



Aantekeningen voor de Leraar en Apparatuurgids

Krachten

Een lessenserie
waarin de leerlingen

- de belangrijkste eigenschappen van krachten leren kennen, evenals de "rekenregels" waaraan krachten onderworpen zijn
- het begrip "kracht" hanteren in statische situaties (bij het analyseren van het krachten spel in constructies) en in dynamische situaties (in het verkeer).



Experimentele uitgave voor de 3e klas havo/vwo en de 4e klas mavo.
Samengesteld door de projectgroep PLON, met medewerking van projectleraren.



© 1983 Rijksuniversiteit Utrecht

Deze Aantekeningen voor de Leraar maken deel uit van experimenteel lesmateriaal. Overname of referentie uitsluitend na toestemming van de medewerkers van het PLON, Lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht.

INHOUD

Voorwoord	2
Verantwoording	3
1. De plaats van "Krachten" in het PLON-curriculum	3
2. Achtergronden en uitgangspunten	4
Het lesmateriaal	6
1. Het instructieboek	6
2. Apparatuur en werkmateriaal	6
Didactische opzet	7
1. Inhoud en opzet	7
2. Werkwijze	9
3. De structuur in beeld	9
Lessenplan	10
1. Een voorbeeld-lessenplan	10
2. Het lessenplan in 4-mavo	10
3. Het lessenplan in 3-havo/vwo	10
Didactische aanwijzingen	13
1. Wat is een kracht?	13
2. Krachten optellen	13
3. Krachten in constructies	15
4. Krachten en beweging	17
Doelen voor leerlingen	19
Doelen voor de leraar	20
Lerarenvragenlijst	21
Bijlagen:	
D1 Krachten in het PLON-examenprogramma	25
D2 Toetsvragen	28
Apparatuurgids	37

Deze "Aantekeningen voor de Leraar" kan worden besteld bij:

BV Uitgeverij NIB
Postbus 144
3700 AC Zeist
Tel. 03404-21624

De prijs is f 5,-.

VOORWOORD

U bent betrokken bij het PLON-experiment; fijn dat u meedoet!
Deze Aantekeningen Voor de Leraar (AVOL) hoort bij het instructieboekje "Krachten". Het instructieboekje "Krachten" is bedoeld zowel voor het begin van de 4e klas mavo (als voorbereiding op het thema "Verkeer en Veiligheid", dat daar direkt na komt), als voor de 3e klas havo/vwo (waar het op het thema "Bruggen", het eerste thema van de 3e klas, kan volgen).

We hopen dat u deze Aantekeningen Voor de Leraar interessant zult vinden en dat zij u helpen bij het voorbereiden en geven van uw lessen "Krachten". Deze AVOL is zowel bestemd voor hen, die "Krachten" voor de eerste keer geven als voor hen, die er al ervaring mee hebben.

De AVOL geeft informatie over de didactische opzet van het instructieboek "Krachten" en bespreekt de verschillende fasen van het lesplan. In de bijlagen zijn voorbeelden van toetsvragen opgenomen. Het laatste deel is een gids voor de apparatuur en bevat ook details over de proeven.

Op blz. 21 is een vragenlijst opgenomen. U kunt uw enthousiasme en kritiek daarin kwijt. We stellen het zeer op prijs, als u die lijst wilt invullen en opsturen.

Het PLON-team
Lab. Vaste Stof
Rijksuniversiteit Utrecht
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

Januari 1983.

VERANTWOORDING

1. DE PLAATS VAN "KRACHTEN" IN HET PLON-CURRICULUM

Het instructieboekje "Krachten" is bedoeld voor gebruik in de vierde klas mavo, en in de derde klas havo/vwo. Het omvat als natuurkunde-leerstof onder andere een introductie van het begrip "kracht" (effecten, grootte, richting, aangrijpingspunt en voorstellingswijze van een kracht), een aantal rekenregels voor het optellen en ontbinden van krachten, het analyseren van het krachtenspel in constructies (statica) en bij bewegende voorwerpen (dynamica).

In de vierde klas mavo gaat "Krachten" direct vooraf aan "Verkeer en Veiligheid", in de derde klas havo/vwo kan "Krachten" in aansluiting op het thema "Bruggen" gebruikt worden. In de kaders zijn de jaarprogramma's voor de 4e klas mavo en de 3e klas mavo/havo/vwo weergegeven.

JAARPROGRAMMA 3-MAVO ¹⁾		JAARPROGRAMMA 3-HAVO/VWO ¹⁾		Uitbreidingsmogelijkheden ⁴⁾
Thema	Aantal lessen	Thema	Aantal lessen	
Bruggen	10	Bruggen	10	Instructieboek Krachten
Instructieboek Elektrische Schakelingen	6	Instructieboek Elektrische schakelingen	10	Schakelen en Regelen
Zien Bewegen ²⁾	10, 12, 14	Zien Bewegen ²⁾	10, 12, 14	Kleur en Licht
Geluid Weergeven ²⁾	16, 14, 12	Geluid Weergeven ²⁾	16, 14, 12	{ NAS ³⁾ Verwarmen en Isoleren
NAS/Water voor Tanzania	6	Energie Thuis	10	
Energie Thuis	16	NAS ³⁾	8	
NAS/Energie in de Toekomst				
	64		64	
	==		==	

1) Dit jaarprogramma is gebaseerd op twee lessen per week.

2) Het aantal lessen bij met name deze thema's hangt af van een aantal keuzen die de leraar maakt met betrekking tot het doen van bepaalde basisdelen, het laten uitvoeren van keuze-onderzoeken, enz.; zie daarvoor de AVOL's van de betreffende thema's.

3) Keuze uit de vier deelthema's "Natuurkunde en Samenleving".

4) Bij een urenaantal van drie lessen per week in 3-havo/vwo; zie "jaarplan 3-havo/vwo".

Jaarprogramma PLON 4-mavo	Aantal lessen
Krachten	7
Verkeer en Veiligheid	18
NAS/Stoppen of Doorrijden	7
Verwarmen en Isoleren	16
Schakelen en Regelen	16
Machines en Energie	14
NAS/Kerwapens en/of Veiligheid	7
Repeteerthema en examenboek	20
	105
	==

VERANTWOORDING

Volgens het jaarprogramma voor de 3e klas havo/vwo is het instructieboek "Krachten" een *uitbreidingsmogelijkheid* bij het thema "Bruggen". "Krachten" behoort dus niet tot het standaardpakket van de derde klas, maar kan gekozen worden in bijvoorbeeld het geval dat er 3 lesuren per week in 3 havo/vwo beschikbaar zijn. Bij 2 lesuren per week in 3 havo/vwo kan ook voor behandeling van "Krachten" gekozen worden, maar dan alleen ten koste van (delen van) andere thema's in het 3e klas programma.

2. ACHTERGRONDEN EN UITGANGSPUNTEN

Waarom een apart boekje "Krachten"? Daarvoor eerst een stukje geschiedenis.

Uit onderzoek¹⁾ is gebleken dat het begrip "kracht" in "Verkeer en Veiligheid" niet goed functioneerde. Het krachtbegrip werd in de oude versie van "Bruggen" behandeld, vooral als kracht in statische situaties (trek- en duwkrachten, vectorieel optellen). "Verkeer en Veiligheid" (oude versie) breidde dat begrip uit tot dynamische situaties. Dat werkte om een aantal redenen niet goed:

- er lag voor mavo-leerlingen een te grote tijd tussen "Bruggen" en "Verkeer en Veiligheid" om die twee aspecten van krachten aan elkaar te koppelen;
- in "Bruggen" stond het begrip kracht in de context van materiaalspanningen (het overbrengen van een kracht op een brug naar een steunpunt), waarbij het spreken over krachten in één punt tot verwarring bij de leerlingen leidde;
- leerlingen bleken moeite te hebben met de vraag welke krachten ze bij elkaar mogen optellen en welke niet (omdat ze op verschillende voorwerpen werken);
- in "Verkeer en Veiligheid" (oude versie) werd het dynamische aspect van krachten niet scherp genoeg ingeleid.

We hebben gekozen voor oplossingen op twee punten:

- Het krachtbegrip is uit het thema "Bruggen" gehaald. "Bruggen" is herschreven, met als centraal begrip: materiaalspanning. Het instructieboekje "Krachten" besteedt systematische aandacht aan het opbouwen van en werken met het begrip kracht. Op deze manier hopen we te bereiken dat:
 - voor mavo-4 leerlingen het begrip kracht in *statische* en *dynamische* situaties dicht bij elkaar gebracht worden (ook in de tijd);
 - het *doorgeven* van een kracht (materiaalspanningen) onderscheiden wordt van de *werking* van een kracht (in hoofdstuk 3 van "Krachten" worden deze verschillende benaderingen weer aan elkaar gekoppeld);
 - duidelijk(er) wordt welke krachten bij elkaar opgeteld mogen worden en welke niet (door in "Krachten" apart aandacht te besteden aan krachtenparen en het zoeken naar krachten die op één punt (van een constructie bijvoorbeeld) werken).
- In "Krachten" wordt aandacht besteed aan de dynamische werking van krachten (hoofdstuk 4) als voorbereiding op het thema "Verkeer en Veiligheid". Bovendien is in dat thema het dynamische krachtbegrip verscherpt in de paragrafen over "krachten bij constante snelheid"

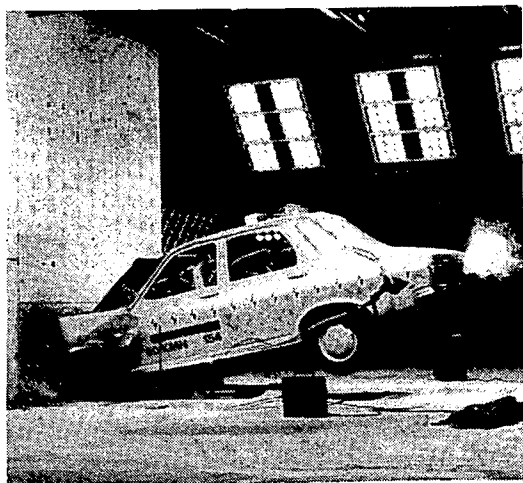
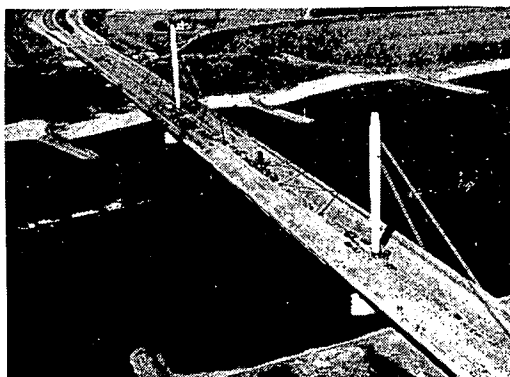
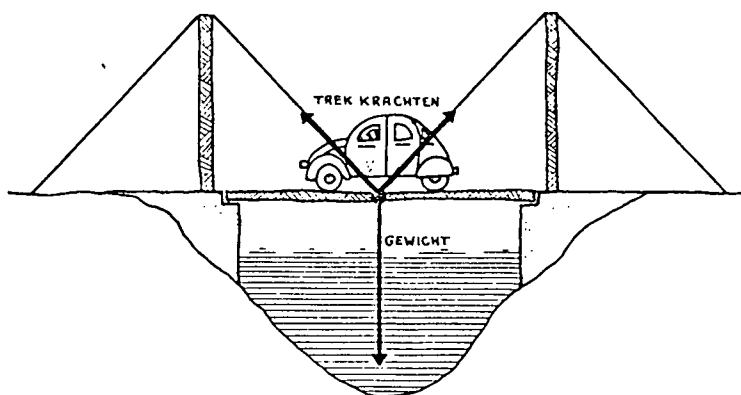
1) Zie R. Wierstra e.a. "Evaluatieverslag Verkeer en Veiligheid" 3e deelrapport blz. 30 e.v. (PLONoz 80-1110).

VERANTWOORDING

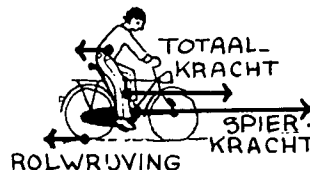
en "krachten bij snelheidsverandering" en door inleidende fietsproeven bij de bewegingswetten.

