

Wiebe E. Bijker

# Principes voor nieuwe examens

Constructieregels, voorbeeldopgaven en  
een voorbeeldexamen natuurkunde voor mavo,  
ontwikkeld in het kader van  
het PLON-experiment

Met een Ten geleide van  
Hans F. van Aalst

**BV UITGEVERIJ nib**

tekeningen: Hanneke de Waal  
foto's : Ad van Gameren, Wim Kamphuis en Wiebe Bijker

© 1982 BV Uitgeverij NIB Zeist

Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd 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, photo-print, microfilm or any other means without the prior permission of the publisher.

**CIP-gegevens**

Bijker, Wiebe E. — Principes voor nieuwe examens : constructieregels, voorbeeldopgaven en een voorbeeldexamen natuurkunde voor mavo, ontwikkeld in het kader van het PLON-experiment / Wiebe E. Bijker ; met een ten geleide van Hans F. van Aalst ; [tek. Hanneke de Waal, fotogr. Ad van Gameren...et al.]. — Zeist : NIB — 111. — (Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde)

SISO 450.4 UDC 371.2

Trefw.: leerplannen ; natuurkunde.

ISBN 90-275-3901-4

# Inhoud

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Ten geleide</i>                                           | 7   |
| <i>Woord vooraf</i>                                          | 10  |
| 1 Inleiding                                                  | 11  |
| 2 Over eindexamens                                           | 13  |
| 3 Het PLON mavo-examen: de vorm                              | 15  |
| 4 Het PLON mavo-examen: de inhoud                            | 19  |
| 4-1 Classificatie van de vragen naar natuurkundecontext      | 19  |
| 4-2 Classificatie van de vragen naar denkactiviteit          | 21  |
| 5 Het maken van examenvragen: constructieregels              | 28  |
| 5-1 Inleiding                                                | 28  |
| 5-2 Duidelijkheid van presentatie                            | 28  |
| 5-3 Duidelijkheid van probleemstelling                       | 30  |
| 5-4 Duidelijkheid over het gewenste antwoord                 | 34  |
| 5-5 Contextfamiliariteit                                     | 37  |
| 5-6 Probleemfamiliariteit                                    | 39  |
| 5-7 Presentatiefamiliariteit                                 | 41  |
| 5-8 Schijnfamiliariteit                                      | 42  |
| 5-9 Interessant en zinnig                                    | 43  |
| 5-10 Tot slot                                                | 45  |
| 6 Een voorbeeld van een PLON mavo-examen                     | 47  |
| 6-1 Inleiding                                                | 47  |
| 6-2 Examendeel 1 (kort-antwoordvragen)                       | 49  |
| 6-3 Examendeel 2 (lang-antwoordvragen)                       | 58  |
| 7 Voorbeelden van examenvragen                               | 63  |
| Inleiding                                                    | 63  |
| Herinneringsvragen : opgave 1 -19                            | 65  |
| Begripsvragen : opgave 20-64                                 | 77  |
| Creatief-inzichtvragen : opgave 65-72                        | 104 |
| Kritisch-inzichtvragen : opgave 73-99                        | 107 |
| <i>Bijlage: Antwoorden bij de meerkeuze- en rekenopgaven</i> | 133 |

# Ten geleide

Dit boek is een uitgave, tot stand gekomen in het kader van het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON). Het is onderdeel van een pakket voorstellen voor modernisering van het natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo.

Andere publikaties in dit verband zijn de PLON-leerstoflijst voor de mavo en 16 uitgewerkte PLON-onderwijsthema's voor het vak natuurkunde op mavo en onderbouw havo-vwo.<sup>1</sup>

## Voorgeschiedenis

Het PLON kreeg in 1972 het startsein van de toenmalige Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (de CMLN). Deze Commissie zou in 1974 adviezen uitbrengen voor modernisering van de natuurkundeprogramma's. Zij had echter behoefte om op basis van systematisch ontwikkelingswerk ook op langere termijn het natuurkundeonderwijs in Nederland te verbeteren.

Na een voorstudie werd door het PLON in 1974 begonnen op scholen te experimenteren met alternatieven voor de bestaande patronen in het natuurkundeonderwijs. Voor de 2e klas werd een inhoudelijk gevarieerder en gedifferentieerder programma voorgesteld. In de 3e en de 4e klas werd meer accent gelegd op raakvlakken tussen de natuurkunde en de samenleving en op de mogelijkheid voor leerlingen om eigen onderzoek op te zetten en uit te voeren.

Vanaf 1972 is er in het kader van het PLON-experiment op enkele mavo-scholen een examen afgenomen dat anders was dan de bestaande mavo-examens. Dit was nodig, omdat de vigerende mavo-examens een belemmering vormden om de doelstellingen van het ontwikkelingsexperiment goed tot hun recht te laten komen. De PLON-examens werden gemaakt naar aanleiding van een examenmodel dat in 1977 door het PLON was ontwikkeld. In dit model werden enerzijds bepaalde vraagvormen voorgesteld, namelijk kort-antwoordvragen en opstelvragen. Anderzijds werd een bepaalde verdeling van de vragen over manieren van denken die van leerlingen verwacht mochten worden voorgesteld.

Van dit model werd aangenomen dat het de doelstellingen van het in ontwikkeling zijnde natuurkundeonderwijs goed kon representeren en anderzijds examenteknische kwaliteit had. Ervaring was er echter nog nauwelijks mee opgedaan. Het mag dan ook geen verwondering wekken dat de diverse adviescommissies voor de samenstelling van PLON-examens nog tal van praktische problemen het hoofd moesten bieden om op tijd acceptabele examens aan het CVO te kunnen voorleggen.<sup>2</sup>

Aanvankelijk moest worden gewerkt op basis van de bestaande leerstoflijst, al konden in de PLON-examens wel bepaalde accenten worden vastgelegd.

Toch werd de leerstoflijst geleidelijk als steeds knellender ervaren. Naarmate de discussies over het PLON-leerplan vorderden, werd ook duidelijker waar de knelpunten met betrekking tot de leerstof lagen.

1. Voorstellen voor bovenbouw havo en vwo zijn nog in een vroeger stadium van ontwikkeling.

2. Hiervan is bijvoorbeeld gerapporteerd in het verslag van het PLON-examen 1978 (PLONEE 79-3022).



De in het PLON-leerplan geïntroduceerde andere natuurkunde, onderwerpen uit de omgeving van de leerlingen, onderwerpen uit het raakvlak tussen natuurkunde en samenleving, en leerstof afkomstig uit de technische natuurkunde<sup>3</sup> konden in de examens onvoldoende aan bod komen.

De Adviescommissie voor de Leerplanontwikkeling Natuurkunde (ACLO-n) stelde daarom een commissie in die tot taak kreeg een leerstoflijst te ontwikkelen waarin de kenmerken van het PLON-programma herkenbaar voorkwamen. Tevens moest de garantie worden gegeven dat doorstroming naar het vervolgonderwijs niet in gevaar kwam.

Het advies van deze zogenaamde 'leerstof-criterium-commissie' werd in grote lijnen door de ACLO-n overgenomen. Aan de minister werd verzocht om gedurende enkele jaren op een zeker aantal proefscholen aan de hand van dit programma te mogen examineren. Een en ander in afwachting van een bredere discussie over aanpassingen in het landelijke examenprogramma voor mavo. De minister heeft inmiddels die toestemming gegeven.

Binnen het PLON ontstond intussen behoefte zijn visie op het eindexamen mavo samen te vatten en in concrete voorbeelden uit te werken.

Op een post van het Pedagogisch Didactisch Instituut voor de leraarsopleiding van de Universiteit Utrecht heeft Wiebe Bijker zich gedurende anderhalf jaar twee dagen in de week bij het PLON aan deze taak gezet. Het voor u liggende boek is het resultaat van zijn werk.

### **Nieuwe eindexamens en een nieuw leerplan**

Waarom heeft het PLON aan de zaak van de eindexamens zoveel aandacht besteed? En waarom in zo'n vroeg stadium?

Wel, in de eerste plaats omdat in zijn opdracht besloten lag om de doelstellingen van het natuurkundeonderwijs onder de loep te nemen. En doelstellingen komen gedeeltelijk in eindexamens tot uitdrukking.

Belangrijker was de overweging dat discussies over een nieuw leerplan verhelderd kunnen worden door ze parallel aan discussies over nieuwe eindexamens te voeren. Er is immers een voortdurende wisselwerking tussen eindexamen en leerplan.

Juist door die twee tegelijkertijd aan de orde te stellen kan die wisselwerking vruchtbaar worden gemaakt.

Vaak is gezegd dat examens beknellend werken op onderwijs. Maar is dat niet slechts het geval als examens een eigen leven leiden, los van het denken over het onderwijs? Onze opvatting was dat het denken over vernieuwingen in het leerplan gestimuleerd zou kunnen worden door te denken over vernieuwingen in de examens. Een voorwaarde voor zo'n stimulerende werking is echter dat de discussie niet alleen gaat over de leerstoflijst. Om een afstemming te krijgen op lessen zoals die worden gegeven, moet juist ook de vraagvorm, de contexten waarbinnen gevraagd wordt en de samenstelling van het examen als geheel aan bod komen.

Kortom: de discussie moet dan ook gaan over de manier waarop examens als zodanig gemaakt worden.

### **Dit boek**

Dit boek probeert een brug te slaan tussen enerzijds het maken van examens en anderzijds het geven van onderwijs. Het is geen examenprogramma, nochtans geeft het nauw-

3. Een overzicht van het PLON-programma is te vinden in het Informatiepakket dat bij het PLON is te bestellen.

keurige richtlijnen voor het samenstellen van examens naar vorm en inhoud en voor het schrijven van opgaven. Het is ook geen leerplan: nochtans geeft het een beeld van het gevarieerde spectrum aan kennis en vaardigheden, die na thematisch natuurkunde-onderwijs op de mavo via schriftelijke toetsing gevraagd kunnen worden.

Het natuurkundeonderwijs staat voor belangrijke veranderingen. Het Mavo-project, de voorgenomen harmonisering mavo-lbo en talrijke vernieuwingen in de didactiek maken aanpassingen in het leerplan en het examenprogramma in de nabije toekomst onontkoombaar.

De ACLO-n wil na een discussiefase omstreeks 1985 met voorstellen komen voor wijziging van leerplan en examenprogramma.

Ik hoop van harte dat de voorstellen in dit boekje te samen met de leerstoflijst voor PLON-scholen en het leerplan zoals dat is uitgedrukt in de PLON-thema's bij de overwegingen van de komende jaren een stimulerende rol spelen.

*Utrecht, voorjaar 1982*

*Hans F. van Aalst*  
*(voormalig algemeen coördinator PLON)*

# Woord vooraf

Voor een belangrijk deel is het werk waarvan dit boek het resultaat vormt, gebaseerd op de ervaringen van anderen: ervaringen met het construeren, het corrigeren of het 'doen' van examens.

Binnen het PLON-experiment was vooral door Hans van Aalst al gewerkt aan nieuwe criteria voor het samenstellen van eindexamens.

Door zijn nauwe betrokkenheid bij het werk voor dit boek hebben zijn ideeën een groter stempel op de inhoud ervan gedrukt dan uit de voetnoten blijkt.

De PLON-medewerkers Sebo Ebbens en Kees Floor hebben actief bijgedragen aan de produktie van voorbeeldopgaven. Koos Kortland, Ton van der Valk en Ronny Wierstra, eveneens PLON-medewerkers, ben ik dank verschuldigd voor hun commentaar op verschillende delen van het boek.

