwerp langzaam aan een veerunster vooruit te trekken. Zorg er daarbij voor dat je een gelijkmatige beweging krijgt.

Vergelijk de wrijvingskrachten in de volgende situaties:

- a een licht en een zwaar blokje over een gladde tafel
- b een licht blokje over een gladde tafel, over een stuk schuurpapier en over een laagje zand
- c een blokje en een even zware cilinder over een gladde tafel

Probeer zelf conclusies te trekken.

- 5 Bij vraag 1 heb je waarschijnlijk opgeschreven dat je meer moeite hebt om te fietsen door mul zand en met iemand achterop. Klopt dat met de resultaten van je onderzoek?

Om de wrijving van bewegende voorwerpen met de lucht (luchtweerstand) te meten heb je veel ingewikkelder apparatuur nodig. Professionele proeven worden vaak in windtunnels uitgevoerd, waar het effect van de stroomlijn van bijvoorbeeld auto's wordt nagegaan.

- 6 Weet je een paar manieren om de stroomlijn van auto's te verbeteren?

Weet je ook waarvoor het schuine bord dient, dat je tegenwoordig vaak op auto's met caravan of vrachtwagens ziet? Wat is eigenlijk het voordeel van het verbeteren van de stroomlijn van een voertuig?



Windgeleiders op vrachtwagens verminderen de luchtweerstand. Een vrachtwagen kan daardoor met ruim tien procent minder energie toe.

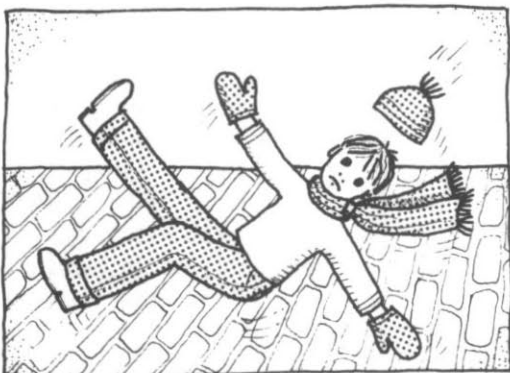
SAMENVATTING

De grootte van een wrijvingskracht tussen vlakken hangt af van:

- de ruwheid van de vlakken
- hoe hard de vlakken tegen elkaar worden gedrukt
- of het contact glijdend of rollend is

Wrijving met lucht of water is kleiner als de stroomlijn van een voertuig beter is.

Wrijvingskrachten remmen de beweging van een voertuig af.



Wrijvingskrachten spelen soms ook nog een andere rol, die je misschien niet had verwacht.

- 7 Kun je op glad ijs fietsen?

Wat gebeurt er als je op een beijzelde straat probeert te lopen?

Wrijvingskrachten zijn soms dus ook *noodzakelijk* om een voertuig, of een persoon, in beweging te krijgen, omdat er anders geen afzetmogelijkheid is!

4.2 BEWEGEN IN HET VERKEER

Nu je iets beter weet wat wrijvingskrachten zijn en wat voor effect ze hebben, gaan we nog eens wat preciezer naar bewegingen in het verkeer kijken. We zullen drie soorten bewegingen van een voertuig onderscheiden:

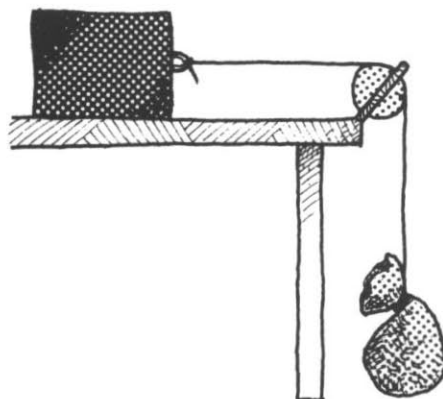
- A optrekken of op gang komen
- B remmen of langzaam vaart minderen
- C even hard blijven rijden

Opdrachten

- 1 Kun je voor de bewegingen A, B en C zeggen wat er met de *snelheid* van het voertuig gebeurt?

A OPTREKKEN OF OP GANG KOMEN

- 2 Wanneer moet je meer kracht leveren: als je met een fiets wegrijdt of als je met een constante snelheid fietst?
- 3 In 4.1 heb je de wrijvingskracht tussen een blokje en de ondergrond gemeten. Bevestig nu aan zo'n blokje een touwtje dat via een wieltje loopt en waaraan een zakje met zand is opgehangen. Het gewicht van dit zakje (in N) moet groter zijn dan de wrijvingskracht. Laat het zakje nu los en bekijk wat er gebeurt.
Welke soort beweging is dit: A, B of C? Herhaal je proefje met een zwaardere zakje. Wat is het verschil?
Aan de ene kant van het blokje trekt het gewicht van het zand, aan de andere kant werkt de wrijvingskracht tegen. Hoe groot is de totaalkracht op het blokje?