Het nadeel van een apart instructieboekje kan zijn dat er in tweede instantie op bruggen, met name de tuibrug en de vakwerkbrug, in niet-thematisch verband wordt teruggekomen. We hopen dat dit nadeel opweegt tegen het voordeel van een betere introductie van het (moeilijke) begrip "kracht".

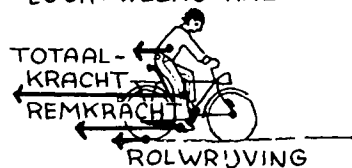
Een voordeel is dat mavo-leerlingen, die weinig hebben aan het uitrekenen van krachten als ze na de 3e klas de natuurkunde hebben laten vallen, niet ontmoedigd hoeven te worden met een moeilijk theoretisch verhaal. Wie in 4-mavo wél natuurkunde heeft gekozen, moet dat stuk wel kunnen verwerken. Voor de 3e klas leerlingen in havo/vwo kan een soortgelijk argument gelden. In dat geval zou men er voor kunnen kiezen slechts een deel van de leerlingen in de 3e klas havo/vwo aan het boekje "Krachten" te laten werken in samenhang met het thema "Bruggen".



LUCHTWEERSTAND



LUCHTWEERSTAND



HET LESMATERIAAL

1. HET INSTRUCTIEBOEK

Het instructieboek "Krachten" (evenals de thema's "Bruggen" en "Verkeer en Veiligheid" waarbij het boekje "Krachten" een rol speelt) kan besteld worden bij:

B.V. Uitgeverij N.I.B.

Postbus 144

3700 AC Zeist

Tel. 03404-21624

Het instructieboek is bestemd voor alle leerlingen in 4-mavo, en kan naar keuze gebruikt worden in 3-havo/vwo.

2. APPARATUUR EN WERKMATERIAAL

Practicum- en werkmateriaal moet door de school zelf worden verzorgd. In de apparatuurgids vindt u een overzicht van het practicummateriaal per thema. Voor een jaar-overzichtslijst kunt u zich richten tot het PLON.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen basis (B) materiaal (dat is datgene wat nodig is om minimum doelen te bereiken) en extra (E) materiaal (onder andere ten behoeve van keuze-opdrachten).

Een school die met PLON gaat werken wordt aangeraden het eerste jaar alleen het basismateriaal aan te schaffen. Het extra materiaal kan in de jaren daarna aangeschaft worden. De keuzemogelijkheden die in het eerste jaar beperkt zijn, kunnen zo in latere jaren uitgebreid worden. Het voordeel daarvan is ook dat de leraar dan meer ervaring heeft met de organisatie van het practicummateriaal in de klas.

Voor aanschaf van practicummateriaal kunt u zich richten tot diverse firma's. Met Breukhoven BV te Rotterdam heeft PLON een samenwerkingsovereenkomst, waarbij Breukhoven BV de levering van PLON-apparatuur op zich neemt.

Deze heeft apparatuur voor de tweede klas vanaf 1982 beschikbaar.

Voor de derde en vierde klas zo spoedig mogelijk daarna.

Voor inlichtingen daarover:

Breukhoven BV

Mathenesserlaan 400

Postbus 6044

3002 AA Rotterdam

Tel. 010-767688.

Voor overleg en advies (bijvoorbeeld gefaseerde aanschaf) kunt u op het PLON Wim Kamphuis of Ad van Gameren bellen (tel. 030-532718 en 532717).

"Krachten" is een instructieboekje, en heeft daardoor een ander (meer instruerend) karakter dan de PLON-*thema's*. Het gaat er in het boekje "Krachten" om, het fysisch krachtbegrip te introduceren en de leerlingen de vaardigheid aan te leren om met dit krachtbegrip te manipuleren in statische en dynamische situaties.

1. INHOUD EN OPZET

Het boekje "Krachten" bestaat uit vier hoofdstukken.

- In het eerste hoofdstuk oriënteren de leerlingen zich op het herkennen van het optreden van krachten, door te kijken naar hun uitwerking. Het meten van krachten (met de veerunster) wordt ingeleid met het "voelen" van krachten die je nodig hebt om een (spiraal)veer uit te rekken. Het eerste hoofdstuk wordt afgesloten met het invoeren van de pijlvoorstelling van krachten (het woord "vector" wordt niet gebruikt). Op die manier worden de (onzichtbare) krachten toch (enigszins) zichtbaar en komen de drie belangrijke fysische eigenschappen van krachten (grootte, richting en aangrijpingspunt - zonder dat dit woord gebruikt wordt) op een rij te staan.
- Na de introductie van het fysische krachtbegrip in hoofdstuk 1 volgt in hoofdstuk 2 een uitbreiding naar situaties waarin meer dan één kracht werkzaam is. Eerst in ééndimensionale gevallen (samenwerken en tegenwerken), later in tweedimensionale gevallen. Voor het bepalen van de som van de werkzame krachten op *één voorwerp* wordt de "parallellogram-methode" gebruikt. Deze methode wordt in een aantal wiskundeboeken gebruikt voor het optellen van vectoren. Het is echter geen principiële keuze. Als u er de voorkeur aan geeft om de leerlingen met de "kop-staart-methode" te laten werken (bijvoorbeeld omdat die methode in de wiskundelessen gebruikt wordt), dan is dat heel goed mogelijk. Onze keuze voor de parallellogram-methode is gebaseerd op het feit dat het ontbinden van krachten in twee componenten bij deze methode meer lijkt op het omgekeerde van optellen van twee vectoren. Bij gebruik van de kop-staart-methode is dit ontbinden wat minder inzichtelijk. Bovendien werkt de kop-staart-methode met het verschuiven van het aangrijpingspunt van een kracht, wat voor leerlingen in eerste instantie enige verwarring kan opleveren.
- In hoofdstuk 3 kan de "krachtentheorie" uit de hoofdstukken 1 en 2 gebruikt worden voor het analyseren van optredende krachten in (brug)constructies. Om dit mogelijk te maken begint hoofdstuk 3 met de introductie van het begrip krachtenpaar ("actie" = "reactie" - zonder dat deze woorden gebruikt worden). Het gebruik van de krachten-theorie bij het analyseren van optredende krachten in een constructie (in een statische situatie dus) wordt ingeleid met het voorbeeld van het uithangbord. Bij de behandeling van dat voorbeeld wordt allereerst een verband gelegd tussen enerzijds het (inmiddels uit het thema "Bruggen" bekende) begrip materiaalspanning in constructie-*onderdelen* en anderzijds krachten op verschillende *punten* van een constructie.

DIDACTISCHE OPZET

Met behulp van het begrip krachtenpaar kunnen daarna de richtingen van de krachten op *één punt* van de constructie bepaald worden. De evenwichtsvoorwaarde (totaalkracht nul) maakt het dan mogelijk (grafisch) de grootte van de optredende krachten te bepalen. Daarna kunnen de tuibrug en de vakwerkbrug in de vorm van een oefening door de leerlingen op een soortgelijke manier aangepakt worden. Daarbij kunnen de leerlingen voor één van deze beide brugsoorten kiezen, aangezien de problematiek en de vereiste vaardigheid in het omgaan met krachten in beide gevallen niet veel van elkaar verschillen. Speciale aandacht wordt besteed aan de verandering van de optredende krachten bij vormveranderingen in de constructie.

- In hoofdstuk 4 gaat het om krachten en beweging (dynamische krachtwerking). Een belangrijke rol daarbij speelt de wrijvingskracht (die tot nu toe nog niet aan de orde geweest is) waarbij we ons concentreren op verschillende soorten wrijvingskrachten en op het de beweging tegenwerkende aspect van wrijvingskrachten (en alleen de wrijvingskracht als voorwaarde voor beweging - "afzetten" - even noemen). Dat er voor bewegingen als optrekken en remmen een totaalcracht nodig is (resp. in en tegen de bewegingsrichting) is voor leerlingen redelijk makkelijk voorstelbaar. Dat er bij rijden met constante snelheid een totaalcracht nul is, is veel moeilijker voorstelbaar. Dit wordt "aangepaat" door de beweging met constante snelheid voor te stellen als een overgangssituatie tussen optrekken en remmen.



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

- de totaalcracht is groter dan nul en naar *rechts* gericht
- de fietser beweegt naar rechts toe steeds *snel*er



- de totaalcracht 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.)

Opgdracht

- 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 totaalcracht 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 totaalcracht 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 totaalcracht op een voertuig precies nul is, dan blijft het stilstaan, of het blijft even hard rijden.

DIDACTISCHE OPZET

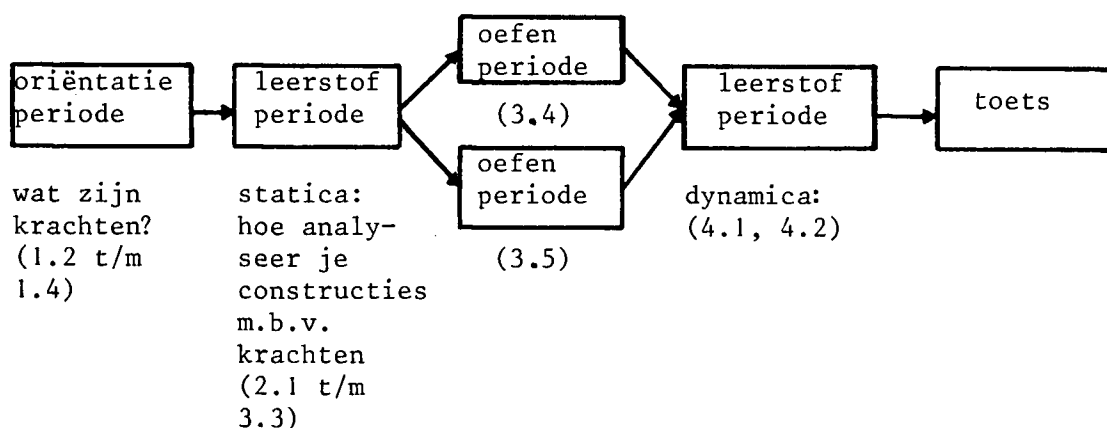
Formeel taalgebruik (woorden als "versnellen" en "vertragen") is vermeden. Daarvoor in de plaats worden woorden gebruikt die voor leerlingen duidelijker zijn, hoewel natuurkundig minder precies (zoals "harder trappen", "vaart minderen" e.d.).

2. WERKWIJZE

Afgezien van de oriëntatie in hoofdstuk 1 zijn er weinig "klassikale" momenten aanwijsbaar. Het lijkt daarom mogelijk de leerlingen (individueel of in groepen) zelfstandig in hun eigen tempo het boekje te laten doorwerken, met als afsluiting van hoofdstuk 2 een soort samenvattend klasgesprek. Een eventueel laag tempo van (groepen) leerlingen kan gecompenseerd worden doordat zij er buiten de lessen tijd en aandacht aan besteden. Bij die werkwijze is het noodzakelijk dat de planning van de klassikale momenten en de totaal beschikbare tijd voor het doorwerken van dit boekje aan de leerlingen bekend is (zie het hoofdstuk "Lessenplan" in deze AVOL).

De lessenserie kan afgesloten worden met een toets.

3. DE STRUCTUUR IN BEELD



LESSENPLAN

1. EEN VOORBEELD-LESSENPLAN

Een volledige behandeling van het boekje "Krachten", afgesloten met een toets, kost 8 lessen. Hieronder geven we een voorbeeld van een lessenplan:

	les	het gaat over...	er is nodig...	werkvorm
orientatie	1	krachten herkennen	par. 1.1	klasgesprek (½ les maximaal)
theorie	1-3	krachtentheorie	par. 1.2 t/m 2.2	in groepen opdrachten uitvoeren samenvattend klasgesprek
oefening	4-6	krachten in constructies	par. 3.1 t/m 3.5 (ll. kunnen een keuze maken uit 3.4 en 3.5)	in groepen opdrachten maken/proefjes uitvoeren
theorie	6-7	krachten en beweging	par. 4.1 en 4.2	in groepen opdrachten maken/proefjes uitvoeren
afronding	8	toets		

2. HET LESSENPLAN IN 4-MAVO

Het is, zeker voor 4-mavo, belangrijk het aantal lessen niet te veel te laten uitlopen vanwege het gevaar dat de thema's aan het eind van de 4e klas in het gedrang komen. Met name bestaat het gevaar dat er te lang gewerkt wordt aan de twee eerste hoofdstukken van "Krachten", die door de leerlingen als relatief eenvoudig beoordeeld worden. De echte moeilijkheden komen in hoofdstuk 3 en 4, en het is belangrijk dat daarvoor voldoende tijd beschikbaar is.