Van de proefschoolleraren noem ik apart Huib van Horssen, Jan Korte en Jan Roelofs. Zij hebben met hun praktijkervaring veel onduidelijkheden en onfamiliariteiten in mijn voorbeeldopgaven ontmaskerd. Bij Huib van Horssen heb ik bovendien een aantal malen de les bijgewoond. Daardoor kon ik bij leerlingen van de Chr. Mavo de Lier over de schouder meekijken bij het oplossen van (examen)problemen. Ook zij worden daarvoor bedankt. Van de echte examenmakers Fred Boessenkool, Kees Hellingman en Jan de Kanter, medewerkers van het CITO, heb ik waardevolle suggesties voor de inleidende hoofdstukken gekregen.

Tenslotte ben ik dank verschuldigd aan Arnold 't Hooft en Paul Guthman, die – elk vanuit een verschillende 'afstandelijke betrokkenheid' bij het PLON – verhelderend commentaar op de eerste hoofdstukken hebben gegeven. Bianca Schillert heeft met blijmoedig geduld de steeds weer veranderde versies van het manuscript getypt. Rob Fastenau heeft, toen ik – pas vader geworden – alleen in ponden en centimeters kon denken, alle opgaven kritisch doorgerekend.

*Voorjaar 1982*

*Wiebe Bijker*

# 1 Inleiding

Er bestaat in Nederland geen echte traditie van experimenteren met eindexamens. Hoewel inhouden van examenvragen in de loop van een aantal jaren langzaam kunnen veranderen — ervaren leraren hebben een fijne neus ontwikkeld voor nieuwe ‘trends’ in de examens — gebeurt dit bijna nooit na onderzoek, na discussie in het veld en met expliciete argumenten. Met betrekking tot de vorm van examens is er zelfs niet eens een dergelijke sluipende ontwikkeling: examenvormen liggen al jaren vast en worden zelden ter discussie gesteld. Dit alles is vreemd, als we in aanmerking nemen dat het in Nederland niet ontbreekt aan vernieuwingsprojecten in het onderwijs, en examens geacht mogen worden onderwijs af te sluiten. Bovendien wordt in de ons omringende landen wel uitgebreid met verschillende examenvormen geëxperimenteerd, zodat we bij die ervaringen zouden kunnen aansluiten. De nu optredende problemen rond een mavo-examinering op twee niveaus laten zien hoe slecht we zijn toegerust voor het bespreken — om nog maar te zwijgen van het oplossen — van vragen met betrekking tot de relatie tussen onderwijs en examen, de spanning tussen doel en effect van examens en met betrekking tot een objectieve evaluatie van examens op relevante dimensies.

Nu is de pretentie van dit boek geenszins, in één klap alle bestaande problemen op te lossen. Wel is het de bedoeling, een discussie over de examenproblematiek te stimuleren en een eerste verheldering te geven van een aantal daarvoor benodigde begrippen. Dit gebeurt aan de hand van beschouwingen over het examenprogramma van het PLON-mavo voor natuurkunde. De verwachting is, dat ook voor het denken over niet-PLON en zelfs niet-natuurkunde-examens een dergelijke gebonden benadering van het probleem vruchtbaar is. Het voordeel van dit concrete aansluiten bij één examenprogramma is, dat de waarde van bepaalde onderscheidingen en de zinnigheid van aanbevelingen direct getoetst kunnen worden aan de examenvragen die erdoor worden opgeleverd. In het boek wordt om te beginnen een korte beschouwing gegeven over de functies die examens in het hier ontwikkelde model hebben. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens geschetst hoe op basis van een analyse van deze functies de vorm van een examen — hier dus het PLON mavo-examen — bepaald kan worden. In hoofdstuk 4 worden twee classificaties ontwikkeld, die het mogelijk maken om verschillende examens inhoudelijk met elkaar te vergelijken zonder in al te subjectieve oordelen te blijven steken. Dit is een voorwaarde voor het enigszins consistent kunnen samenstellen van examens en daardoor zowel voor het experimenteren met examens als voor de onderwijspraktijk van groot belang. De eerste classificatie maakt het mogelijk examenvragen op hun natuurkundecontext te beoordelen. De tweede geeft zicht op het denkproces dat voor het oplossen van de vraag geëist wordt. Beide classificaties worden met voorbeelden toegelicht. Dit alles mondt in hoofdstuk 5 uit in het formuleren van een aantal constructieregels. In deze constructieregels worden de voorgaande, nog enigszins abstracte analyses uitgewerkt in concrete aanwijzingen voor het samenstellen van examens en schriftelijke schoolonderzoeken. Deze regels achten wij, ondanks het feit dat ze worden toegelicht aan de hand van het PLON mavo-examen, algemeen geldig en zonder aanpassing toepasbaar bij examens op andere niveaus en in andere vakken.

Volgens het hier ontwikkelde model voor het discussiëren over en het experimenteren met examens moeten dus de volgende aspecten onderscheiden worden: 1 een analyse van en besluit over de *functies* van een examen; 2 het vaststellen van de *vormkenmerken* die hiervan het gevolg zijn; 3 het creëren van een apparaat voor een *inhoudsanalyse* van examens; 4 de concretisering van dit alles in de vorm van *constructieregels*. Tenslotte is een vijfde aspect nog ongenoemd gebleven. Zelfs constructieregels bieden nog te weinig houvast voor een eenduidige vastlegging van de bedoelde examinering. Het is noodzakelijk, het geheel te completeren met 5 een aantal *voorbeelden*. De hoofdstukken 6 en 7 bevatten voorbeelden van een examen en van examenopgaven die overeenkomstig de in het voorgaande hoofdstuk ontwikkelde constructieregels zijn gemaakt.

Voor gebruik in de klas is een leerling-versie van dit boek gemaakt. Hoofdbestanddeel daarvan vormen de hoofdstukken met voorbeelden van examens en van examenopgaven. Daaraan voorafgaand is een hoofdstuk opgenomen waarin de leerlingen worden voorbereid op wat hen op het examen te wachten staat met betrekking tot de verschillende soorten vragen en de opbouw van examens. Dit boekje, *Examenboekje mavo-4*, maakt deel uit van het PLON-leerpakket voor mavo.

## 2 Over eindexamens

Eindexamens hebben een dubbele functie.<sup>1</sup> Ze moeten *selectief* zijn en ze zijn *doelbepalend* voor het onderwijs. De selectieve functie houdt verband met de maatschappelijke rol die het examen vervult: op grond van zijn eindexamen wordt beslist of een leerling wordt toegelaten tot een bepaalde vervolgopleiding of in aanmerking komt voor een bepaald beroep. Doelbepalend is het examen, omdat de realisering van onderwijsdoelen mede wordt bepaald door de inhoud en vorm van eindexamens: docenten en leerlingen richten hun onderwijs zó in, dat laatstgenoemden een goede kans hebben voor het examen te slagen.

Het selectieve karakter van het eindexamen is wettelijk vastgelegd en kritiek op dit aspect van schoolexamens betekent dan ook indirecte kritiek op het gehele onderwijsstelsel of zelfs de sociale orde (vgl. Reimer en Illich). Het doelbepalende karakter van het eindexamen wordt ontkend ('het examen is het minst belangrijke deel van het onderwijs en ik trek me er bij mijn lesgeven niets van aan.'), betreurd ('ik zou wel meer (...) willen doen, maar je zit nu eenmaal aan het examen vast...') en bestreden ('bij onderwijsvernieuwing moet je je op het leerplan richten; bij te veel aandacht voor het examen komt er nooit iets nieuws van de grond.'). Volgens ons zijn deze reacties voornamelijk variaties op het thema 'struisvogel vecht tegen bierkaai': het doelbepalende karakter van eindexamens is een vaststaand gegeven. Het is vruchtbaarder om deze examenfunctie te erkennen en bewust te hanteren in het kader van onderwijsvernieuwing. Het doelbepalende karakter van eindexamens kan immers worden gebruikt om beoogde doelen van het onderwijs te ondersteunen en zo gewenste veranderingen te stimuleren. Het examen wordt afgeleid uit het curriculum, maar omgekeerd accentueert het de bedoelde invulling van dit curriculum in de onderwijspraktijk. Dit is een van de redenen waarom het essentieel is dat een vernieuwingsproject als het PLON ook een eigen eindexamen heeft.

Voor de selectieve functie van een examen kunnen de vragen verder reiken dan het voorafgaande onderwijs. Immers, ook eigenschappen zoals intelligent handelen, niet op school geleerd inzicht en algemene ontwikkeling kunnen een rol spelen bij het selecteren voor de toekomstige loopbaan. Een selectief examen moet de mogelijkheid scheppen, leerlingen onderling te vergelijken.<sup>2</sup> Eén gevolg hiervan is, dat vragen over

1. Er worden wel meer examenfuncties onderscheiden. Veelal betreft het dan nadere differentiëring van de hier besproken twee functies. Zie bijvoorbeeld: P. de Koning, 'Functies van afsluitingen'; In: *Pedagogische Studiën* 1978, blz. 433.

2. Ik kan niet uitgebreid ingaan op het fundamentele probleem dat bij elke (selectieve) examinering een rol speelt: de spanning tussen wat je eigenlijk wilt meten en wat je in feite doet.

Als examinator wil je een beeld krijgen van de kandidaat: inzicht in zijn functioneren tijdens het gevolgde onderwijs enerzijds en een redelijke verwachting ten aanzien van zijn functioneren in de toekomst anderzijds. Wat je daarentegen in feite doet, is onderzoeken of hij in staat is zonder hulp een aantal opgaven te maken. Nog anders gezegd: je wilt een beeld krijgen van het ontwikkelingsproces van een kandidaat, maar je bekijkt slechts een momentopname. Om iets uit deze momentopname te kunnen concluderen over dat ontwikkelingsproces, moeten we inzicht hebben in de relatie tussen deze beide. Dat inzicht is er nog onvoldoende. We gaan eigenlijk altijd uit van een impliciete veronderstelling, de 'afspiegelingsaanname': de examensituatie zal wel een soort afspiegeling zijn van zowel het gevolgde onderwijs als van de toekomstige werk- of leersituatie.

Het lijkt mij dat er weinig argumenten voor deze afspiegelingsaanname te geven zijn. Bij een verder onderzoek van

het algemeen tamelijk moeilijk zullen zijn. Voor de doelbepalende functie van een examen dienen de vragen juist representatief te zijn voor het leerplan en moeten de vragen gelijkenis vertonen met vragen die in lessituaties gesteld worden.

De vragen moeten een weloverwogen variëteit hebben van vorm en inhoud, afgestemd op het bedoelde onderwijs. Het is dan ook geen bezwaar als er gemakkelijke vragen bij zijn, mits deze maar aan belangrijke leerdoelen refereren.<sup>3</sup>

In de volgende paragrafen zullen we laten zien, hoe met deze criteria als leidraad een nieuw mavo natuurkunde-examen gemaakt kan worden.

de genoemde relatie tussen ontwikkelings(proces) en examen(moment) moet mijns inziens in het oog worden gehouden dat het hier om meer dan alleen een validiteitsprobleem gaat.

Van de in hoofdstuk 5 bepleite familiariteit kan dan ook niet gezegd worden dat dit een fundamenteel alternatief voor de afspiegelingsaanname biedt. Het betekent slechts een oppoetsen van het vergrootglas.