Bij voertuigen is het precies zo: als de motorkracht groter is dan alle tegenwerkende wrijvingskrachten tezamen, de totaalkracht is dan groter dan nul, dan komt het voertuig op gang (het trekt op, accelereert!)



2CV-6 Charleston

Testwaarden

Brandstofverbruik (super) bij 100 km/h
gelijkmatige snelheid 6,9 l/100 km (= 1 op 14,5).
Topsnelheid 108 km/h. Acceleratie van 0-100 km/h
40 sec.

Fiat Panda '34'

Testwaarden

Brandstofverbruik (normale benzine) bij 100 km/h
gelijkmatige snelheid 6,4 l/100 km (= 1 op 15,6).
Topsnelheid 126 km/h. Acceleratie van 0-100 km/h
23,5 sec.

- 4 Welke auto trekt volgens deze autotest het snelst op?
Wat is daar volgens jou de oorzaak van?

SAMENVATTING

Als de totaalkracht op een *stilstaand* voertuig groter is
dan nul, dan komt het voertuig in beweging: *zijn snel-
heid neemt toe.*

- 5 Hoe kan een auto harder rijden als hij al met een snel-
heid van 80 km/h rijdt? Gebruik het woord kracht.

B REMMEN OF LANGZAAM VAART MINDEREN

Stel je voor: je rijdt met een rustig gangetje op je fiets
en wilt tot stilstand komen. Als we het tegen een boom
botsen even buiten beschouwing laten, dan zijn er nog
twee manieren:

- a je houdt op met trappen en rijdt langzaam uit
- b je remt met de hand- of terugtraprem.

Opdrachten

- 6 a Teken in beide gevallen de totaalkracht die er op je fiets werkt:



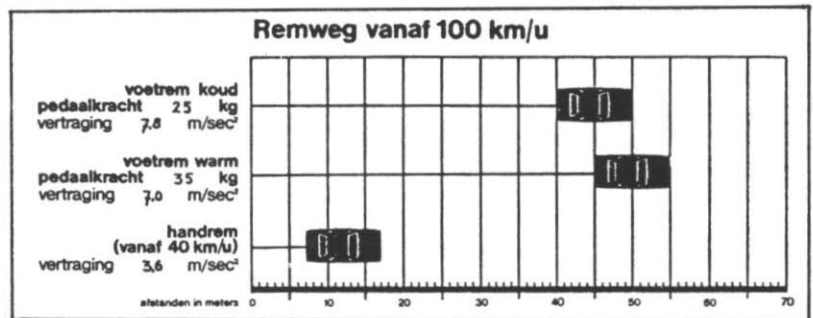
alleen ophouden met trappen



ophouden met trappen en remmen

- b Waarom duurt het in het tweede geval minder lang voordat je stilstaat?

- 7 In testrapporten over auto's staat vaak ook iets over de remweg.



Welke manier van remmen heeft de grootste remkracht?

- 8 Wat kan er gebeuren als een auto met gladde banden op een nat wegdek plotseling moet remmen?
Wat zal er aan de hand zijn als je met je fiets met knijp-remmen heel slecht kunt remmen?

SAMENVATTING

Als de totaalkracht op een *bewegend* voertuig groter is dan nul en tegengesteld aan de richting waarin het voertuig beweegt, dan wordt de *snelheid* van het voertuig *kleiner*.



C EVEN HARD BLIJVEN RIJDEN

LUCHTWEERSTAND



We zetten eens onder elkaar wat we tot nu toe over bewegingen te weten zijn gekomen:

- de totaalkracht is groter dan nul en naar *rechts* gericht
- de fietser beweegt naar rechts toe steeds *sneller*

LUCHTWEERSTAND



- de totaalkracht is groter dan nul en naar *links* gericht
- de fietser gaat naar rechts toe steeds *langzamer*

(Waar de krachten op de fiets en de fietser aangrijpen is niet precies bepaald. Maar omdat ze óf naar voren óf naar achteren werken, mag je ze gewoon optellen en aftrekken.)

Opdracht

- 9 Hoe zou het plaatje eruit zien als de fietser even hard bleef rijden?
 Probeer op grond van de vorige twee situaties de tekening en de zin af te maken.

- de totaalkracht is
- de fietser blijft even hard rijden



Isaac Newton.

In de praktijk is het erg moeilijk bij deze laatste soort beweging precies te kunnen meten dat de totaalkracht nul is en daarom is het ook best moeilijk te begrijpen. Misschien denk je wel dat je spierkracht toch net iets groter moet zijn dan alle wrijvingskrachten samen om dezelfde snelheid te houden. De natuurkundige Isaac Newton heeft aannemelijk kunnen maken dat toch alleen in het geval dat alle krachten elkaar *precies* opheffen er sprake van een *constante snelheid* kan zijn.

SAMENVATTING

Als de totaalkracht op een voertuig precies nul is, dan blijft het stilstaan, of het blijft even hard rijden.

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. Wicstra
 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 Bemmelen
 R.S.G. Brokdele 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. Revis 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