We hopen dat door de aandacht voor het dynamische aspect van krachten in het lessenplan van "Krachten" het werken aan het thema "Verkeer en Veiligheid" wat soepeler (en op onderdelen wat sneller) verloopt.

3. HET LESSENPLAN IN 3-HAVO/VWO

In 3-havo/vwo kunt u er voor kiezen om "Krachten" te combineren met het thema "Bruggen". Het is echter niet noodzakelijk om dit te doen. Daarom is het instructieboekje "Krachten" niet in het standaardpakket voor 3 havo/vwo opgenomen.

LESSENPLAN

Voor het gebruik van "Krachten" in combinatie met "Bruggen" zijn een aantal mogelijkheden, waarvan we er hieronder drie aangeven. We kunnen ons voorstellen dat er méér gebruiksmogelijkheden van het boekje "Krachten" zijn.

- Het boekje "Krachten" kan door alle leerlingen na het thema "Bruggen" worden doorgewerkt. Dat levert voor alle leerlingen een andere benadering van het kijken naar constructies dan ze in "Bruggen" hebben aangeleerd. Op deze manier gebruikt, kan het werken aan "Krachten" aanwijzingen geven voor een antwoord op de vraag of een leerling enigszins kan omgaan met een fysische abstractie als het krachtbegrip. Een vraag die belangrijk is in verband met een eventuele keuze van natuurkunde in het vakkenpakket van de hogere leerjaren. Gezien het karakter van "Krachten" lijkt het ongewenst om het te plaatsen vóór het thema "Bruggen". Bovendien is het, gezien de inhoud van hoofdstuk 3 van "Krachten", op praktische gronden vrijwel onmogelijk.
- Het boekje "Krachten" kan voor een aantal leerlingen (de "meer theoretisch ingestelden") als "keuzeonderzoek" dienen in plaats van de in "Bruggen" opgenomen keuze-onderzoeken. "Krachten" wordt zo een "theoretisch" keuze-onderwerp bij "Bruggen" en geeft zodoende wat differentiatie-mogelijkheden.
- Het fysisch krachtbegrip is vrij abstract van aard en het hanteren van dit krachtbegrip bij bijvoorbeeld het analyseren van het krachten-spel in constructies is daardoor lastig voor (veel?) leerlingen. Het boekje "Krachten" zou daarom voor slechts een aantal (meer "theoretisch ingestelde") leerlingen kunnen dienen als *ingang* voor een aantal van de keuze-onderzoeken in het thema "Bruggen". Na de introductie van het begrip materiaalspanning in "Bruggen" en het doorwerken van de hoofdstukken 1 t/m 3 van "Krachten" (wat vrij zelfstandig door deze (groepen) leerlingen kan gebeuren) zouden zij in staat kunnen zijn om:
 - een verantwoord ontwerp van bijvoorbeeld een brug te maken, gebaseerd op een analyse van in de constructie optredende krachten bij een gegeven maximale belasting van het brugmodel;
 - een verantwoorde materiaalkeuze te doen voor het te bouwen brug-model, gebaseerd op dezelfde krachtenanalyse. Met verantwoorde materiaalkeuze wordt hier bedoeld het op basis van de verwachte grootte van de optredende krachten (de krachtenanalyse) kiezen van bijvoorbeeld een zo klein mogelijke dikte van tuikabels in een model-tuibrug (kostenaspect bij het bouwen van een echte brug). Dit vereist in elk geval onderzoek naar de kracht die verschillende soorten en dikten tuikabel, die voor het te bouwen brugmodel gebruikt kunnen worden, maximaal kunnen verdragen.

Dit laatste punt vraagt overigens, na al het meer theoretische werk aan krachtenanalyse, ook nog een redelijke onderzoeksvaardigheid (het systematisch nagaan bij welke (trek-)kracht verschillende soorten en dikten kabels breken en/of bij welke (duw-)kracht verschillende soorten en dikten staven "knikken").

Bovendien moet er op gewezen worden dat de krachtenanalyse, zoals die in het boekje "Krachten" wordt uitgewerkt, betrekkelijk beperkt van opzet is. Niet alleen de maximale belasting speelt een rol, maar ook het gewicht van het brugdek en de tegenkracht die het brugdek levert als gevolg van optredende buigspanningen bij door-

LESSENPLAN

buiging onder een belasting. Daardoor is het heel goed mogelijk dat het, op basis van een voorafgaande krachten-analyse gebouwde, brugmodel het bij een andere belasting (al of pas) begeeft dan de belasting die uitgangspunt was bij de krachtenanalyse.

Als in de bovenbouw mechanica wordt behandeld, bestaat ook het gevaar dat aldaar gebruikte krachten los komen te staan van de krachten, die in statische situaties een rol spelen. Om de mogelijkheid tot een koppeling in te bouwen zou het behandelen van hoofdstuk 4 ook in 3-havo/vwo op zijn plaats zijn. Zeker op het PLON-thema "Verkeer" voor havo-bovenbouw is dit hoofdstuk een goede voorbereiding.

Hieronder geven wij een aantal aanwijzingen bij de verschillende paragrafen van het boekje "Krachten", die van belang kunnen zijn bij het voorbereiden en uitvoeren van de lessen.

1. WAT IS EEN KRACHT?

1.1 *krachten herkennen*

Opdracht 1 en 2 kan door de leerlingen thuis worden uitgevoerd als voorbereiding op een klassegesprek over het herkennen van het optreden van krachten aan hun werking.

Na dit oriënterend klassegesprek (maximaal een halve les) kunnen de leerlingen individueel of in groepen gaan werken aan de opdrachten en proefjes van par. 1.2 t/m 2.2.

1.2 *krachten vergelijken*

De proeven 1 t/m 3 zijn bedoeld om de (spiraal)veer als meetinstrument voor krachten aanvaardbaar te maken. Het is de vraag of de leerlingen de proeven echt moeten uitvoeren; het kan zijn dat ze als "gedachten-experiment" al voldoende zijn. In dat geval kan par. 1.2 als huiswerkopdracht meegegeven worden.

1.3 *krachten meten*

Het maken van een veerunsterschaalverdeling is een activiteit die niet anders dan tijdens een lesuur kan plaatsvinden. Opdracht 5 heeft alleen zin als leerlingen veerunsters met verschillende meetbereiken gekozen hebben.

Bij opdracht 7 kunnen leerlingen twee verschillen vinden tussen hun eigengemaakte schaalverdeling en de schaalverdeling op de veerunster. Bij veerunsters met een schaalverdeling in gram kunnen de leerlingen met behulp van de tekst in het kader nagaan dat hun eigengemaakte schaalverdeling toch goed is. Bij veerunsters met een schaalverdeling in newton zal er een kleine afwijking optreden met de eigengemaakte schaalverdeling in verband met het feit dat de valversnelling geen 10 maar 9,8 N/kg bedraagt.

In dit geval heeft de fabrikant het goed gedaan, maar het lijkt onnodig om de leerlingen daar op dit moment mee te vermoeien.

1.4 *krachten tekenen*

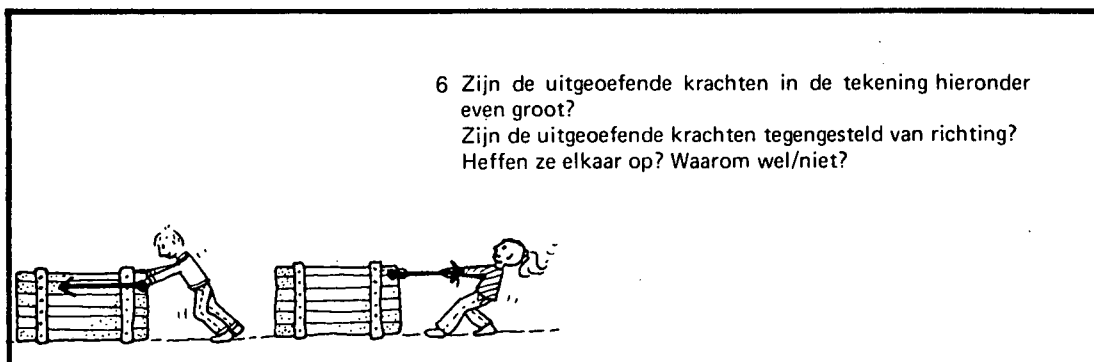
Kan goed als huiswerkopdracht.

2. KRACHTEN OPTELLEN

2.1 *samenwerken en tegenwerken*

Opdracht 6 is speciaal bedoeld om duidelijk te maken dat twee even grote, tegengesteld gerichte krachten elkaar niet altijd hoeven op te heffen; het is noodzakelijk dat die twee krachten op hetzelfde voorwerp werken om een totaalcracht nul te krijgen. Meer in het algemeen is het belangrijk om na te gaan of leerlingen door hebben dat samenwerken of tegenwerken van krachten alleen optreedt als die krachten op hetzelfde voorwerp werken.

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN



2.2 krachten in willekeurige richtingen

De opdrachten 1 t/m 3 zijn bedoeld om voor de leerlingen de truc van het optellen van krachten via een parallellogramconstructie aannemelijk te maken.

Opdracht 5 is bedoeld om leerlingen ervaring te laten opdoen met het constateren van evenwicht bij meer dan twee krachten die op een voorwerp werken: een situatie die zich bij het analyseren van krachten in constructies (hoofdstuk 3) vaak voordoet. Als vervolg daarop is het ontbinden van krachten een vaardigheid die leerlingen in hoofdstuk 3 nodig hebben. Belangrijk daarbij is dat leerlingen in zo'n situatie weten *welke* kracht er ontbonden moet worden (n.l. de gestippeld getekende pijl in opdracht 7 in plaats van de gewoon getekende pijl; de ervaring leert dat leerlingen hier in verwarring dreigen te raken als niet expliciet op dit probleem gewezen wordt).

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 totaal-kracht 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?
- 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?
- 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.

Het lijkt gewenst om na 2.2 in de vorm van een klasseggesprek de krachtentheorie samen te vatten. De belangrijkste punten van die samenvatting zijn:

- de veerunster als krachtmeter (eenheid: newton);
- de pijlvoorstelling van krachten (grootte, richting en "aangrijpingspunt");

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

- het optellen van krachten die op *hetzelfde* voorwerp werken tot één totaalcracht, zo nodig met de parallellogram-methode; krachtenevenwicht treedt op als deze totaalcracht nul is;
- het ontbinden van een kracht, in twee krachten met verschillende richtingen.

Wat betreft het optellen en ontbinden van krachten wordt van de leerlingen verwacht dat zij:

- twee kracht-vectoren in verschillende richtingen grafisch (parallellogram- of kop-staart-methode) kunnen optellen tot één totaalcracht-vector;
- één totaalcracht-vector grafisch kunnen ontbinden in twee kracht-vectoren (componenten) in verschillende richtingen;
- met behulp van een (gegeven of zelf gekozen) schaalwaarde de werkelijke grootte van de totaalcracht (bij optellen) of van de componenten (bij ontbinden) kunnen bepalen uit meting van de lengte van kracht-vectoren in een tekening.

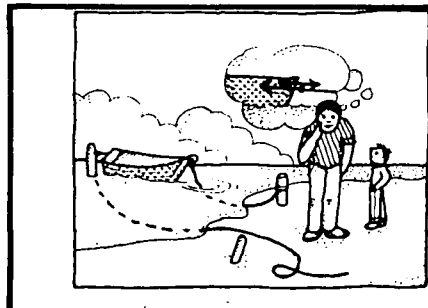
Het is dus *niet* de bedoeling, dat groottes van krachten bij optellen of ontbinden bepaald worden via sinus- en cosinus-berekeningen.