3. H.F. van Aalst, 'Hoeveel ruimte kan een goed examen aan het onderwijs geven?' In: *Het eindexamen natuurkunde voor VWO en HAVO; schoolonderzoek en CSE-Verslag van de Woudschotenconferentie 1977.*

### 3 Het PLON mavo-examen: de vorm

Zoals in de vorige paragraaf is uiteengezet, kennen we aan het examen twee functies toe: selectief en doelbepalend. We vatten de kenmerken van beide functies nog eens samen:

#### samenvatting 3-1

##### EEN PUUR SELECTIEF EXAMEN:

- a de vragen hoeven niet rechtstreeks aan te sluiten bij het gegeven onderwijs
- b leerlingen moeten onderling vergeleken kunnen worden: het examen moet dus discriminerend werken
- c de vragen moeten tamelijk moeilijk zijn

#### samenvatting 3-2

##### EEN PUUR DOELBEPALEND EXAMEN:

- d de vragen moeten goed aansluiten bij het bedoelde onderwijs
- e de vragen dienen dezelfde variatie van vorm en inhoud te bieden, als ook in de onderwijs-situatie nagestreefd wordt
- f de vragen mogen tamelijk makkelijk zijn

Het hierboven gemaakte onderscheid is theoretisch van aard: zó zou een puur selectief, respectievelijk een puur doelbepalend examen eruitzien. In de praktijk heeft een examen echter beide functies tegelijk. We moeten dan ook nu het probleem onder ogen zien, hoe we beide theoretische lijstjes samenvoegen tot één lijst met eisen voor een praktisch bruikbaar selectief *en* doelbepalend examen.

We bespreken eerst de moeilijkheidsgraad van vragen in een dergelijk examen. Een verkeerde conclusie uit het voorgaande zou zijn, dat wij voor een doelbepalend en *dus gemakkelijk* examen pleiten.

De selectieve functie, die het examen immers ook heeft, leidt duidelijk tot de eis dat een aantal vragen moeilijk moet zijn (kenmerk c). Daarmee is echter nog niet gezegd *op welke manier* je een opgave moeilijk maakt. Examenvragen worden vaak moeilijk gemaakt door enigszins buiten de voor leerlingen bekende paden te treden. Deze manier is in strijd met de doelbepalende functie van het PLON mavo-examen. Een andere manier om moeilijke vragen te maken – en wél met deze functie in overeenstemming – is, die vragen te richten op leerstof die ‘in zichzelf’ al moeilijk is. Vragen over minder moeilijke delen van de leerstof kunnen dan ook betrekkelijk makkelijk zijn (kenmerk f).



Een andere argumentering hiervoor wordt gevonden in de uit de doelbepalende functie voortvloeiende eis dat vragen goed bij het bedoelde onderwijs dienen aan te sluiten (kenmerk *d*). Dat betekent immers dat de vragen ook wat niveau betreft niet moeten afwijken van wat in het onderwijs de bedoeling is. Wij kiezen ervoor, het examen vooral te zien als een onderwijstest en minder als een soort intelligentietest. De mogelijkheid om de vragen niet te laten aansluiten bij het onderwijs (kenmerk *a*) wijzen wij op die grond af.

Uit de doelbepalende functie van het examen vloeit tenslotte de eis voort dat de vragen in één examen dezelfde variatie moeten bieden als het nagestreefde onderwijs (kenmerk *e*). Aan deze eis kan het best worden voldaan als één examen een groot aantal (en dus korte) vragen bevat. Dit grote aantal vragen maakt het bovendien beter mogelijk, het examen als discriminerend instrument te gebruiken (kenmerk *b*). Met alleen kort-antwoordvragen zijn we er echter niet. De eis van een goede afspiegeling van het onderwijs in de vragen dwingt ons ertoe, ook lang-antwoordvragen op te nemen. Immers, in het PLON-onderwijs moeten leerlingen regelmatig zelf redeneringen opzetten als conclusie uit een experiment, zelf demonstraties geven, zelf teksten voor een werkstuk of tentoonstelling schrijven. Daarnaast is gebleken<sup>1</sup> dat lang-antwoordvragen beter geschikt zijn voor het meten van 'hogere' mentale processen (zoals bijv. samenvatten, evalueren, creatief zijn, kritiseren) en dat ze een betere studiehouding bij leerlingen stimuleren.

We kunnen nu het voorgaande samenvatten in een overzicht van de kenmerken die een PLON mavo-examen volgens ons moet hebben.

#### samenvatting 3-3

##### EEN PLON MAVO-EXAMEN (SELECTIEF *EN* DOELBEPALEND):

- a* de vragen moeten goed aansluiten bij het PLON-onderwijs
- b* het examen zal moeilijke vragen bevatten; deze vragen zullen hun moeilijkheid vooral ontleen aan de aard van de leerstof
- c* het examen zal ook minder moeilijke vragen bevatten, waar de aard van de leerstof dit rechtvaardigt
- d* de vragen van één examen zullen eenzelfde variatie van vorm en inhoud vertonen als ook in het onderwijs wordt nagestreefd
- e* het examen moet discriminerend kunnen werken
- f* het examen zal een groot aantal kort-antwoordvragen bevatten
- g* het examen zal een klein aantal lang-antwoordvragen bevatten

Nu duikt echter een praktisch probleem op: een optimale realisering van deze examen-opzet zou een examenduur van ongeveer 3 uur vereisen. Dit achten we te zwaar voor 4-mavo-leerlingen.

De beste oplossing van dit probleem is in onze ogen een splitsen van het natuurkunde-eindexamen in twee zittingen (zoals ook al bij wiskunde op de mavo gebruikelijk): één zitting met alleen kort-antwoordvragen en één zitting met alleen lang-antwoordvragen. Zolang dit nog niet gerealiseerd is, moet met een minder optimale examenvorm van één zitting van 2 uur worden gewerkt.

1. Voor gedetailleerder informatie verwijs ik naar W.K. Hedges, *Testing and Evaluation for the Sciences in the secondary school*. Belmont, 1966. (blz. 91-99).

Om iets meer te kunnen zeggen over de samenstelling van zowel de gewenste examencombinatie van twee zittingen als het huidige examen van één zitting, is het nodig preciezer te omschrijven wat we onder kort-antwoord-, respectievelijk lang-antwoordvragen verstaan.

De enige argumentatie die hierboven is gegeven voor het gebruiken van kort-antwoordvragen was, dat dit de mogelijkheid gaf om een groot aantal vragen op te nemen. Was dit de enige overweging, dan konden we ook besluiten om vooral meerkeuzevragen te gebruiken. Er zijn echter andere overwegingen van meer inhoudelijke aard die ons doen kiezen voor vragen met een precies aangegeven korte antwoordruimte.

Zonder de discussie over de voor- en nadelen van meerkeuzevragen hier nu breed uit te willen meten, kunnen we stellen dat in onze ogen de kort-antwoordvraag voordelen van de meerkeuzevraag heeft, zonder de nadelen ervan te vertonen. Een kort-antwoordvraag laat zich betrekkelijk snel en objectief nakijken, ook al kun je dat corrigeren niet aan een computer overlaten. De kort-antwoordvraag eist van de leerling meer dan alleen selectie uit geboden antwoordalternatieven; vaak zal de leerling zelf de begrippen die in het antwoord thuishoren, moeten produceren.

Als antwoord kan nu ook gevraagd worden, zelf een schetsje of constructie te tekenen. Dit is een vaardigheid die in het PLON-onderwijs, met zijn nadruk op zelf-onderzoeken en rapporteren, veel aan bod komt. Hoewel we ons niet aansluiten bij diegenen die stellen dat met meerkeuzevragen geen hogere mentale operaties getoetst kunnen worden, achten we het onmiskenbaar dat leerlingen zich anders – en in het licht van de PLON-doelen, slechter – voorbereiden op een meerkeuzetoets dan op een toets met open vragen. Tenslotte is het moeilijker om een goede meerkeuzevraag te maken dan een even goede kort-antwoordvraag. Dit laatste zou men geen nadeel hoeven te vinden, waar het hier immers gaat om examenvragen die eventueel door een deskundig instituut zoals het CITO gemaakt kunnen worden. Maar dan wordt vergeten dat de examenvragen in vorm en inhoud vergelijkbaar moeten zijn met de gebruikelijke onderwijsvragen (vgl. samenvatting 3-3) en dat we dus van leraren dezelfde vaardigheden moeten eisen als van de officiële examenmakers. Een kort-antwoordvraag in de vorm die we op grond van het voorgaande zullen kiezen<sup>2</sup> zal door een modale leerling in ongeveer 4 minuten beantwoord kunnen worden.

De aanduiding 'lang-antwoordvraag' omvat meestal vragen met een beantwoordingstijd tussen de 15 en 60 minuten. In verband met ons doel en rekening houdend met het soort leerlingen dat deze vragen moet maken, kiezen wij voor een betrekkelijke korte vorm van lang-antwoordvraag: 15-20 minuten.

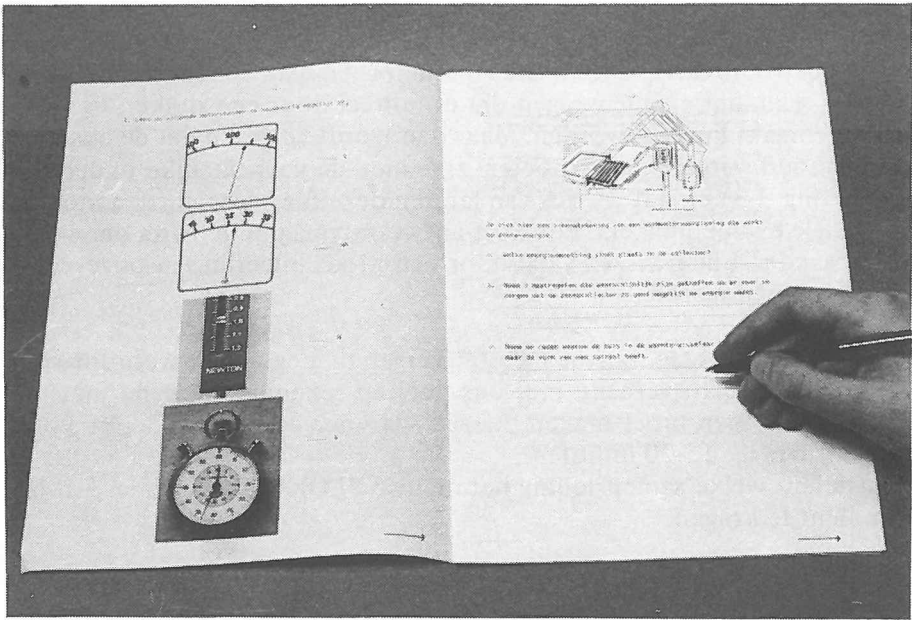
We kunnen nu vaststellen welke samenstelling het nieuwe PLON mavo-examen wat betreft de vraagvorm dient te krijgen.

2. Op de precieze vorm van zowel de kort-antwoord- als de lang-antwoordvragen komen we later uitgebreid terug. Hier is alleen de omvang van de vraag van belang.

VORM VAN EEN NIEUW PLON MAVO-EXAMEN

| gewenste combinatie van twee examenzittingen: |                                                  | huidige examenzitting                            |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1e                                            | duur: 2 uur<br>aantal kort-antwoordvragen:<br>30 | duur: 2 uur<br>aantal kort-antwoordvragen:<br>20 |
| 2e                                            | duur: 1 uur<br>aantal lang-antwoordvragen<br>4   | aantal lang-antwoordvragen:<br>2                 |

Hierboven is al aangegeven dat de (korte) antwoordruimte precies aangegeven moet worden. De meest praktische manier om dit te doen, is de leerlingen hun antwoord te laten invullen op het opgavenblad. We komen op dit direct in het oog springend kenmerk van het PLON mavo-examen nog terug.



## 4 Het PLON mavo-examen: de inhoud

### 4-1 Classificatie van de vragen naar natuurkundecontext

In het PLON-onderwijs wordt veel aandacht besteed aan technische toepassingen van de natuurkunde, aan de maatschappelijke gevolgen van natuurkunde en techniek en aan het verklaren van natuurverschijnselen met betrekking tot de natuurkunde. Daarnaast zijn natuurlijk de inhoud van fysische wetten en regels, en vooral het opzetten, uitvoeren en verwerken van experimenten belangrijk. Deze aspecten moeten (vgl. kenmerk *d*, hoofdstuk 3) terug te vinden zijn in de examenvragen.<sup>1</sup> Om de examenmaker een middel in handen te geven waarmee hij de samenstelling van zijn examen in dit opzicht kan controleren, hebben we de volgende classificatie gemaakt: er zijn vragen met een wetenschapsinhoudelijk accent ('wei'), met een practicumaccent (experimenteel: 'exp'), met een technisch accent ('tec'), met een natuuraccent ('nat') en met een samenlevingsaccent ('sam'). In het volgende schema wordt deze classificatie nader gepreciseerd. Ter illustratie wordt achter sommige omschrijvingen verwezen naar een opgave uit hoofdstuk 6.

| tabel 4-1                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLASSIFICATIE: NATUURKUNDECONTEXT <sup>2</sup> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <i>aspect<br/>(code)</i>                       | <i>omschrijving</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| wetenschaps-<br>inhoudelijk<br>(wei)           | centraal staat het kennen en kunnen toepassen van fysische wetten en regels.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| experimenteel<br>(exp)                         | centraal staan experimentele vaardigheden als: <ul style="list-style-type: none"><li>— experiment bedenken om veronderstelling te toetsen</li><li>— operationele vragen stellen</li><li>— apparatuur kiezen</li><li>— apparatuur gebruiken (aansluiten, instellen, aflezen)</li><li>— meetgegevens verwerken in grafieken en tabellen en daar conclusies uit trekken</li><li>— gegevens aflezen en selecteren uit grafieken en tabellen en daarmee werken</li><li>— interpoleren en extrapoleren</li><li>— meetonnauwkeurigheid schatten</li><li>— aangeven of een bepaalde meetonnauwkeurigheid klein genoeg is om een gegeven conclusie te rechtvaardigen</li><li>— resultaten in verband brengen met informatie uit boeken; daaruit conclusies trekken en daarover rapporteren</li></ul> |

1. Het is op dit punt goed nog eens te wijzen op het verschil tussen curriculum en examenprogramma. In het PLON-curriculum komt een aantal zaken aan de orde, die nauwelijks in een schriftelijk examen te toetsen zijn. Als voorbeeld moge de volgende, voor alle (natuurkunde)onderwijs geldende, doelstelling dienen: bijdragen aan de sociale en emotionele vorming van de leerling.

De in deze paragraaf voorgestelde classificatie beperkt zich noodzakelijk tot de schriftelijk toetsbare aspecten van het PLON-curriculum.

2. De omvang van de omschrijving is geen maat voor het belang dat aan een categorie moet worden gehecht; hoogstens zegt het iets over de moeilijkheid om te specificeren wat we precies bedoelen.

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| technisch<br>(tec)   | <p>centraal staat het doel, de functie van een apparaat; dit komt tot uitdrukking in vaardigheden als:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– een aantal verschillende variabelen zó kiezen, dat aan gestelde eisen wordt voldaan</li> <li>– een variabele zó kiezen, dat zo goed mogelijk aan twee tegengestelde eisen wordt voldaan (optimalisatieprobleem)</li> <li>– een onderdeel veranderen aan een apparaat zodat het aan een gestelde eis voldoet</li> <li>– een apparaat met een gegeven functie kunnen toepassen voor de oplossing van een probleem (black box-benadering)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| natuur<br>(nat)      | <p>centraal staat het beschrijven en verklaren van natuurverschijnselen uit het vrije veld in termen van fysische wetten, regels en begrippen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| samenleving<br>(sam) | <p>centraal staat de relatie tussen fysica, techniek en samenleving, uitgewerkt rond drie kernpunten:</p> <p>E: de <i>effect(en)</i> van techniek en fysica in de samenleving<br/> P: de <i>positie(s)</i> die je kunt innemen ten opzichte van problemen rond die effecten<br/> W: de <i>waarde(n)</i> die een rol spelen bij de keuze tussen die verschillende posities</p> <p>Bij het beantwoorden van de sam-vragen zijn de volgende kennis en vaardigheden nodig (uitgedrukt in de hiervoor genoemde kernpunten E, P en W):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– verschillende kanten onderkennen aan effecten van fysica en techniek (voorbeeld van een effect van recente fysisch-technische ontwikkelingen: de voorraad radioactief afval met bijbehorend stralingsrisico)</li> <li>– de fysische en historische achtergrond aangeven van een aantal effecten van fysica en techniek (voorbeeld: fysische achtergronden bij radioactief afval zijn bijv.: relatie splijtstof – kernreacties – splijtingsprodukten, het biologisch effect van radioactieve straling; historische achtergrond is bijv.: waarom juist nu kernenergie?)</li> <li>– de verschillende posities noemen die ten aanzien van een bepaald effect ingenomen kunnen worden<br/>(in ons voorbeeld zijn enkele posities: ondergrondse afvalopslag in zoutlagen is een voldoende oplossing; of: elke opslag is een onvoldoende oplossing; of: nu nog geen goede opslagmogelijkheid, maar die zal zeker gevonden worden)</li> <li>– (fysische) argumenten noemen ter ondersteuning van bepaalde posities (bijv. ten aanzien van de hierboven genoemde eerste positie: zoutlagen zijn al miljoenen jaren onveranderd)</li> <li>– aangeven welke waarden een rol kunnen spelen bij een keuze tussen verschillende posities<br/>(voor de in ons voorbeeld genoemde posities bijv.: we moeten niet beslissingen nemen die latere generaties voor onoplosbare problemen kunnen stellen).</li> <li>– onderscheid maken tussen feiten en de interpretatie van feiten (één ding is: een berekening van de dikte van opslagvaten voor radioactief afval; een ánder ding is de uitspraak: ‘wetenschapsmensen kunnen precies uitrekenen hoe dik opslagvaten moeten zijn, zodat er geen gevaar voor de omgeving zal optreden’).</li> <li>– een keuze doen uit bepaalde posities met explicitering van eigen waarden en in het geding zijnde fysische kennis.</li> </ul> |

De bovenstaande classificatie maakt het mogelijk, de samenstelling van een examen te controleren op een gewenste spreiding van natuurkundecontext.

## 4-2 Classificatie van de vragen naar denkactiviteit

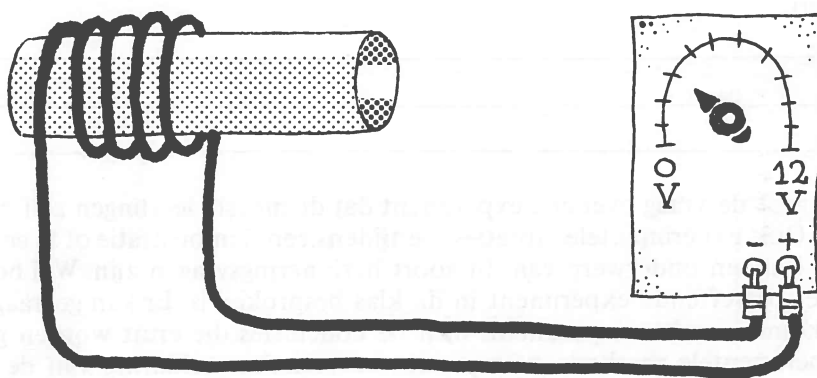
Naast deze classificatie is een tweede wenselijk. Het is zinvol de samenstelling van een examen ook te controleren op de soorten denkactiviteit die we van de kandidaten vragen. Voor deze classificatie willen we vijf categorieën onderscheiden.<sup>3</sup> Deze categorieën kunnen ons inziens ook bij het samenstellen van andere (natuurkunde)examens gehanteerd worden. Het is vooral de *spreiding* over de verschillende categorieën, die voor een bepaald soort examen karakteristiek is. Op de spreiding in het PLON mavo-examen komen we dan ook nog terug.

We onderscheiden: herinneringsvragen, begripsvragen, creatief-inzichtsvragen en kritisch-inzichtsvragen.

### Een theorie-herinneringsvraag (code: 'ther')

Noem drie manieren om de getekende elektromagneet sterker te maken.

TEC



1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

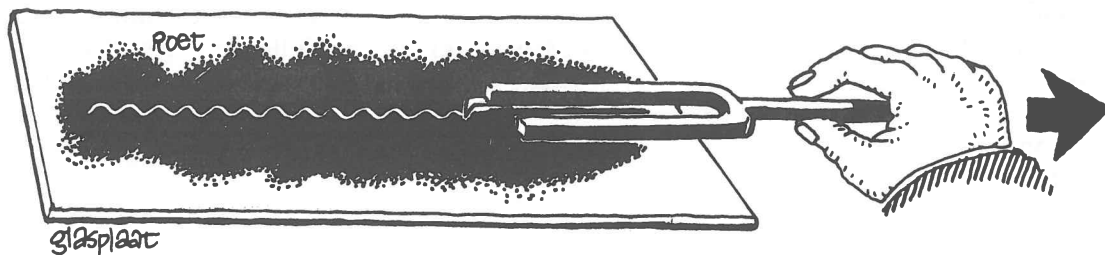
Bij dit soort vragen wordt slechts verlangd dat de leerling zich een regel kan herinneren en dat hij deze kan toepassen in een situatie die in de klas aan de orde is geweest. Toepassen van regels in nieuwe situaties valt buiten deze categorie. Uit deze omschrijving blijkt dat een vraag nooit zonder meer als 'ther' geclassificeerd kan worden, maar dat dit altijd dient te gebeuren met inachtneming van het gegeven onderwijs.

3. Een eerste schets van deze indeling vindt men in:

- H.F. van Aalst, *PLON-Examen Mavo 4 1978*. Utrecht 1979 (PLON-publikatie nr. PLONEE 79-3022). Hierbij wordt gevarieerd op een classificatie die bij de Engelse Nuffieldexamens (GCE: 0-level Physics; CSE-level Sec. Science) wordt gebruikt.
- H.F. Boulind, *Nuffield Physics, Tests and Examinations*. London 1968.
- Hilda Misselbrook (ed.), *Nuffield Secondary Science, Examining at CSE level*. London 1972.

### ***Een experiment-herinneringsvraag ('eher')***

Met de hier getekende proef kun je laten zien dat een stemvork die een toon laat horen, trilt.



Nu gaat iemand dezelfde proef doen met een stemvork die een hogere toon geeft. Hij trekt de stemvork met dezelfde snelheid over de glasplaat als de eerste keer. Beschrijf kort wat het verschil is tussen de lijn van de eerste en van de tweede stemvork.

---

---

---

In dit geval gaat de vraag over een experiment dat de meeste leerlingen zelf gedaan zullen hebben. Ook experimentele situaties die tijdens een demonstratie of in een leestekst voorkomen, kunnen onderwerp van dit soort herinneringsvragen zijn. Wel belangrijk is weer, dat het betreffende experiment in de klas besproken is. Er kan gevraagd worden naar de uitkomst van het experiment, naar de conclusies die eruit worden getrokken, naar de experimentele methode of naar de theoretische verklaring van de uitkomst. Het zal voor mensen die het PLON-curriculum kennen duidelijk zijn, dat experiment-herinneringsvragen in een PLON mavo-examen een belangrijke rol moeten spelen in verband met het grote aantal onderzoekjes dat door leerlingen zelf wordt gedaan.

### ***Een begripsvraag ('begr')***

Om de werking van een kernsplijtingsbom te begrijpen, is het begrip 'kritische massa' belangrijk. De waarde van deze kritische massa hangt af van de verrijkingsgraad van het uranium:

95% verrijkt uranium: kritische massa 10 kg

50% verrijkt uranium: kritische massa 50 kg

Leg uit, hoe het komt dat de kritische massa van laag-verrijkt uranium hoger is dan die van hoog-verrijkt uranium.

---

---

---

In deze vraag worden twee bekende problemen gecombineerd in een nieuwe situatie. De leerlingen begrijpen de kritische massa als voorwaarde voor het starten van een kettingreactie; ze weten dat verrijking van uranium dient om het gehalte aan splijtbaar U-235 te verhogen. Hier moeten ze deze twee gegevens combineren om de vraag te kunnen beantwoorden.