3. KRACHTEN IN CONSTRUCTIES

3.1 *krachten en materiaalspanning*

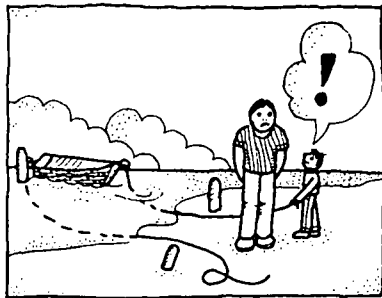
Aansluitend op het begrip "materiaalspanning", dat in het thema "Bruggen" aan de orde kwam, wordt in 3.1 gekeken naar de *krachten* (op een touw of staaf) *die deze spanning veroorzaken*. Daarop aansluitend volgt de introductie van "krachtenparen" ("actie" = "reactie" lijktodeloos ingewikkeld). We hopen dat het besteden van aandacht aan krachtenparen wat steun geeft bij het begrijpen van verschijnselen in het thema "Verkeer en Veiligheid". Bijvoorbeeld de functie van de veiligheidsgordel bij botsingen: het "duwen" van het lichaam tegen de gordel bij een botsing levert een "terugduwen" van de gordel tegen het lichaam, en daarmee de beoogde remkracht voor het lichaam (afgezien van de optredende remkrachtvermindering als gevolg van het uitrekken van de gordel). Maar daarnaast is de introductie van krachtenparen ook nodig om in hoofdstuk 3 van "Krachten" de overstap te kunnen maken van belasting van constructie-onderdelen op trek- en duw (waarmee de leerlingen al bekend geraakt zijn) naar de krachten die deze constructie-onderdelen uitoefenen op punten van de constructie. Pas als die overstap gemaakt is, kunnen leerlingen het krachtenspel in constructies analyseren, omdat het daarbij (vaak) gaat om krachten-evenwicht in "knooppunten" van zo'n constructie.

In dit verband is het belangrijk dat leerlingen inzien dat de twee krachten van een krachtenpaar elkaar nooit kunnen opheffen omdat die twee krachten altijd op verschillende voorwerpen werken (zie de opmerking bij 2.1). Opdracht 3 doet een poging om dit probleem duidelijk te maken.



- 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

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

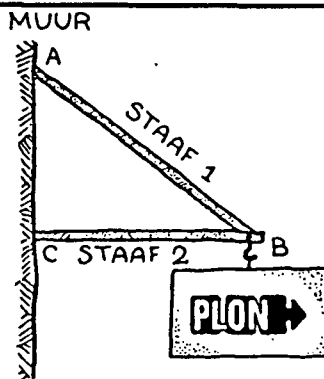


beweging komt! Dus is het onmogelijk om de boot naar de kant te trekken'.
Kun jij Piet vertellen welke denkfout hij maakt? (Kijk zo nodig nog eens naar § 2.1).

3.2 trek- en duwkrachten

In 3.2 wordt de leerlingen een manier aangeboden om na te gaan of onderdelen van een constructie op trek of duw belast worden.

Inzicht in de manier waarop constructies bij belasting vervormen is daarbij noodzakelijk.



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.

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

3.3 het uithangbord

In 3.3 wordt aan de hand van het voorbeeld van een uithangbordconstructie de overstap gemaakt van duw- en trekkrachten op onderdelen van een constructie naar de krachten die de constructieonderdelen op een punt van de constructie uitoefenen. Het analyseren van het krachten spel in constructies komt dan neer op het bekijken van de krachten die op een punt van de constructie werken, die in deze statische situatie een totaalcracht nul opleveren. De opdrachten 1 en 2 zijn bedoeld om met deze manier van kijken naar constructies vertrouwd te raken. Opdracht 2 is vrij tijdrovend, en zou op grond daarvan kunnen vervallen.

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 totaalcracht leveren die precies even groot is, maar tegengesteld gericht aan het gewicht van het uithangbord (waarom?). Die totaalcracht is in de volgende tekening (gestippeld) getekend.

In hoofdstuk 3 van "Krachten" gaat het er dus om een overstap te maken van "materiaalspanning in onderdelen van een constructie" naar "krachten-evenwicht in punten van een constructie". Daarbij worden de volgende stappen gezet:

- het bepalen of een onderdeel van een constructie op trek of duw belast wordt
- het bepalen van de richting van de krachten die de onderdelen op een punt van de constructie uitoefenen (met behulp van "krachtenparen")
- het bepalen van de grootte van de krachten die de onderdelen op een punt van de constructie uitoefenen (met behulp van de voorwaarde van krachten-evenwicht (totaalkracht nul) en de techniek van optellen en ontbinden van krachten).

Deze stappen zijn noodzakelijk om, uitgaande van de kennis die de leerlingen al hebben over materiaalspanning uit het thema "Bruggen", constructies kwantitatief te kunnen "door-rekenen". Bij dat "door-rekenen" is het uitgangspunt dat er een krachten-evenwicht bestaat. De voorwaarde voor krachten-evenwicht (totaalkracht nul) geldt echter alleen bij krachten die in hetzelfde punt aangrijpen. Bij het gebruiken van de voorwaarde voor krachten-evenwicht (totaalkracht nul) voor het analyseren van het krachtenspel in constructies, moet dus gekeken worden naar de krachten die de onderdelen op één punt van de constructie uitoefenen.

3.4 de tuibrug

3.5 de vakwerkbrug

De leerlingen kunnen een keuze maken voor 3.4 òf 3.5, omdat de opdrachten vrij sterk op elkaar lijken en het dus niet zo nodig is om beide paragrafen door te werken. Belangrijk is dat leerlingen na afloop zien dat een dergelijke krachten-analyse van belang is bij het ontwerpen van constructies (waaronder bruggen) (vergelijk bijvoorbeeld opdracht 4 in 3.4).

4. KRACHTEN EN BEWEGING

4.1 wrijvingskrachten

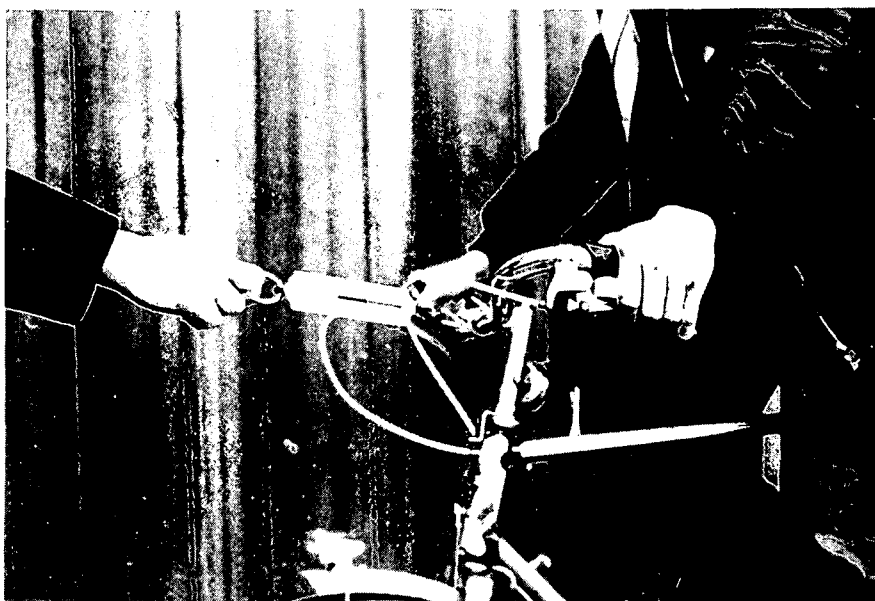
De opdrachten 1 t/m 3 oriënteren op het bestaan van wrijvingskrachten en de factoren die invloed hebben op de grootte van de wrijvingskracht. In opdracht 4 kunnen de leerlingen die invloed experimenteel controleren. Het lijkt niet verstandig om op de problematiek van opdracht 7 uitgebreid in te gaan (wrijvingskracht die beweging tegenwerkt, maar tegelijkertijd ook noodzakelijk is voor het optreden van een beweging).

4.2 bewegen in het verkeer

Vanuit de relatie tussen de grootte van de kracht en de "snelheid" van optrekken en afremmen wordt de beweging met constante snelheid gekoppeld aan het optreden van een totaalcracht nul. Het is niet mogelijk een proef te bedenken waarin bijv. trek- en wrijvingskracht beide direct gemeten worden en bij een eenparige beweging beide even groot blijken te zijn. (Tenzij je die veronderstelling in de meetmethode al gebruikt). Het blijft dus bij het moeten "geloven" van de (eerste) wet van Newton.

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

De gekozen volgorde maakt die wet wél wat inzichtelijker. Om duidelijk(er) te maken dat een constante kracht een constante versnelling oplevert, zou een naar voren halen van proef 5 uit "Verkeer en Veiligheid" (blz. 29) mogelijk zinnig kunnen zijn: het voorttrekken van een fiets via een veerunster met een constante kracht (waarbij de trekkende leerling constateert dat hij/zij steeds harder moet gaan lopen om de trekkracht constant te houden). Die kwalitatieve constatering lijkt voorlopig voldoende.



DOELEN VOOR LEERLINGEN

Het is de bedoeling dat leerlingen *tijdens* "Krachten":

- de belangrijkste eigenschappen van krachten leren kennen, evenals de "rekenregels", waaraan krachten onderworpen zijn, via het doen van eenvoudige experimenten en het bestuderen van stukken theorie
- het begrip "kracht" hanteren in statische situaties (bij het analyseren van het krachten spel in constructies) en in dynamische situaties (in het verkeer).

En verder:

- met plezier en met elkaar actief bezig zijn.

Het is de bedoeling dat leerlingen *na* "Krachten":

- zich een bepaald minimum aan fysische leerstof en vaardigheden (zie bijlage D1) hebben eigen gemaakt en die leerstof en vaardigheden kunnen toepassen op bekende en minder bekende problemen in de context van eenvoudige constructies en het verkeer.

DOELEN VOOR DE LERAAR

Het is de bedoeling dat de leraar *tijdens* "Krachten":

- op een afwisselende wijze de gekozen leerstof en practicumopdrachten plant, bespreekt en behandelt
- bijhoudt of bij laat houden wat elke leerling/elk groepje doet in de lestijd en of daarbij voortgang geboekt wordt (afgemeten aan de hiervoor genoemde doelen voor de leerlingen)
- de leerlingen stimuleert en begeleidt bij het kiezen en uitvoeren van eigen onderzoekjes en hen laat merken dat hij belangstelling heeft voor het verloop daarvan.

En verder:

- met plezier met de leerlingen werkt.

Het is de bedoeling dat de leraar *na* "Krachten":

- zin heeft om met de natuurkundelessen verder te gaan
- van alle leerlingen een indruk heeft waar het de opgedane kennis, de manier van werken, initiatief en gedrag in de groep betreft, en deze indruk op een voor de school en de leerlingen bevredigende manier in een "eindoordeel" kan uitdrukken
- een paar voorbeelden kan beschrijven voor momenten/klassesituaties, waarin hij naar eigen indruk goed functioneerde en van situaties, waarin hij achteraf gezien anders had willen functioneren.

LERARENVRAGENLIJST

We zijn benieuwd naar uw ervaringen met het instructieboekje "Krachten". Uw opmerkingen, commentaar en ervaringen kunnen wij mogelijk verwerken in de volgende versie van deze AVOL. Wij zouden het daarom erg op prijs stellen als u onderstaande vragenlijst ingevuld zou willen toesturen aan: PLON

Lab. Vaste Stof
t.a.v. Ton v.d. Valk
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht.

Leest u de vragenlijst eerst even in grote lijnen door, dan krijgt u een indruk hoe u de lijst "economisch" kunt invullen, terwijl u toch uw enthousiasme en uw kritiek kwijt kunt.

OVER DE LERAAR EN DE SCHOOL

Naam Leraar _____

Naam school _____ Plaats _____

Leservaring natuurkunde: ____ jaar, waarvan ____ jaar met PLON.

In welke klassen hebt u met het boekje "Krachten" les gegeven?
(leerjaar/schooltype) _____

Hoeveel leerlingen waren dit in totaal? _____ leerlingen

Hoeveel natuurkunde-uren hebt u per week per klas beschikbaar?