Ook het toepassen van één bekende regel in een nieuwe situatie beschouwen we als een begripsvraag.

Begripsvragen zijn convergent in die zin dat er slechts één goed antwoord mogelijk is. Dit geldt niet bij de volgende categorie vragen.

### ***Een creatief-inzichtvraag ('crea')***

In sommige grote gebouwen zit een automatische zonweringsinstallatie. Als de zon schijnt, zakken bij alle ramen aan de buitenkant de zonneschermen naar beneden.

Hanneke vindt dit energieverspilling.

Noem twee redenen die zij hiervoor kan hebben.

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Welke reden kan de architect van dat gebouw gehad hebben om zo'n zonweringsinstallatie aan te leggen?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Een creatief-inzichtvraag is vaak divergent: er zijn dan meer juiste antwoorden mogelijk. Meestal is ook discussie mogelijk over de (juiste) antwoorden; ze zijn niet vanzelfsprekend juist. Het is belangrijk, er op te wijzen dat deze categorie vragen – en hetzelfde geldt voor de volgende – niet noodzakelijk moeilijker is dan vragen uit de andere categorieën. Overigens geldt ook bij deze vraag, dat het een eher-vraag zou kunnen zijn, als het probleem uitgebreid als experiment aan de orde was geweest.

### ***Een kritisch-inzichtvraag ('krit')***

Je moet een riemsoort uitkiezen om veiligheidsriemen van te maken.

Kies één van de riemsoorten uit deze tabel.

| <i>riemsoort</i> | <i>kracht waarbij de riem breekt (in Newton)</i> | <i>maximale uitrekking van 1 meter riem (in cm)</i> |
|------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| A                | 18.000                                           | 20                                                  |
| B                | 20.000                                           | 20                                                  |
| C                | 22.000                                           | 15                                                  |
| D                | 24.000                                           | 10                                                  |



Gekozen riemsoort: \_\_\_\_\_

Waarom heb je juist deze riemsoort gekozen en niet één van de andere drie?

---

---

---

Bij een kritisch-inzichtvraag ligt het accent vaak op het analyseren van informatie. Deze informatie kan worden aangeboden in de vorm van een grafiek, een tabel of een rede-nering. De relatie met de leerstof moet de leerling veelal zelf leggen. Intelligent schatten rekenen we tot deze categorie. Ook het onderbouwen van waardeoordelen met argu-menten of het kritisch analyseren van aangeboden argumenten behoort tot de kritisch-inzichtvaardigheid. Deze laatste categorie omvat dus twee belangrijke denkactiviteiten: het kritisch analyseren van gegevens en het kritisch analyseren van waardeoordelen en argumenten. Van dit laatste geven we tot slot nog een voorbeeld.

Een akkerbouwcoöperatie in Tanzania wil een *windmolen* kopen. Die windmolen gaat men gebruiken om de pomp aan te drijven waarmee de akkers worden bevoeid.

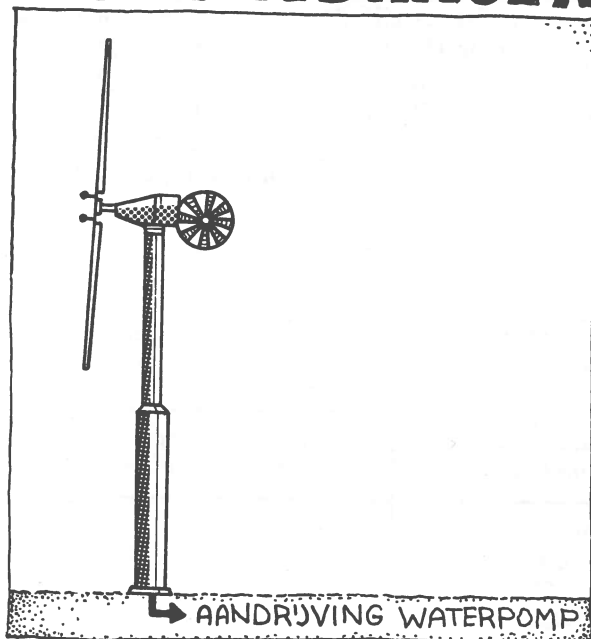
Ze vragen advies aan twee verschillende Nederlandse ingenieurbureaus.

Het advies van het eerste bureau luidt:

***Bestel een molen van het type Windracer:***

- *gemaakt volgens de modernste techniek, resultaat van wetenschappelijk onderzoek*
- *modernste materialen gebruikt die weinig onderhoud nodig hebben*
- *goedkoop in onderhoud*
- *een vernuftig systeem om de molen altijd goed op de windrichting te houden (met twee elektromotortjes)*

## DE WINDRACER

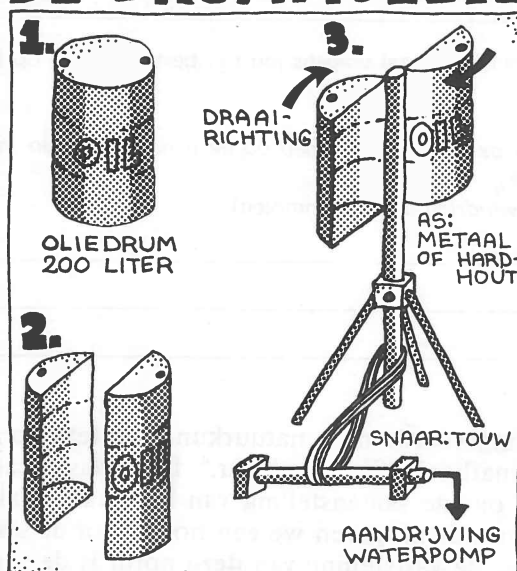


Het advies van het tweede bureau luidt:

***Maak zelf een Drummolen:***

- *begrijpelijke techniek*
- *plaatselijk verkrijgbare materialen gebruikt*
- *goedkoop in aanschaf*
- *staat altijd goed voor elke windrichting*

## DE DRUMMOLEN



De mensen van de akkerbouwcoöperatie willen nu kiezen uit deze twee windmolens. Om deze keuze te kunnen maken, gaan ze de vier eigenschappen van de twee molens met elkaar vergelijken.

- a. Welke van de eerste eigenschappen zal volgens jou het beste voldoen op het platteland in Tanzania?

Kruis aan:

***gemaakt volgens de modernste techniek, resultaat van wetenschappelijk onderzoek*** (Windracer)

***begrijpelijke techniek*** (Drummolen)

Noem een reden voor je keuze: \_\_\_\_\_

☐

- b. Welke van de tweede eigenschappen zal volgens jou het beste voldoen op het platteland van Tanzania?

Kruis aan:

***modernste materialen gebruikt die weinig onderhoud nodig hebben*** (Windracer)

***plaatselijk verkrijgbare materialen gebruikt*** (Drummolen)

Noem een reden voor je keuze: \_\_\_\_\_

☐

- c. Welke van de derde eigenschappen zal volgens jou het beste voldoen op het platteland van Tanzania?

Kruis aan:

*goedkoop in onderhoud* (Windracer)

*goedkoop in aanschaf* (Drummolen)

☐  
☐

Noem een reden voor je keuze: \_\_\_\_\_

- d. Welke van de vierde eigenschappen zal volgens jou het beste voldoen op het platteland van Tanzania?

Kruis aan:

*een vernuftig systeem om de molen altijd goed op de wind te houden (met twee motortjes)* (Windracer)

*staat altijd goed voor elke windrichting* (Drummolen)

☐  
☐

Noem een reden voor je keuze: \_\_\_\_\_

We hebben nu twee classificaties ingevoerd: naar natuurkundecontext en naar denkactiviteit. Beide classificaties zijn onafhankelijk van elkaar.<sup>4</sup> Deze classificaties leveren ons, zoals gezegd, een instrument om de samenstelling van het examen als geheel te controleren. Aan het slot van dit hoofdstuk geven we een norm voor de samenstelling van het PLON mavo-examen. Voor de vaststelling van deze norm is de samenstelling van het PLON mavo-curriculum bepalend geweest. Dit is in overeenstemming met onze conclusies in hoofdstuk 3 (zie samenvatting 3-4). Aangezien de curriculumsamenstelling slechts onnauwkeurig geclassificeerd kan worden, is deze norm geen recept-zonder-uitzonderingen; wél een wezenlijk richtsnoer voor de samenstelling van examens.

4. Voor de zelfwerkzame lezertjes is het misschien een leuke opdracht de hierboven gegeven opgavevoorbeelden zelf te classificeren naar natuurkundecontext. Onze classificatie staat hieronder:

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| mas + cec + sam : | de tweede krit-vraag |
| cec :             | de eerste krit-vraag |
| wem :             | de crea-vraag        |
| wel :             | de begt-vraag        |
| wel :             | de ehet-vraag        |
| wel :             | de ther-vraag        |

tabel 4-2

## NORM VOOR SAMENSTELLING PLON MAVO-EXAMEN

| A                                                                    | vraagvorm     | aantal vragen                                |                            | categorie denk-activiteit | maximaal te behalen aantal punten |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
|                                                                      |               | bij ge-wenste combina-tie van twee zittingen | bij huidige examen-zitting |                           |                                   |
|                                                                      | kort-antwoord | 8                                            | 5                          | ther                      | 20                                |
|                                                                      | kort-antwoord | 12                                           | 8                          | eher                      | 25                                |
|                                                                      | kort-antwoord | 7                                            | 5                          | begr                      | 15                                |
|                                                                      | kort-antwoord | 2                                            | 1                          | crea                      | 5                                 |
|                                                                      | kort-antwoord | 1                                            | 1                          | krit                      | 5                                 |
|                                                                      | lang-antwoord | 2                                            | 1                          | begr                      | 10                                |
|                                                                      | lang-antwoord | 2                                            | 1                          | crea/krit                 | 10                                |
| <b>B</b> <i>samenstelling met betrekking tot natuurkundecontext:</i> |               |                                              |                            |                           |                                   |
|                                                                      | wei :         |                                              |                            |                           | 20                                |
|                                                                      | exp :         |                                              |                            |                           | 20                                |
|                                                                      | tec :         |                                              |                            |                           | 25                                |
|                                                                      | nat :         |                                              |                            |                           | 10                                |
|                                                                      | sam :         |                                              |                            |                           | 15                                |

De samenstelling met betrekking tot natuurkundecontext (tabel 4-2, B) is zoals gezegd onafhankelijk van de samenstelling met betrekking tot denkactiviteit. De samenstellings-norm voor de natuurkundecontext kan in de praktijk slechts voor het examen als geheel gelden en niet voor elke categorie denkactiviteit afzonderlijk. Met andere woorden: in de tweedimensionale matrix 'denkactiviteit x natuurkundecontext' is niet elk hokje gevuld.

## 5 Het maken van examenvragen: constructieregels

### 5-1 Inleiding

Het examen is, hebben we gezien, selectief en doelbepalend. Selectief: een instrument om leerlingen te onderscheiden naar de kennis, vaardigheden en inzichten die ze op het gebied van de natuurkunde hebben. Doelbepalend: het examen bepaalt mede de inhoud en de vorm van het natuurkundeonderwijs aan volgende groepen leerlingen. Beide functies hebben consequenties voor de eisen die we aan examenvragen stellen.

Examenvragen moeten *duidelijk* zijn. Je wilt een betrouwbaar selectie-instrument maken, dat natuurkundevaardigheden meet; het hoeft niet te meten of een leerling in staat is een ingewikkeld geformuleerde zin te ontrafelen. Examenvragen moeten *familiair* zijn. De vragen dienen naar vorm en inhoud aan te sluiten bij het onderwijs. Voor een PLON mavo-examen betekent dit bijvoorbeeld dat we geen vragen willen waarbij de leerling wordt afgeschrikt door een vreemde vraagstelling, of waarbij van hem verlangd wordt dat hij een van de werkelijkheid geabstraheerde vraagstelling doorworstelt. Examenvragen moeten, tenslotte, over *zinvolle en interessante problemen* gaan, in die zin dat ze uitdagend zijn voor de leerlingen en dat ze zo mogelijk een leer-effect oproepen. Van dergelijke vragen, uitnodigend tot oplossen, mag je hopen dat ze 'het beste in de leerling wakker roepen'.

We gaan de genoemde eisen van *duidelijk, familiair, interessant en zinnig* hieronder bespreken. Waar mogelijk leiden we er constructieregels uit af.

### 5-2 Duidelijkheid van presentatie

De eis van duidelijkheid heeft zowel betrekking op de probleemstelling als op de eisen die aan de beantwoording worden gesteld.

Bij het schrijven van vragen moet het gebruik van formele, wetenschappelijke taal worden vermeden. Het gebruik van deze taal is vaak een gevolg van de moeite die men zich geeft, de opgave fysisch eenduidig te maken. Hierbij vergeten we vaak, dat voor leerlingen (die niet door een fysisch-academische bril naar het probleem kijken) veel van die moeite overbodig is. Voor leerlingen is een fysisch eenduidige vraag niet hetzelfde als een duidelijke vraag. Als het werkelijke probleem waarover de opgave gaat aan leerlingen duidelijk is, zullen ze de vereiste benaderingen en verwaarlozingen zelf kunnen maken. Praten over een auto '*die als puntmassa beschouwd kan worden*' en over '*wrijvingsloze*' katrollen is dan overbodig.<sup>1</sup>

1. Het vermijden van formele taal is een van de kenmerken van het PLON Mavo-leerpakket. Als het leren van formeel taalgebruik wél tot de onderwijsdoelen zou behoren, wordt de voorgaande afweging anders. Dan is het wel voorstelbaar dat de fysisch meest *eenduidige* formulering ook de voor leerlingen meest *duidelijke* is.

### Een voorbeeld van een vraagdeel in formele taal:

Op een horizontaal vlak ligt een blokje aluminium van 5 cm lang, 5 cm breed en 3 cm hoog. Op het blokje kan een horizontale kracht uitgeoefend worden door een touw, dat over een katrol loopt en met gewichtjes P belast kan worden. De wrijving van de katrol en de massa van de draad zijn te verwaarlozen, evenals de luchtweerstand. (...)

### Dezelfde vraag in niet-formele taal:

Op een gladde tafel ligt een blokje aluminium van 5 cm lang, 5 cm breed en 3 cm hoog. Het blokje kan worden voortgetrokken door een dunne draad, die over een katrol loopt. Aan deze draad worden gewichtjes gehangen.

**constructieregel 1:** vermijd formeel taalgebruik. Gebruik zoveel mogelijk aanduidingen en omschrijvingen die in het lesmateriaal en de klaspraktijk gebruikelijk zijn.

Als vermelding van randvoorwaarden toch noodzakelijk wordt geacht, moeten deze voorwaarden als aparte aanwijzing worden vermeld. Dus niet: *'aan een wrijvingsloze katrol hangt (...)'*, maar: *'aan een katrol hangt (...)'. Je hoeft bij je oplossing geen rekening te houden met wrijving in de katrol.'*

Als dit soort randvoorwaarden in de gegevens wordt ondergebracht, bestaat de kans dat de leerling op een verkeerd denkspoor wordt gezet. Zo kan de frase *'wrijvingsloze katrol'* de reactie oproepen: 'goh, wat voor katrol is dat? wat betekent dat 'wrijvingsloze? zoiets hebben we nog nooit gehad...'

**constructieregel 2:** vermeld onmisbare randvoorwaarden als *voorwaarden voor de oplossing* en bouw deze niet *in de gegevens* in.

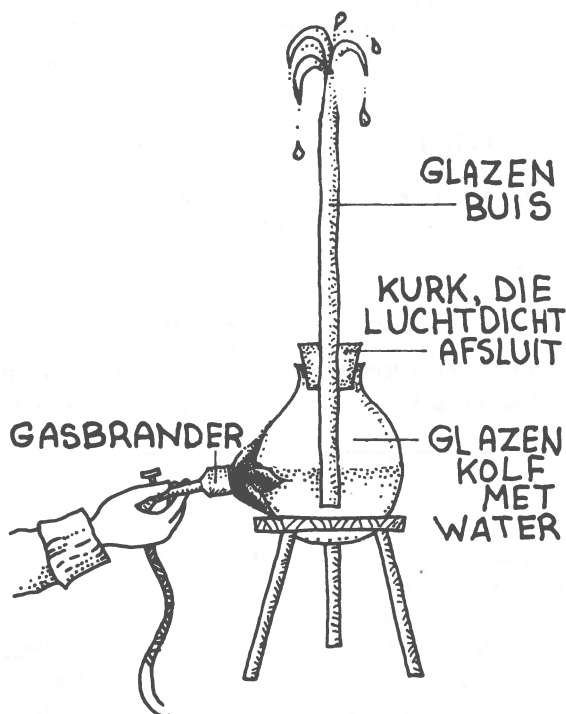
Een bewust gebruik van illustraties kan de duidelijkheid van een opgave zeer vergroten. Illustraties in de vorm van foto's en tekeningen dienen op veel grotere schaal gebruikt te worden dan tot nu toe het geval is. Hierbij kunnen ze twee functies vervullen: een integraal onderdeel van de opgavetekst (met gegevens of instructie) of een aanduiding van de context van het probleem waar de opgave over gaat.<sup>2</sup>

De volgende vraag zou erg veel langer en onduidelijker zijn geworden, als niet gebruik was gemaakt van een tekening voor de presentatie van de details van de proefopstelling:

2. In PLON-kader is een onderzoek gedaan naar de functie van illustraties. Hoewel het accent hierbij vooral lag op het gebruik van plaatjes in leer-, lees- en instructieteksten, zijn de onderzoeksresultaten ook interessant voor een vragenmaker.

Hetty Boelhouwer en Bas de la Parra, *Plaatjes bij Bruggen*, Utrecht 1980 (PLON-publikatie nr. PLON0Z 80-0820).

Voor een demonstratie heeft een groepje leerlingen een tuinfontein uit de zestiende eeuw nagebouwd:



Als ze de gasvlam onder de kolf houden spuit het water eruit. Ze vragen aan de klas een verklaring.

Wat zou jij antwoorden?

---

---

---

**constructieregel 3:** wees attent op de mogelijkheid foto's en tekeningen te gebruiken om:

- de informatie helderder te presenteren
- de context van het probleem te verduidelijken

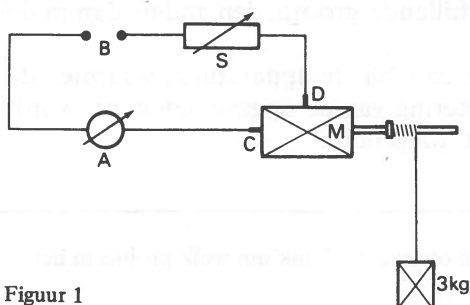
### 5-3 Duidelijkheid van probleemstelling

De leerling moet zo snel mogelijk weten over welk probleem de vraag gaat. Als hij bij het lezen van de opgave eerst een rijstebrijberg gegevens moet door-eten voordat wordt verteld waartoe deze dienen, kan dit reacties bij de leerling tot gevolg hebben als: onzekerheid over wat er van hem verlangd wordt en slordigheid in het lezen omdat hem onduidelijk is hoe hij gebruik moet maken van het gelezene. Bovendien stimuleert een dergelijke vraagopbouw hopelijk de oplossingsstrategie: 'werken vanuit het ge-

vraagde'; in plaats van het bij leerlingen vaak gebruikelijke 'werken vanuit de gegevens'. Eerstgenoemde strategie biedt meer kans op succes dan de tweede, die de oplosser vaak in doodlopende wegen en een chaotisch zoekproces doet belanden.<sup>3</sup>

Een voorbeeld van een examenvraag, die met een rijstebrijberg aan gegevens begint:

Een spanningsbron B, die een constante spanning levert van 8 volt, een schuifweerstand S, een ampèremeter A en een elektromotor M zijn in een kring geschakeld (zie fig. 1).



Figuur 1

Een voorwerp met een massa van 3 kg is met behulp van een koord aan de as van de motor bevestigd. Het wordt opgehesen als de motor draait. De weerstand van de verbindingsdraden en de ampèremeter samen bedraagt  $0,2 \Omega$ . Als de schuifweerstand is ingesteld op  $0,6 \Omega$  en de motor draait, wijst de ampèremeter een stroomsterkte aan van 2,5 A.

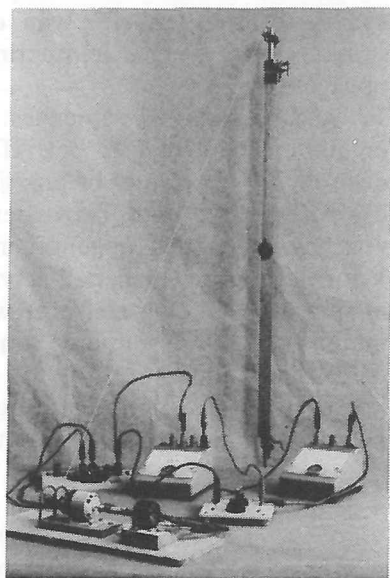
- Bereken de spanning over de schuifweerstand S.
- Bereken de spanning tussen de aansluitpunten C en D van de elektromotor M.
- Bereken het door de motor opgenomen vermogen. (...)

(Mavo-examen 1974)

De kandidaat moet in deze opgave veel doorlezen voordat hem duidelijk wordt waar de vraag over gaat. Als we deze opgave — die uiteindelijk om een rendementsberekening bleek te gaan — verbeteren, krijgen we het volgende:

Iemand wil het rendement van een elektromotor met versnellingsbak bepalen. In de opstelling van de foto meet hij:

- de spanning is 4,4 V
- de stroom door de motor is 175 mA
- in 12,0 s hijst de motor het gewicht 1,50 m omhoog.



3. Vgl. O. de Jong en H. Kramers-Pals, 'Knelpunten in het oplossend gedrag van leerlingen (1)', In: *Faraday* (5), 1980.



- a. Hoe groot is het elektrisch vermogen dat de elektromotor opneemt? \_\_\_\_\_  
b. Hoe groot is het rendement van de elektromotor? Schrijf je berekening op.

---

---

---

In deze verbeterde versie zijn niet alleen andere grootheden als gegeven opgevoerd, maar zijn ook de waarden van de verschillende grootheden anders dan in de hierboven geciteerde examenopgave.

De nu gebruikte waarden sluiten meer aan bij de apparatuur, waarmee de leerlingen gewerkt hebben. Waarom dit een verbetering van de opgave betekent, wordt hieronder door middel van het begrip 'familiariteit' toegelicht.

**constructieregel 4:** maak in het *begin* van de opgave duidelijk om welk probleem het (tenslotte) zal gaan.

Een nog groter bezwaar tegen opgaven als bovenstaande examenopgave uit 1974 is, dat ze over verschillende problemen tegelijk gaan. Bij het doorlezen van het eerste stuk van de vraag komt de leerling misschien op het idee dat hem iets over die motor gevraagd zal worden: een energie of rendementsberekening soms? Maar dan moet hij plotseling de spanning over een schuifweerstand uitrekenen... Deze samengestelde opgaven hebben wel zin, als het in de opgave om een complex probleem gaat. De subvragen helpen de leerling dan, het probleem in overzichtelijke delen te structureren. Het is hierbij essentieel dat alle subvragen ten dienste staan aan het centrale probleem van de opgave en dit dient ook aan de lezer duidelijk te zijn. Is dit niet het geval, dan brengen de subvragen de leerling vermoedelijk meer op een dwaalspoor dan dat ze hem bij de structurering van het probleem helpen. Een tweede, bekendere eis is dat alle subvragen onafhankelijk van elkaar moeten zijn: het niet kunnen oplossen van één subvraag mag geen belemmering opleveren voor de beantwoording van de rest van de opgave.