ALGEMENE VRAGEN OVER HET ONDERWIJS

Hoe kwam u "Krachten" op het spoor?

proefschool/volgschool/anders, n.l. _____

LERARENVRAGENLIJST

OVER HET BOEKJE "KRACHTEN"

Wilt u hieronder kort aangeven welk lesmateriaal u gebruikt heeft en uw eventueel commentaar daarbij geven?

	gebruikt ja of nee	eventueel commentaar ²⁾
1.1 krachten herkennen		
1.2 krachten vergelijken		
1.3 krachten meten		
1.4 krachten tekenen		
2.1 samenwerken en tegenwerken		
2.2 krachten in wille- keurige richtingen		
3.1 krachten en materiaal- spanning		
3.2 trek- en duwkrachten		
3.3 het uithangbord		
3.4 de tuibrug		
3.5 de vakwerkbrug		
4.1 wrijvingskracht		
4.2 krachten en beweging		

2) Detailcommentaar verzoeken we u in het boek "Krachten" zelf te schrijven en dit aan ons op te sturen.

LERARENVRAGENLIJST

Hoeveel lessen (van 50 minuten) ongeveer is een leerling gemiddeld bezig geweest met de volgende activiteiten (individueel, in groepjes, klassikaal).

	aantal lessen (geschat)	werkvorm
hoofdstuk 1		
hoofdstuk 2		
hoofdstuk 3		
hoofdstuk 4		

Heeft u nog leerstof toegevoegd die niet in het boekje stond? Zo ja, welke? _____

Noemt u eens iets dat echt lekker liep bij deze lessen

Noemt u eens iets dat u echt tegenviel bij deze lessen

Heeft u een toets gegeven over "Krachten"? ja/nee

Zo ja, dan zouden wij het op prijs stellen als u (een copie) van de opgaven bijsluit.

Heeft u materiaal bijgemaakt; in welke vorm dan ook? ja/nee

Zo ja, dan zouden wij het op prijs stellen als u een copie daarvan bijsluit.

Waar past "Krachten" naar uw mening het beste in het curriculum?

in 4 mavo ☐ vóór "Verkeer en Veiligheid"

☐ elders, n.l. _____

in 3 havo/vwo ☐ na "Bruggen"

☐ elders, n.l. _____

LERARENVRAGENLIJST

OVER DE RELATIE TUSSEN "BRUGGEN" EN "KRACHTEN"

Hoe hebt u het instructieboekje "Krachten" behandeld?

- ☐ als keuze-onderwerp binnen het thema "Bruggen"
- ☐ als ingang voor het keuzeonderzoek van een klein aantal leerlingen in het thema "Bruggen"
- ☐ als afzonderlijk onderwerp voor alle leerlingen, direkt volgend op het thema "Bruggen"
- ☐ anders, n.l. _____

In het thema "Bruggen" wordt vanuit een intuïtief begrip van materiaalspanning toegewerkt naar een indeling in trek-, duw- en buigspanningen. Vergemakkelijkt deze "voorkennis" van de leerlingen de beeldvorming van het (abstracte) begrip kracht en van de manier waarop je daarmee in concrete situaties omgaat? Waaruit blijkt dat?

Vindt u meer in het algemeen dat "Bruggen" een goede voorbereiding geeft op "Krachten", of denkt u dat "Krachten" evengoed zonder "Bruggen" behandeld kan worden?

Ontstaan er bij leerlingen nog begripsmatige problemen bij het behandelen van "Krachten" na "Bruggen" (hebben leerlingen bijvoorbeeld problemen met het onderscheid tussen het doorgeven van een kracht - materiaalspanning - versus de werking van een kracht, of problemen met het verschil tussen trek- en duwspanning enerzijds en trek- en duwkracht anderzijds? e.d.). Kunt u hiervan een aantal voorbeelden noemen?

KRACHTEN IN HET PLON-EXAMENPROGRAMMA

huidige examenlijst	PLON-examenlijst	verande- ringen met x aangeven
MECHANICA		
1. Voorbeelden van krachten (spierkracht, veerkracht, wrijvingskracht, zwaartekracht, magnetische kracht, elektrische kracht).	Voorbeelden van krachten (spierkracht, veerkracht, wrijvingskracht, zwaartekracht, magnetische kracht, elektrische kracht).	
2. Eigenschappen van krachten 1. kracht is een vector 2. een kracht kan een vervorming veroorzaken; dynamometer 3. een kracht kan een snelheid veranderen	Eigenschappen van krachten 1. kracht is een vector 2. een kracht kan een vervorming veroorzaken; krachtmeter (dynamometer) 3. een kracht kan een snelheid veranderen	
3. Richtingsverandering van een kracht door middel van een vaste katrol.	Richtingsverandering van een kracht door middel van een vaste katrol.	
4. Kracht en druk.	Kracht en druk (semikwantitatief).	x
10. Verband tussen kracht, massa en versnelling.	Verband tussen kracht, massa en versnelling.	
11. Samenstellen en ontbinden van in één vlak gelegen krachten met hetzelfde aangrijpingspunt (geen berekeningen met sinus- of cosinusregel).	Samenstellen van in één vlak gelegen krachten met hetzelfde aangrijpingspunt (geen berekeningen met sinus- of cosinusregel); Ontbinden van één kracht in twee krachten met hetzelfde aangrijpingspunt (geen berekeningen met sinus- of cosinusregel).	x
12. -	Trek- en duwkrachten tengevolge van belasting van een constructie	x
13. Normale kracht, wrijvingskracht (geen wrijvingscoëfficiënt).	Wrijvingskracht (geen wrijvingscoëfficiënt).	

BIJLAGE D1

TOELICHTING OP DE PLON-EXAMENLIJST

De hiervoor genoemde onderwerpen uit de PLON-examenlijst hebben betrekking op krachten. Ze komen vrijwel alle in het instructieboekje "Krachten" aan de orde. Het belang van krachten wordt echter duidelijk in de context van thema's als "Bruggen" en "Verkeer en Veiligheid". In de PLON-eindexamens zal er daarom naar gestreefd worden vragen over krachten te plaatsen in de context van *eenvoudige constructies* en *verkeerssituaties*.

1. Voorbeelden van krachten ...

2. Eigenschappen van krachten ...

Overall in het curriculum komen voorbeelden van krachten aan bod. In "Krachten" worden de eigenschappen "de kracht is een vector", "een kracht kan een vervorming veroorzaken" en "een kracht kan een snelheid veranderen" behandeld.

In "Bruggen" zijn de eigenschappen gekoppeld aan krachtwerkingen in bruggen en andere constructies zoals hijskranen en uithangborden.

In "Verkeer en Veiligheid" zijn de eigenschappen gekoppeld aan snelheidsveranderingen bij remmen, botsen en optrekken, alle bewegingen langs één rechte lijn. Het betreft dus alleen de grootte van snelheidsveranderingen.

De leerlingen hoeven de eigenschappen niet uit het hoofd te leren. De krachtmeter (dynamometer) wordt vooral gebruikt om krachten te meten, bijvoorbeeld de kracht in een kabel of touw in een constructie, in een evenwichtssituatie of de remkracht in een dynamische situatie.

3. Richtingsverandering van een kracht

In "Machines en Energie" wordt gebruik gemaakt van de eigenschap van een katrol, dat hij alleen de richting van de kracht verandert.

4. Kracht en druk

Komt aan de orde in de thema's "Werken met Water", "Leven in Lucht" en "Verkeer en Veiligheid".

10. Verband tussen kracht, massa ...

Komt aan de orde in het thema "Verkeer en Veiligheid". In "Krachten" wordt dit onderwerp kwalitatief behandeld.

11. Samenstellen en ontbinden van krachten ...

Het samenstellen en ontbinden van in één vlak gelegen krachten met hetzelfde aangrijpingspunt wordt in "Krachten" behandeld in statische situaties. Na oefening van deze vaardigheden aan een tui- of vakwerkbrug moeten leerlingen in staat zijn eenvoudige evenwichtssituaties in (andere) constructies op analoge manier aan te pakken. Leerlingen moeten hierbij herkennen hoe de trek- en duwkrachten in een constructie werken.

Er wordt niet méér geëist dan een grafische bepaling van de grootte van de optredende krachten.

12. Trek- en duwkrachten

Komt aan de orde in het thema "Bruggen".

13. Wrijvingskracht

Een oriëntatie op het begrip "wrijvingskracht" is opgenomen in "Krachten".

In "Verkeer en Veiligheid" komt wrijvingskracht bij remmen uitgebreid aan bod. Diverse factoren, die de wrijvingskracht en daardoor de remweg beïnvloeden, worden behandeld, zoals regen, gladde banden en ijzel.

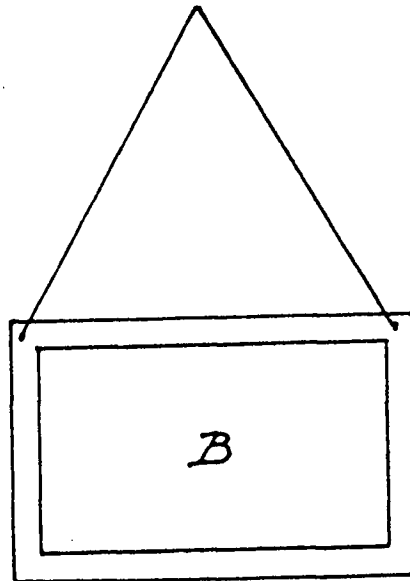
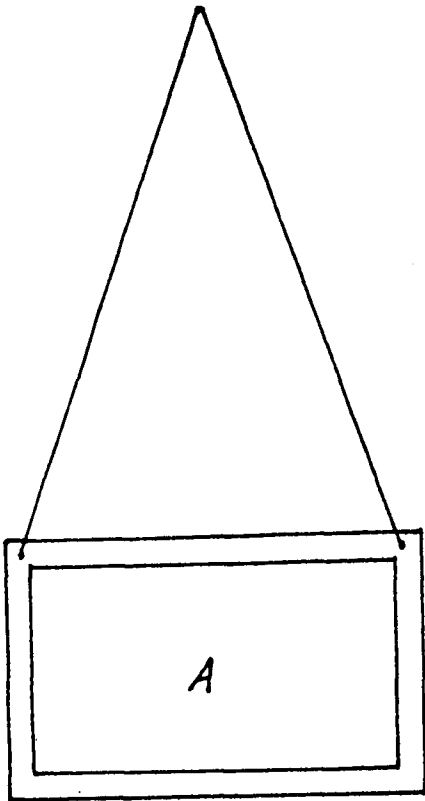
De relatie tussen normale kracht en wrijvingskracht wordt niet besproken, omdat in het verkeer vooral de rollende wrijving belangrijk is.

In "Machines en Energie" wordt behandeld hoe wrijvingskrachten tot gevolg hebben, dat er in machines, katrolsystemen, versnellingsbakken en elektromotoren energieverliezen optreden.

BIJLAGE D2

TOETSVRAGEN

1. Een schilderij met een gewicht van 50 N heeft aan de achterzijde twee schroef-
ogen, waaraan een kort of een lang touw bevestigd kan worden om het op te
hangen, zoals op de tekeningen A en B is weergegeven.

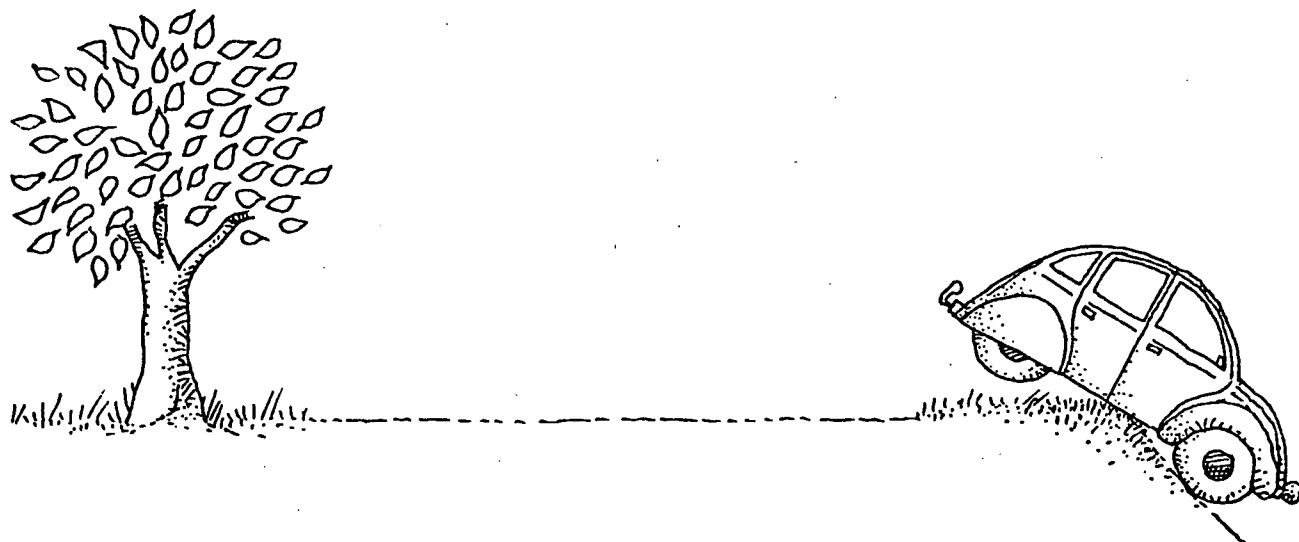


- a. Wanneer heeft het touw de grootste kans om te breken, in geval A of in
geval B?