Te vaak wordt een samengestelde vraag gebruikt om 'nog een paar vraagjes mee te nemen'. Deze vraagjes betreffen dan wel facetten van het centrale probleem, maar deze facetten zijn niet belangrijk voor de oplossing van dat centrale probleem. Dit geldt bijvoorbeeld voor de subvragen (a.) en (b.) van de genoemde opgave uit 1974: deze vraagjes zijn alleen opgenomen om een Ohm-vraag en een Kirchhoff-vraag te stellen. Voor de vermogensbepaling van de elektromotor zijn ze gekunsteld: als je het vermogen van een elektromotor wilt weten, sluit je in de praktijk immers een spanningsmeter en een stroommeter aan om de benodigde gegevens te krijgen. Als je wilt weten of examenkandidaten de wet van Ohm kunnen toepassen, dan moet je daaraan één, korte vraag besteden. Op de geciteerde manier zet de vraag de leerlingen op het verkeerde been. De volgende gestructureerde opgave voldoet wel aan de genoemde criteria.

Er zijn mensen die niet hun baby in de armen willen houden als ze in een auto zitten. In deze vraag ga je uitzoeken of dit verstandig is. Eerst bereken je welke kracht je armen moeten uitoefenen om bij een botsing de baby tegen te houden.

- a. De baby heeft een massa van 6 kg.

Bij de botsing komt de auto in 0,05 seconde tot stilstand. Zijn beginsnelheid was 50 km/h. Bereken de kracht die nodig is om de baby vast te houden. Schrijf je berekening op.

---



---



---

Vervolgens ga je berekenen hoe snel je armspieren moeten reageren. Met andere woorden: in welke tijd de baby tegen de voorruit zou aankomen.

- b. De afstand van de baby tot de voorruit is 60 cm. Na welke tijd botst de baby tegen de voorruit? Je mag er bij je berekening van uitgaan, dat de baby nog helemaal niet wordt tegengehouden door je armen (de autosnelheid is weer 50 km/uur). Schrijf je berekening op.

---



---



---

Nu kun je de resultaten van je berekeningen vergelijken met wat je lichaam aan kracht en reactiesnelheid kan leveren.

- c. Hoe groot schat jij de kracht in je armen? Kruis aan:

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| 2000 N | <input type="checkbox"/> |
| 1000 N | <input type="checkbox"/> |
| 500 N  | <input type="checkbox"/> |

- d. Hoe groot schat jij jouw reactietijd? Kruis aan:

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| 2,0 s  | <input type="checkbox"/> |
| 1,0 s  | <input type="checkbox"/> |
| 0,1 s  | <input type="checkbox"/> |
| 0,01 s | <input type="checkbox"/> |

- e. Welke conclusie trek je nu: zou jij ook niet een baby in je armen vasthouden als je in een auto zit? Of kan het wel?

---



---

**constructieregel 5:** beperk opgaven tot één centraal probleem; gebruik alleen een samengestelde opgave als het centrale probleem te complex is om in één vraag aan de orde te stellen. De subvragen dienen dan alle:

- duidelijk bij te dragen aan de oplossing van het centrale probleem
- onafhankelijk van elkaar te zijn<sup>4</sup>

## 5–4 Duidelijkheid over het gewenste antwoord

We hebben tot nu toe duidelijkheid besproken met betrekking tot de probleemstelling van de opgave. Even belangrijk is duidelijkheid met betrekking tot het antwoord dat geëist wordt. Formuleringen zoals *‘noem enkele voorbeelden...’*, *‘welke weerstand...’* (in de betekenis van *‘hoe groot’*), *‘teken de opstelling...’* zullen vaak verwarring veroorzaken.

Men heeft wel getracht, de betekenis van opdrachten als *‘verklaar’*, *‘bepaal’*, *‘bereken’* en *‘beredeneer’* nader te specificeren. Het lijkt ons zinvoller om langs een andere weg duidelijkheid omtrent het gewenste antwoord te scheppen. Niet door een beperkt aantal gestandaardiseerde opdracht-woorden te gebruiken waarvan de leerlingen de betekenis echt moeten leren, omdat de waarden meer betekenen dan hun spreektaalbetekenis; wél door juist een groot aantal niet-gestandaardiseerde, aan elke opgave aangepaste antwoord-opdrachten te gebruiken. In deze opdrachten dient dan zo precies mogelijk en met behulp van de spreektaal te worden aangegeven, welke handelingen de kandidaat moet verrichten om het bedoelde antwoord te geven.

Zo verdient de opdracht *‘bereken de kracht en schrijf je berekening op’* de voorkeur boven de tot nu toe gebruikte formulering *‘bereken...’*. Gebruik niet *‘leg uit dat...’* als je bedoelt *‘geef twee redenen waarom...’*; gebruik niet *‘beschrijf hoe...’*, maar *‘noem de vier stappen, waarin achtereenvolgens...’*; niet *‘wat is het verschil tussen...’*, maar *‘noem één verschil tussen...’*. Het is in dit verband ook zinvol eraan te herinneren dat veel leerlingen niet uit zichzelf een verschijnsel in fysische termen zullen verklaren. Als we een verklaring met gebruikmaking van fysische begrippen en wetten van ze verwachten, zal dat vaak moeten worden aangegeven. De volgende opgave biedt hiervan een voorbeeld.

Oom Frans wil zijn kapotte auto naar de garage slepen. De ketting die hij hiervoor wil gebruiken knapt, zodra deze plotseling strak komt te staan. Sanne heeft een stuk nylon touw bij zich. Daarmee gaat het wel goed. Oom Frans begrijpt dit niet:

*‘die ketting is toch veel sterker dan dat nylon touw?’*

Hij heeft gelijk, maar hij vergeet dat nylon touw meer uitrekt dan een ketting.

Leg uit hoe het komt dat de sterke ketting toch eerder knapt dan het minder sterke touw. Gebruik een van de bewegingswetten.

---

4. Subvraag (e.) van de laatste voorbeeldopgave is niet onafhankelijk van de subvragen (a.) t/m (d.). Het stellen van deze subvraag is evenwel een consequentie van het centrale probleem.

**constructieregel 6:** geef precies aan welke handelingen je van de kandidaat verwacht bij de beantwoording; bijvoorbeeld:

- noem drie alternatieven
- bereken (...) en schrijf je berekening op
- plaats de volgende namen bij het juiste onderdeel in de figuur
- beschrijf hoe/welke (...)
- kies twee (...) uit de volgende lijst
- geef een schatting
- verklaar dit met behulp van (...)
- geef twee voorbeelden
- laat zien hoe/welke/dat/hoeveel (...)
- vul dit schema aan
- maak dit met een tekening duidelijk
- welke conclusie trek je hieruit?
- kruis aan
- enz.

Uit het principe van constructieregel 6 volgt ook de noodzaak, de beschikbare antwoordruimte goed aan te geven. Daaruit blijkt dan ook het verschil tussen kort-antwoordvragen en lang-antwoordvragen.

In de praktijk van het maken van PLON mavo-examens blijkt het nogal moeilijk te zijn, goede kort-antwoordvragen te maken. Te vaak is een kort-antwoordvraag eigenlijk een lang-antwoordvraag-met-weinig-antwoordruimte. In een dergelijk geval is het antwoord in principe wel in twee regels te geven, maar stelt dit erg hoge eisen aan redeneervermogen en logisch inzicht; terwijl een antwoord in omslachtiger bewoordingen misschien wel minder fraai, maar niet minder juist zou zijn geweest. Als onderscheidingscriterium willen wij juist voorstellen, dat bij kort-antwoordvragen weinig eisen worden gesteld aan de formulering van het antwoord. Veelal is het voldoende om een getal op te schrijven of enkele sleutelbegrippen te noemen.

Dit criterium betekent, dat opgaven met de opdracht '*bereken (...) en schrijf je berekening op*' enigszins tussen de wal en het schip vallen.

Enerzijds stellen ze wel enige eisen aan de formulering, zij het niet zozeer in de gebruikelijke verbale zin. Anderzijds zullen ze vaak minder tijd kosten dan de 15 minuten, die voor lang-antwoordvragen uitgetrokken zijn. De enige conclusie die we hier in algemene zin kunnen trekken, is dat bij het samenstellen van een compleet examen het aantal vragen van deze vorm apart in de gaten moet worden gehouden.

Overigens is het ook niet zo, dat een kort-antwoordvraag ook een snel-antwoordvraag is. Een kort-antwoordvraag kan moeilijk zijn en veel denkstappen vragen. Essentieel is echter dat die denkstappen niet in het antwoord vermeld hoeven worden.

Tenslotte is het in het kader van een streven naar duidelijkheid ook belangrijk om aan te geven, hoe leerlingen gemaakte fouten kunnen herstellen. De omstandigheid dat bij het door ons voorgestelde examen de antwoorden ingevuld worden op het opgavenblad, maakt een aparte voorziening hiervoor wenselijk.

Tot slot een karakteristiek voorbeeld van een lang-antwoordvraag. Er worden weinig beperkingen opgelegd aan de antwoordstrategie. De formulering van de vraag probeert de leerling wel te stimuleren tot het geven van een goed opgebouwd betoog(je).

Hoe kan je zelf het rendement bepalen van water koken op een elektrisch fornuis? Beschrijf welke metingen je daarvoor moet doen en hoe je met die metingen het rendement dan kan berekenen.