- b. Geef aan op grond waarvan je tot je keuze bent gekomen.

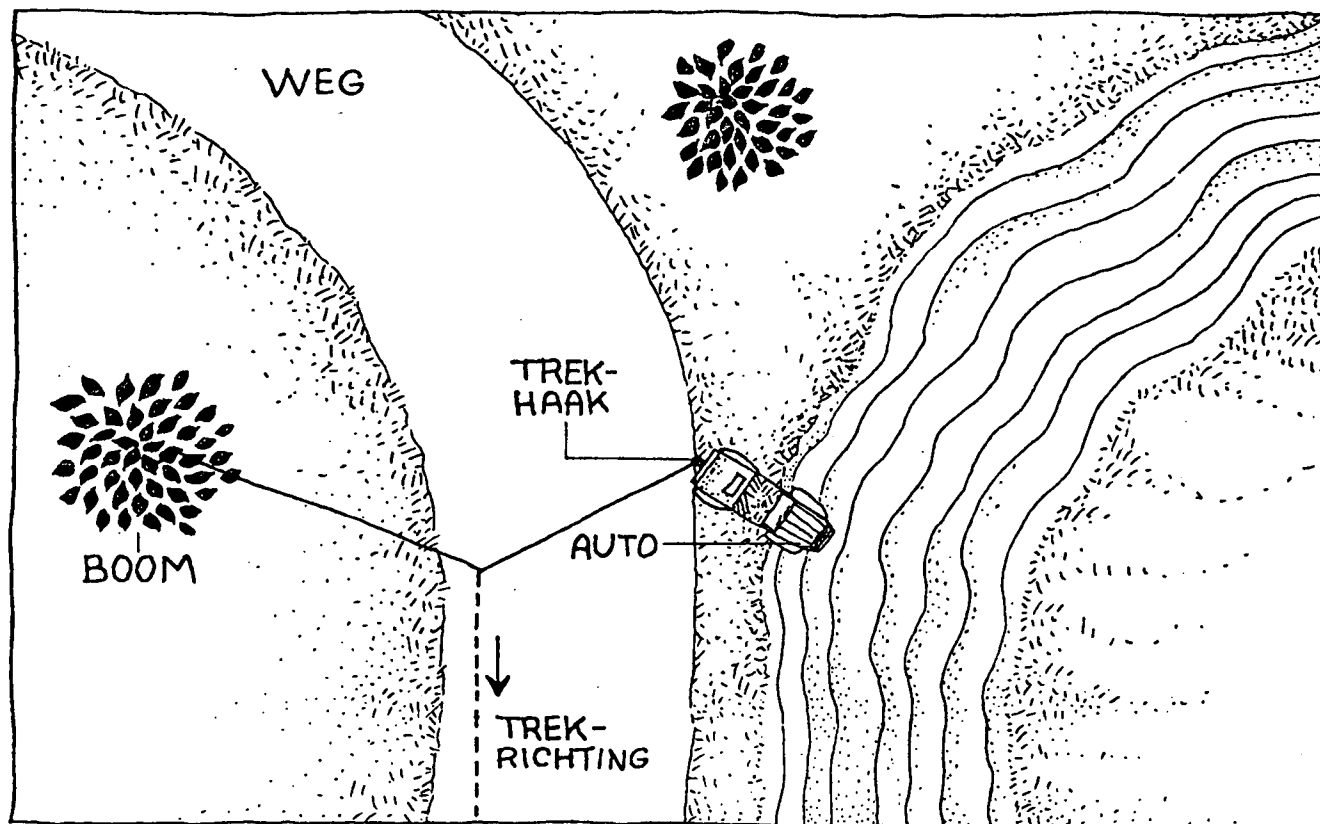
- c. Bepaal hoe groot in geval B de trekkrachten op de twee delen van het
touw zijn.

2. Een auto is uit de bocht gevlogen en staat schuin in een slootkant.



Om de auto uit de sloot te trekken wordt een touw aan de trekhaak vastgemaakt. Het andere einde van het touw wordt aan een boom bevestigd. Je trekt het touw met een kracht van 500 N "opzij" (zie de onderstaande tekening).

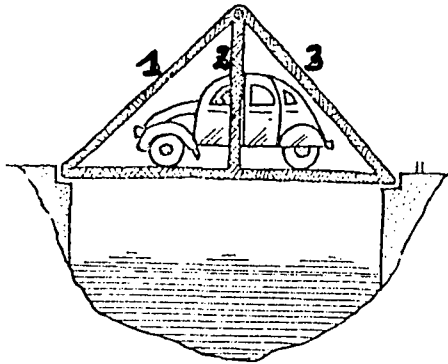
Bepaal met behulp van de tekening de kracht waarmee het touw aan de auto trekt. Neem voor 250 N 1 cm.



De kracht waarmee het touw aan de auto trekt is: _____ N.

BIJLAGE D2

3. Hieronder zie je een tekening van een eenvoudige vakwerkbrug.



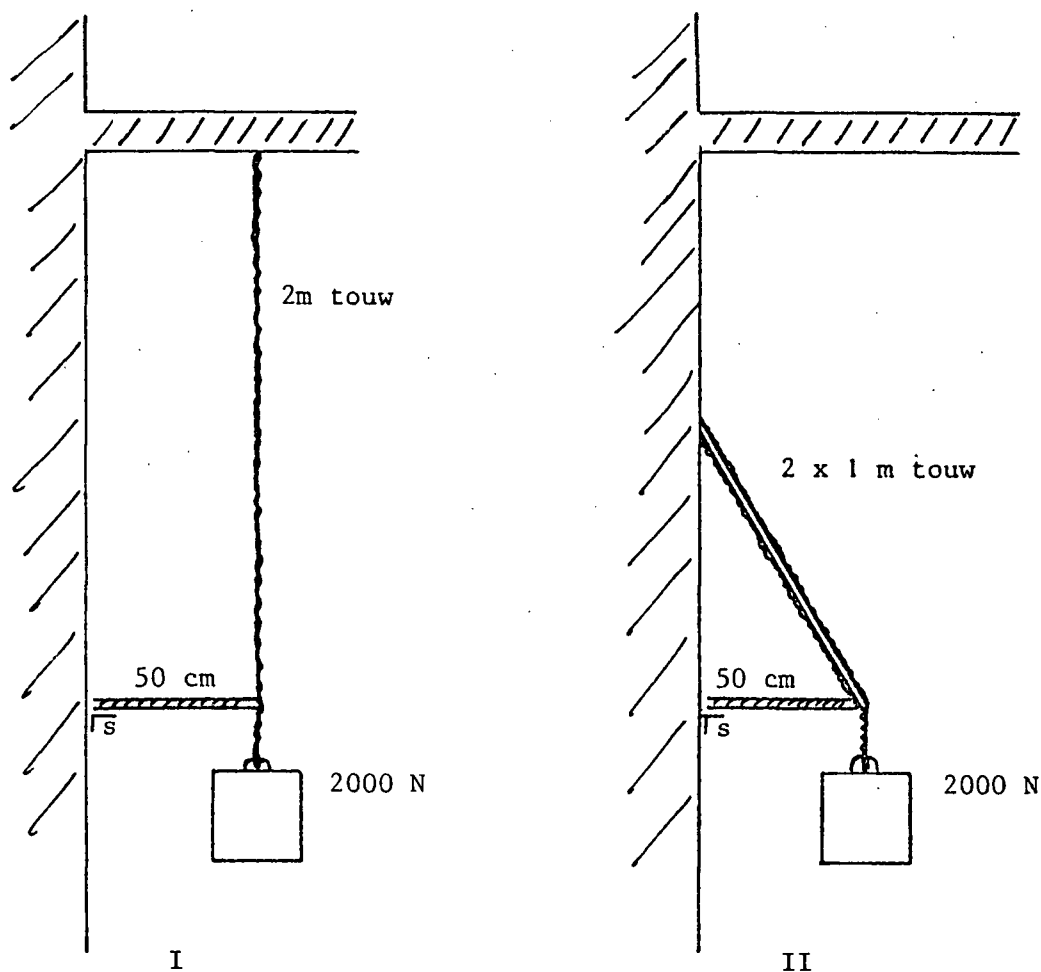
a. Beredeneer hoe je weet dat de staven 1 en 3 een duwspanning ondervinden.

b. De staven 1 en 3 kunnen maximaal een duwkracht van 20.000 N verdragen. Kruis aan hoeveel newton de belasting is die deze brug maximaal kan verdragen.

- A ☐ 10.000 N
B ☐ 14.000 N
C ☐ 20.000 N
D ☐ 28.000 N

Laat (bijvoorbeeld met behulp van een tekening en een berekening) zien hoe je aan dat antwoord gekomen bent:

4. Een zwaar voorwerp met een gewicht van 2000 N kan op de twee hieronder getekende manieren opgehangen worden. Het balkje van 50 cm kan bij S scharnieren.



Bepaal bij welke van de twee manieren het touw de minste kans heeft om te breken. Maak daarbij een schatting van de kracht op het touw van 2 meter lang, en op elk van de touwen van 1 m.

(Kracht op het touw van 2 m:)

.....

.....

(Kracht op elk van de 1 m lange touwen:)

.....

.....

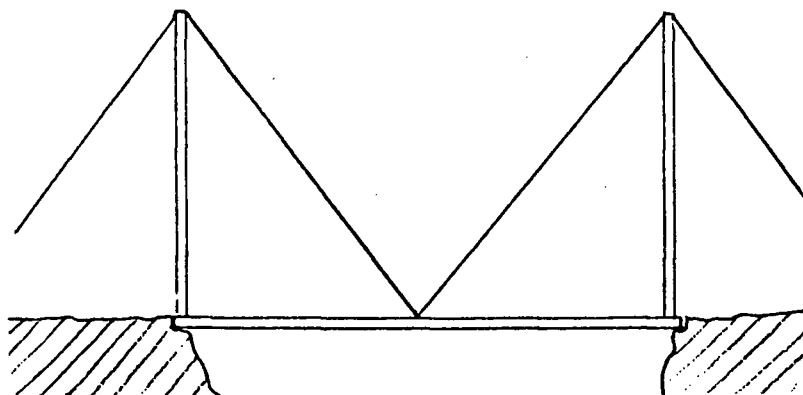
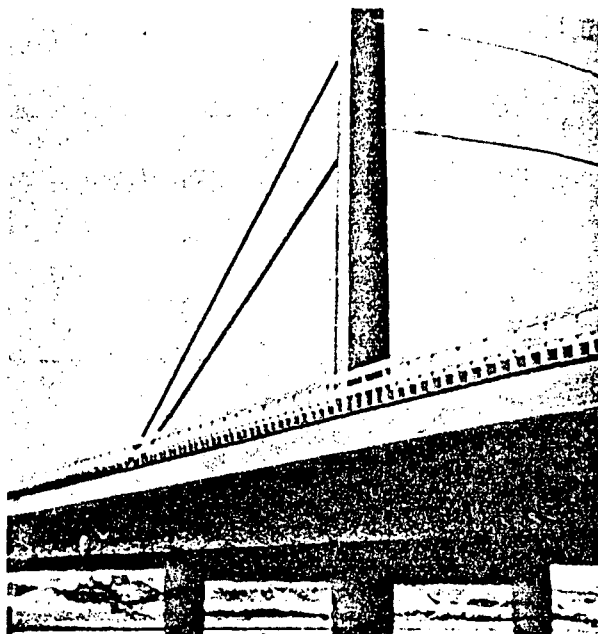
BIJLAGE D2

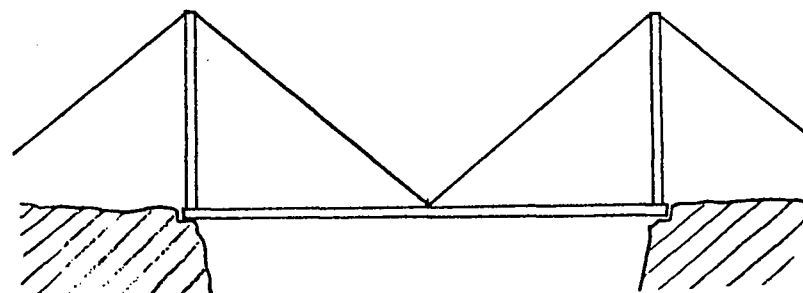
5.

Hiernaast zie je een foto van een
tuibrug. Deze vraag gaat over de
hoogte van de masten waaraan
de tui kabels bevestigd zijn.
De ontwerpers van een tuibrug
moeten bij het vaststellen van
de hoogte van de masten met
verschillende zaken rekening
houden:

- erg hoge masten hebben het
nadeel dat ze duur zijn
- lage masten hebben ook
een bezwaar...

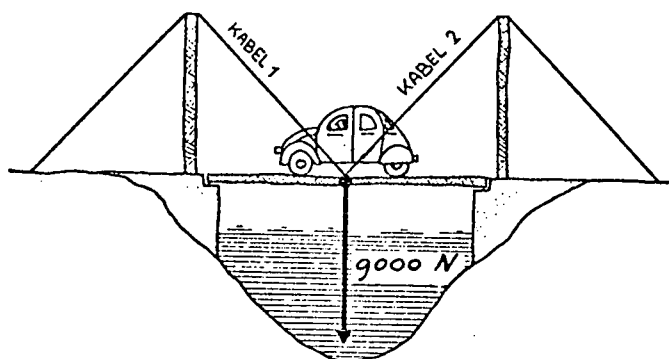
Leg uit welk probleem door lage masten veroorzaakt wordt. Gebruik bij je uitleg
vectoren, die je in de onderstaande plaatjes kunt tekenen. (De uitleg schrijf je dan
naast de plaatjes.)





6.

Je ziet hier een schematische tekening van een tuibrug.



Bekend is, dat de auto een kracht van 9000 N op het brugdek uitoefent (deze kracht is al in de tekening hierboven aangegeven).

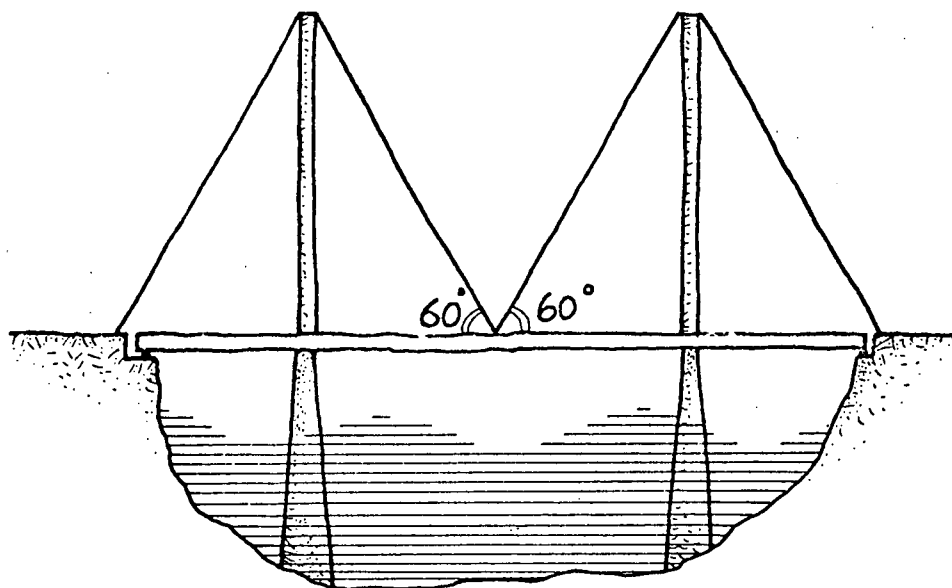
Hoe groot is de trekkracht van de kabels op het brugdek dan als gevolg van die auto?

Laat in de tekening zien hoe je aan je antwoord komt.

Antwoord: _____

7

Je ziet hier een ontwerpsschets voor een tuibrug. Deze vraag gaat over de sterkte van de tuikabels.

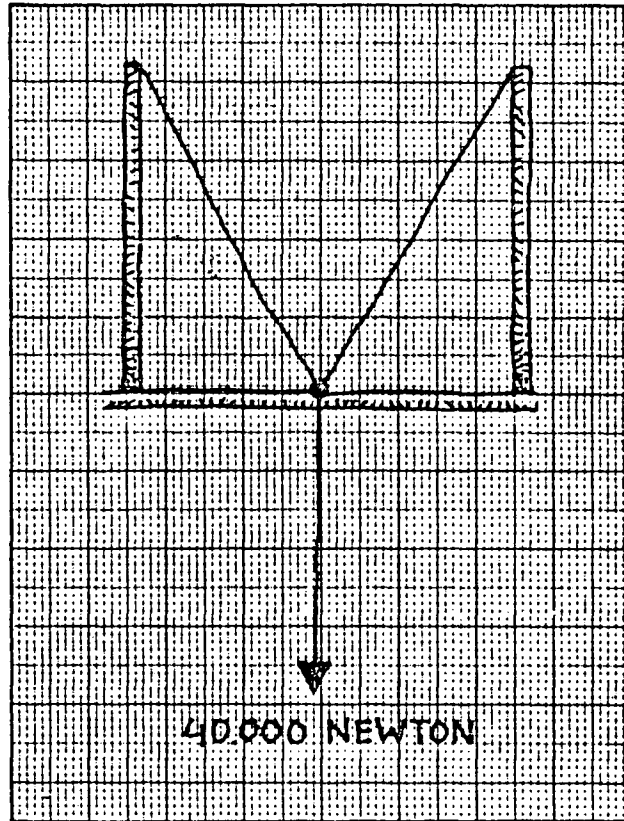


Aan de brug wordt de eis gesteld dat hij in totaal een gewicht van 40 000 N kan dragen.

Ten tweede moet de brug zo goedkoop mogelijk zijn. Dat wil zeggen: je moet zo dun mogelijke kabels gebruiken.

Schets op de volgende bladzijde welke krachten in de tuikabels optreden. Het begin van de schets is al getekend.

BIJLAGE D2



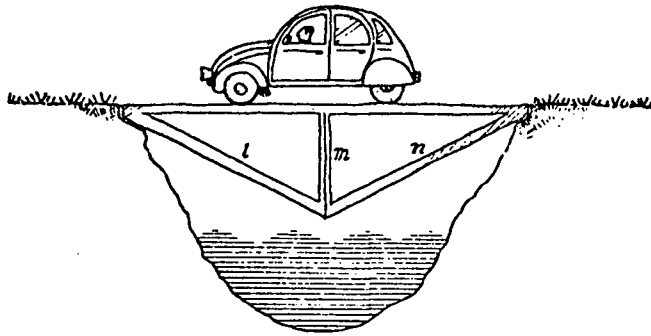
Je kunt nu beslissen welke kabelsoort jij voor je brug zou kiezen (denk erom: zo dun mogelijk en toch sterk genoeg!)

Kruis je keuze aan:

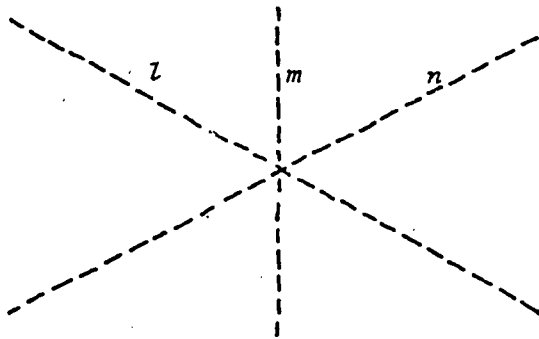
kabelnr.	kracht waarbij de kabel breekt (in N)	
1	15 000	☐
2	18 000	☐
3	21 000	☐
4	24 000	☐
5	27 000	☐

8.

In staaf m van de hieronder getekende brug werkt door het gewicht van de brug en de auto een kracht van 18000 N.



a. Teken in de figuur hieronder hoe groot de krachten in de staven l, m en n zijn en welke kant ze op gericht zijn. Neem in de tekening 1 cm voor 6000 N.



b. Bepaal, door in je tekening te meten, hoe groot de krachten in de staven l en n zijn.

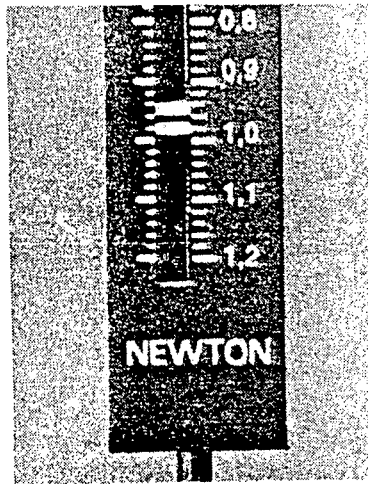
In staaf l: _____

In staaf n: _____

c. Leg uit of l en n kunnen worden vervangen door een kabel

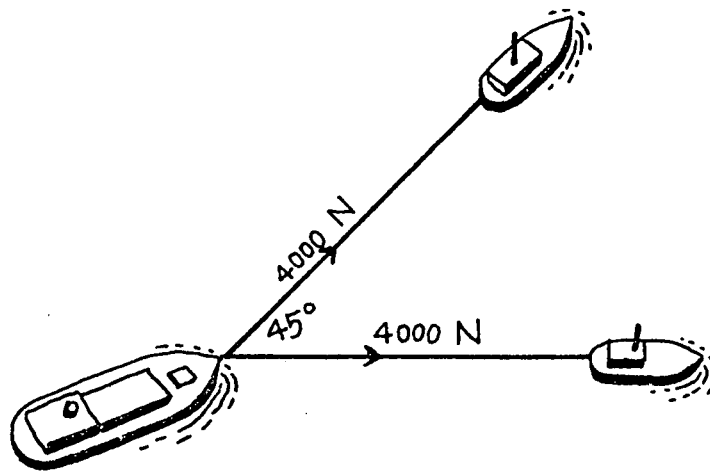
BIJLAGE D2

9. Lees de volgende meterstand zo nauwkeurig mogelijk af.



_____ N

10. Een schip wordt getrokken door twee sleepboten, elk met een trekkracht van 4000 N.
De krachten werken onder een hoek van 45° . (Zie de tekening).



Hoe groot is bij benadering de kracht waarmee het schip wordt voortgetrokken?

- A. 2000 N
- B. 4000 N
- C. 7000 N
- D. 8000 N
- E. 9000 N

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E

APPARATUURGIDS

INHOUD

KRACHTEN

Inleiding	38
Benodigdheden per proef en onderzoek	39
Adressen	42

INLEIDING

1. Benodigdheden per proef en onderzoek

Dit overzicht bestaat uit twee kolommen. De linker kolom bevat aanwijzingen voor de proeven. In de rechter kolom staan de benodigde materialen en apparatuur.

Iedere proef wordt apart weergegeven. Voor de proef staat een verwijsnummer (....) in de kantlijn, dat correspondeert met het nummer (....) van de proeven in het leerlingenmateriaal. Het verwijsnummer is ook van belang voor de overzichtslijsten. Daarmee wordt het materiaal teruggekoppeld naar de proeven, zodat onmiddellijk vastgesteld kan worden hoe vaak en waar het materiaal in de diverse proeven gebruikt wordt.

Een (b) voor het verwijsnummer betekent, dat deze proef een basisproef is.

In de linker kolom wordt tevens aangegeven:

- de plaats van de proef in het themaboek, bladzijdenummer
- de werkvorm, bijvoorbeeld leerlingenproef, demonstratieproef
- korte samenvatting van leerdoelen en leerlingenactiviteiten in relatie met de aard van de benodigdheden die in de rechter kolom staan
- foto's en/of tekeningen indien deze ter verduidelijking nodig zijn.

In de rechter kolom staan per proef de benodigdheden.

Indien nodig wordt door een ! teken de leraar opmerkzaam gemaakt voor proefjes die extra aandacht en voorbereiding vragen.

Aanwijzingen die van speciaal belang zijn worden in de betreffende kolommen omkaderd; in de linker kolom in het belang van de les, in de rechter kolom met betrekking tot de proef.

Tussen de regels staan vaak kleine tips en alternatieven vermeld.

Bouwtekeningen en foto's waarin staat hoe men zelf diverse apparaten kan bouwen en samenstellen, staan tussen de teksten in of bij bijzonderheden in een werktekening.

2. Waar verkrijgbaar

De adressenlijst bevat hoofdzakelijk adressen van leveranciers van leer- en hulpmiddelen voor de natuurwetenschappen. Handig is het om zelf een lijstje samen te stellen van bedrijven, winkels in de omgeving van de school waar het verbruiksmateriaal en dergelijke verkrijgbaar is.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs- nummer	beschrijving per proef en onderzoek	benodigdheden
	1. WAT IS EEN KRACHT	
b1	Opdracht 1 tot en met 3, blz. 9 Verband tussen de kracht waarmee getrokken wordt en de lengte van de veer zien/voelen.	- trekveer - een paar gewichtjes - evt. lineaal
b2	Opdracht 1, blz. 10 Veerunsters bekijken	- veerunsters; liefst doorzichtige exemplaren, zo mogelijk van ver- schillende meetbereiken
b3	Opdracht 2 tot en met 5, blz. 10,11 Een schaalverdeling op een veerunster maken	- veerunsters, liefst van verschil- lende meetbereiken - gewichtjes met massa van 50 g (evt. 100 g) - zelfklevende papierstrookjes

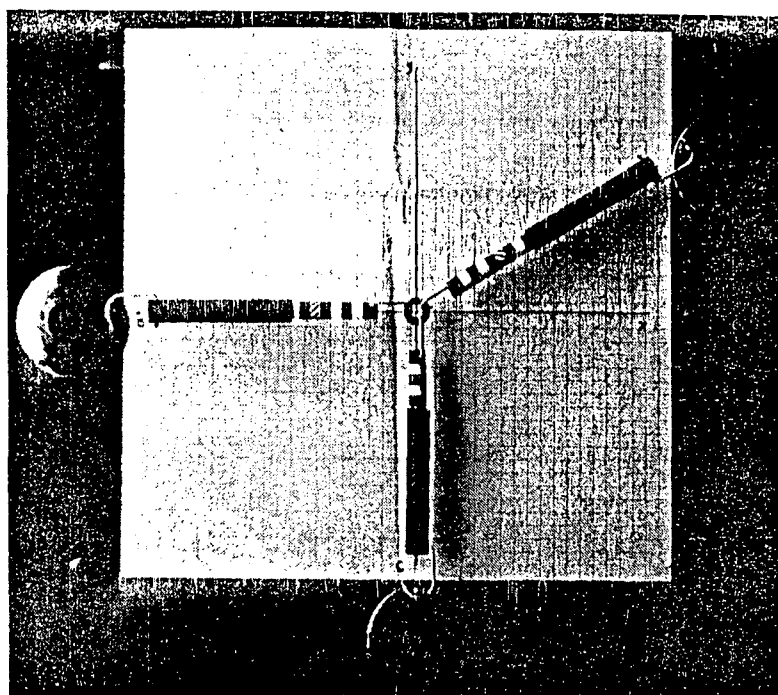
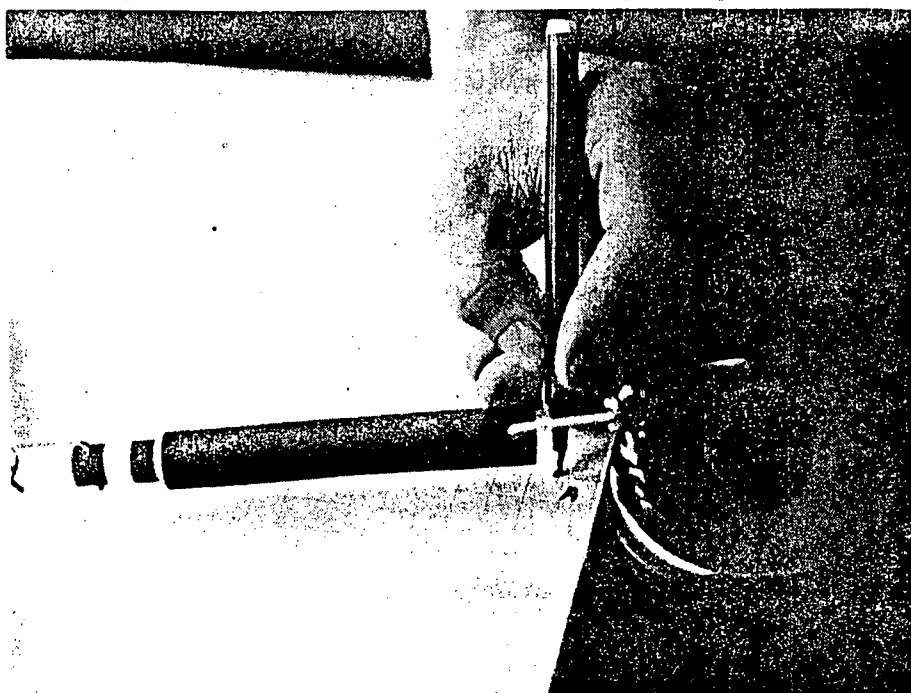
Een "fijnere" schaalverdeling dan in 0,5 N kan gemaakt worden met behulp van wat plasticine en een paar paperclips. Maak de massa van het plasticine met twee erin gestoken paperclips gelijk aan die van een gewichtje (50 g) (met behulp van de zojuist gemaakt schaalverdeling op de veerunster). Deel het bolletje plasticine in tweeën, met in elk deel een paperclip. Er zijn nu twee massa's van 25 g, waarmee de schaalverdeling van de veerunster verfijnd kan worden tot 0,25 N.
Deze mogelijkheid van het bijmaken van gewichtjes kan ook gebruikt worden om halve newton op een schaalverdeling aan te geven, als u alleen de beschikking hebt over gewichtjes met een massa van 100 g.

	2. KRACHTEN OPTELLEN	
b4	Opdracht 1, blz. 17 Trekkracht meten: deelkrachten in dezelfde richting kunnen opgeteld worden	- blok hout met haakje - 2 veerunsters met hetzelfde meetbereik
b5	Opdracht 2, blz. 18 Trekkracht meten: gelijke krachten in tegengestelde richting heffen elkaar op	- koord - 2 veerunsters (hetzelfde of ver- schillend meetbereik)
b6	Opdracht 1, 2, blz. 22 Krachten in willekeurige richtingen optellen: introductie van de paral- lелограмmethode	- massa - koord - 2 veerunsters (hetzelfde of ver- schillend meetbereik) - statief materiaal - tekenplank of bladen karton
b7	Opdracht 5, blz. 24, 25 Krachtenevenwicht bij drie (of meer) krachten in willekeurige richtingen	- 3 veerunsters - tekenpapier - ring (om de veerunsters aan elkaar vast te haken) - evt. 3 zuignapjes

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs- nummer	beschrijving per proef en onderzoek	benodigdheden
--------------------	-------------------------------------	---------------

Het vasthouden van de veerunsters door de leerlingen (en de daardoor veroorzaakte onnauwkeurigheid) kan voorkomen worden door de veerunster met zuignapjes (bijv. handdoekhaakjes met zuignap) op het tafeloppervlak vast te zetten. De opstelling is dan "stabiel", en de grootte en richting van de krachten kan nauwkeuriger bepaald worden.



BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs- nummer	beschrijving per proef en onderzoek	benodigdheden
b8	Opdracht 7, blz. 25 tot en met 27 Kracht ontbinden in deelkrachten: introductie van de "omgekeerde" parallellogrammethode	- baksteen (of iets dergelijks) - koord
b9	3. KRACHTEN IN CONSTRUCTIES Opdracht 2, blz. 29 Vergelijken van de krachten die twee veerunsters (en dus twee voorwerpen) <i>op elkaar</i> uitoefenen	- 2 veerunsters (hetzelfde of ver- schillend meetbereik)
10	Opdracht 2, blz. 34 Trek- en duwkracht bepalen, afhanke- lijk van de vorm van de constructie (uithangbord)	- evt. plank (als "muur") - veerunster - gewichtjes (50 of 100 g) - koord - plankje met haakje of gat in een uiteinde
11	Opdracht 3, blz. 37 Verandering van de (trek)krachten bij vormverandering in een construc- tie (tuigbrug)	- 2 veerunsters - koord - massa (bijv. 100 g)
b12	4. KRACHTEN EN BEWEGING Opdracht 4, blz. 43 Wrijvingskracht meten	- blokjes met gelijke afmetingen en verschillende massa; rolcilin- der met massa gelijk aan één van de blokjes - diverse ondergrond (bijv. schuur- papier, laagje zand) - veerunster
b13	Opdracht 3, blz. 45 Krachten bij "optrekken"	- blokje (zie b12) - zakje zand (of gewichtjes) - koord - katrol

ADRESSEN

Met de firma Breukhoven is een samenwerkingsovereenkomst betreffende een compleet leveringspakket van PLON-materiaal.
Informatie hierover bij:

Breukhoven BV
Mathenesserlaan 400
3023 HD Rotterdam
Postbus 6044
3002 AA Rotterdam
Tel. 010-767688

Depex B.V.
(nat. instr. Phywe)
Dorpsstraat 85
3732 HH De Bilt
Postbus 27
3730 AA De Bilt
tel. 030-763111

Emaf B.V.
(gasmeters, gerevideerd)
Nijverheidsstr. 3a-b
3071 GA Rotterdam
tel. 010-855266

Griffin Europa B.V.
(nat. instr.)
Rudonk 18
4824 AJ Breda
Postbus 1121
4801 BC Breda
tel. 076-412080

Harris
(nat. instr.)
(zie Breukhoven)

I.P.C.
(kwh-meter, gerevideerd)
De Grootkade 2
1052 LP Amsterdam
tel. 020-842325

Leybold-Nederland
(nat. en scheik. instr.)
Ohmweg 12
3442 AA Woerden
Postbus 90
3440 AB Woerden
tel. 03480-14145

Malmberg
(nat. instr. + Banativ)
Leeghwaterlaan 16
5223 BA Den Bosch
Postbus 233
5201 AE Den Bosch
tel. 073-215565

Econosto
Admiraliteitskade 75
Postbus 4060
3006 AB Rotterdam
tel. 010-141500

Meterfabriek Dordrecht
(gasmeters, nieuw)
Lijnbaan 12
3311 RL Dordrecht
tel. 078-186066

Merkelbach Fysica B.V.
(nat. instr. + Kröncke)
Gildeweg 18
3771 NB Barneveld
tel. 03420-16406

Model Engineering B.V.
(waterpompjes PSN)
Bangert 23
1689 CJ Zwaag (N.H.)
tel. 02292-1577

Nooitgedagt en Zn. B.V.
(gereedschappen)
Eegracht 12
8651 EG IJlst
Postbus 1
8650 AA IJlst
tel. 05155-1441

Phywe (zie Depex)

Snickers Handel MIJ. B.V.
Hfd. Kantoor:
Industriestraat 2
Postbus 5750
3290 AB Strijen
tel. 01854-2400
Voor depots:
zie RIB boek

Radio Twente
(recordermotortjes)
Stille Veerkade 11-13
2512 BE Den Haag
tel. 070-469200

Technowa B.V.
(nat. instr. unilab. e.d.)
Industrieweg 35
1512 NE Wormerveer
tel. 075-285767

Technische Unie
(metalen, draad e.d.)
in iedere grote stad