---

---

---

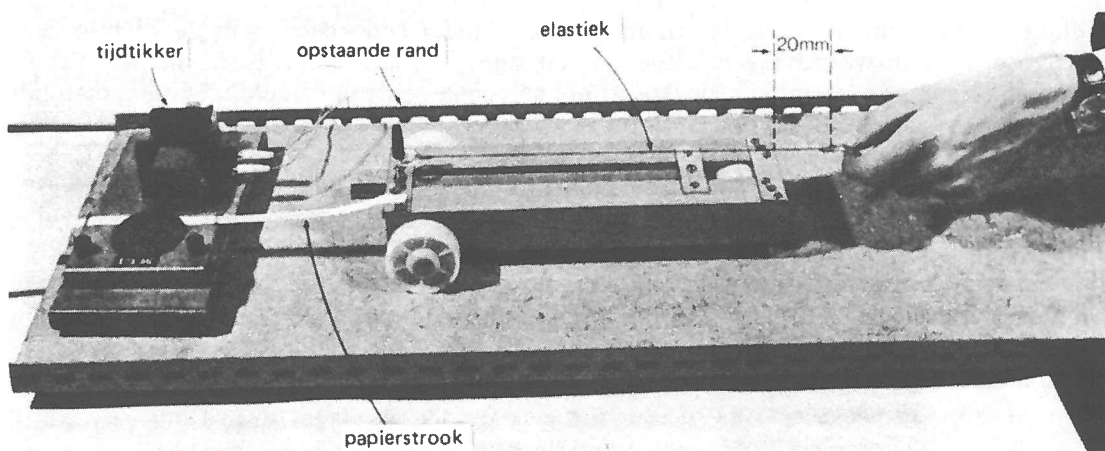
---

---

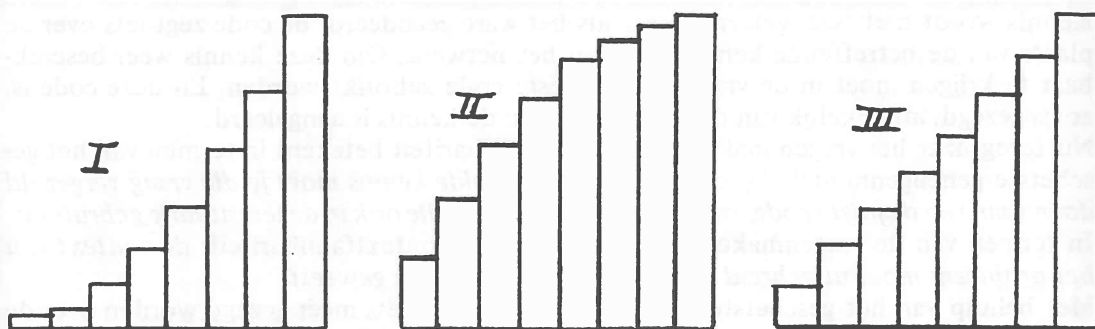
Na dit intermezzo over kort- en lang-antwoordvragen staan we ook nog even stil bij het laatste voorbeeld uit constructieregel 6: *de meerkeuzevraag*. In hoofdstuk 3 hebben we de meerkeuzevraag als algemeen te gebruiken vraagvorm voor ons examen afgewezen. In het kader van het scheppen van zoveel mogelijk duidelijkheid ten aanzien van de bedoeling van een opgave, kan het gebruik in sommige gevallen echter wél zinvol zijn. Bij vragen waar slechts een beperkt aantal antwoorden mogelijk is (bijvoorbeeld: groter, gelijk, kleiner) dient het antwoord om deze reden te worden voorgecodeerd. Het bezwaar dat een leerling kan gokken, ondervangen we dan eventueel door een uitlegvraag te laten volgen. Om het karakter van deze vraagvorm goed uit te laten komen pleiten wij ervoor, de normering zó te maken, dat voor het aankruisdeel geen of slechts weinig punten gegeven worden. De punten moeten dan verdiend worden met het uitlegdeel; het meerkeuzedeel van de vraag heeft alleen als doel, de vraag voor de leerling duidelijk en overzichtelijk te maken.

De volgende voorbeeldopgave is in deze vorm gegoten.

Om de bewegingswetten te controleren, doet een groepje leerlingen een proefje met een karretje. Het karretje wordt met een steeds even grote kracht voortgetrokken. Het karretje trekt een papierstrook door de tijdtikker.



Om een conclusie uit de meting te trekken, knippen ze de tijdtikkerstrook in stukken: stukken van telkens 10 tikken. Ze leggen de stroken naast elkaar. Wat verwacht jij dat het resultaat zal zijn?



Kruis aan:

|     |  |
|-----|--|
| I   |  |
| II  |  |
| III |  |

Licht je keuze toe. Gebruik hierbij een bewegingswet.

---



---



---

## 5-5 Contextfamiliariteit

We willen drie soorten familiariteit onderscheiden: contextfamiliariteit, probleemfamiliariteit en presentatiefamiliariteit. Deze hebben een gemeenschappelijke theoretische achtergrond, waarop we nu eerst ingaan.

De eis van de familiariteit is geformuleerd tegen de achtergrond van een theoretisch model van het geheugen.<sup>5</sup> Dit model beschrijft het geheugen als een verzameling netwerken. De kenniselementen zijn opgeslagen in de 'knopen' van een netwerk, en de 'lijntjes' tussen die knopen duiden relaties tussen deze kenniselementen aan. Nu is het voor het 'hebben' van kennis niet alleen noodzakelijk dat de betreffende kennis feitelijk aanwezig is, maar ook dat zij via het netwerk toegankelijk is. De voor ons belangrijke veronderstelling is nu, dat deze netwerken worden opgebouwd in de leersituatie. Een PLON-leerling zal bijvoorbeeld kennis omtrent de traagheidswet bezitten, gelocaliseerd op een bepaalde knoop in het netwerk dat de kennis met betrekking tot botsingen organiseert. Daarnaast bezit hij kennis omtrent gewicht en valversnelling in een *ander* netwerk; namelijk dat netwerk dat de kennis met betrekking tot valbewegingen op aarde organiseert. In deze situatie is het niet vanzelfsprekend dat hij een opgave waarbij

5. Voor een uitgebreidere uiteenzetting: H.F. van Aalst en F. Boessenkool, *Eindproefwerk 3e klas 1977*. Utrecht 1979 (interne PLON-publikatie PLONEE 79-0815).

de traagheidswet moet worden toegepast in een gewichtloos ruimtevaartuig kan oplossen, terwijl de benodigde kennis op zich wel aanwezig is.

Kennis wordt niet 'sec' geleerd, maar als het ware gecodeerd: de code zegt iets over de plaats van de betreffende kennisknoop in het netwerk. Om deze kennis weer beschikbaar te krijgen moet in de vraag dus de juiste code gebruikt worden. En deze code is, zoals gezegd, afhankelijk van de context waarin de kennis is aangeleerd.

Nu terug naar het vragen-maken. De eis van familiariteit betekent in termen van het geschetste geheugenmodel: *bij een vraag naar bepaalde kennis moet je die vraag vergezeld doen gaan van de juiste code; en 'juist' is dan die code, die ook in de leersituatie gebruikt is.* In termen van de vragenmaker betekent de eis van contextfamiliariteit: *de context van het probleem moet uitgebreid in de klas aan de orde zijn geweest.*

Met behulp van het geschetste geheugenmodel kan nu iets meer gezegd worden over de manier waarop een vraag *moeilijk* gemaakt kan worden (vgl. hoofdstuk 3). Een veel gebruikte manier is, een probleem aan te bieden dat niet van een voor de leerlingen bekende code is voorzien. Anders gezegd: een probleem, voor de oplossing waarvan een ander netwerk noodzakelijk is dan de leerling in de leersituatie heeft ontwikkeld. Een tweede manier om moeilijke vragen te stellen is een probleem te kiezen, voor de oplossing waarvan een wel aanwezig maar nogal ingewikkeld netwerk gebruikt moet worden. Het zal nu duidelijk zijn dat de mate waarin men aan de eis van contextfamiliariteit wil vasthouden, afhangt van de onderwijsdoelen. Dit kan dan tot heel verschillende conclusies leiden ten aanzien van bijvoorbeeld mavo- en vwo-eindexamens. Aan het PLON mavo-examen willen we de eis van contextfamiliariteit nogal hard stellen. De praktijk bij het vwo-eindexamen is, dat contextfamiliariteit juist wordt vermeden. Dit is heel wel verdedigbaar op grond van de vwo-doelen en de eisen die je daarom aan leerlingen wilt stellen.

Bovenstaande motivering van familiariteit is vooral leerpsychologisch. Een tweede reden om vooral naar *context* familiariteit te streven wordt gevormd door het doelbepalende karakter van het eindexamen. Zo zal het PLON-doel, een omgevingsgerichte natuurkunde aan te bieden, beter uit de verf komen als ook in het examen een dergelijke context gebruikt wordt. Opticaproblemen zullen vooral ontleend worden aan het fotograferen van (bewegende) objecten en niet aan astronomische waarnemingen; warmteberekeningen komen aan de orde in vragen over een c.v.-installatie en niet in vragen over calorimeters.

De volgende opgave voldoet *niet* aan de eis van contextfamiliariteit:

Als je in een ruimtelaboratorium een moersleutel los laat, blijft deze gewichtloos zweven. Als je de moersleutel dan een klein duwtje geeft, drijft hij langzaam door het laboratorium. Hoewel de moersleutel dan gewichtloos is, kan hij toch veel schade aanrichten als hij tegen het instrumentenpaneel botst.

Leg dit uit. Gebruik hierbij het woord traagheid.

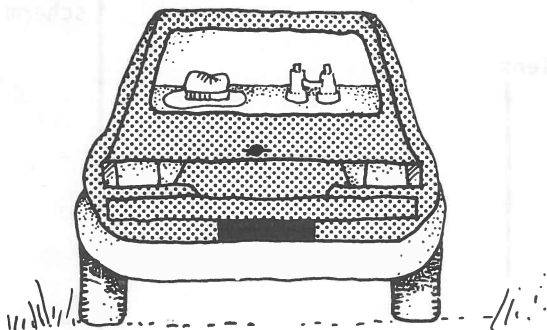
---

---

---

Een opgave die eveneens inzicht in het begrip 'traagheid' test, en wel aan de eis van contextfamiliariteit voldoet, is de volgende:

Veel auto's hebben tussen de achterbank en de achterraut een zogenaamde hoedenplank, waarop je allerlei dingen kunt neerleggen. Het is gevaarlijk om zware voorwerpen op die hoedenplank te leggen. Tom en Els proberen dat te verklaren. Tom zegt: *'als de auto plotseling remt, vliegt een zwaar voorwerp met een grotere snelheid vooruit dan een licht voorwerp.'* Els is het daarmee niet eens: *'beide voorwerpen schieten met dezelfde snelheid vooruit, maar het zware voorwerp richt dan meer schade aan.'*



Wie heeft gelijk? Licht je antwoord toe en gebruik daarbij het woord 'traagheid'.

---

---

---

---

---

**constructieregel 9:** zorg dat de context van het probleem dat in de opgave aan de orde komt, familiair is. De context van het probleem moet dezelfde zijn als de context waarbinnen in het onderwijs de betreffende natuurkundebegrippen aan de orde zijn geweest.

Bij contextfamiliariteit gaat het nadrukkelijk om de context van het probleem, niet om het probleem zelf. Anders gezegd: de eis van contextfamiliariteit legt vooral beperkingen op aan de niet-fysische aspecten van een opgave (bijvoorbeeld: de technische of sociale situatie waarbinnen het probleem van de opgave speelt). Dit is anders bij een tweede vorm van familiariteit: de probleemfamiliariteit.

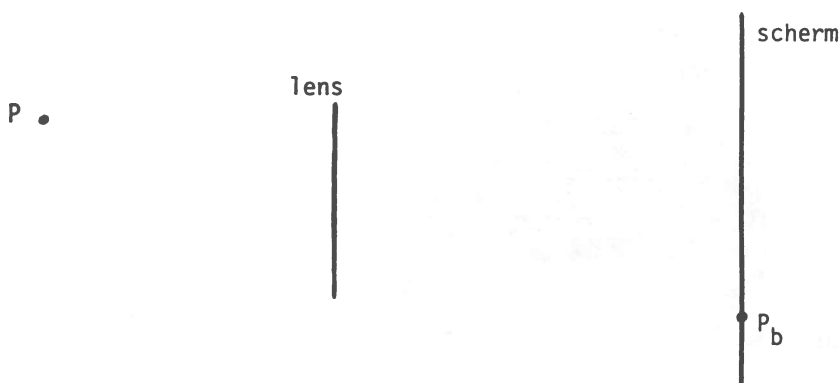
## 5-6 Probleemfamiliariteit

Bij probleemfamiliariteit gaat het erom dat het probleem, ontdaan van zijn context, tot een familiair type behoort. De eis van probleemfamiliariteit legt vooral beperkingen op



aan de fysische aspecten van het probleem. Zo leidt de analyse van de examenopgave uit 1974 die we hiervoor (blz. 31) hebben gegeven tot de conclusie, dat deze opgave niet probleemfamiliair is. Het volgende opgaveonderdeel uit het PLON-examen 1980 voldoet ook niet aan de eis van probleemfamiliariteit. Leerlingen zijn niet gewend aan opticaproblemen waarbij zij zelf nog de hoofdas van de lens moeten definiëren.

Bepaald door tekenen, in de figuur hieronder, de ligging van het brandpunt. P wordt scherp afgebeeld op het scherm.



Probleemfamiliariteit en contextfamiliariteit blijken niet volledig onafhankelijk van elkaar te zijn. De volgende opgave (PLON-examen 1980) heeft als context: het fotograferen van een paal aan de andere kant van een rivier om met behulp van die foto de breedte van de rivier te bepalen. Binnen die context voldoet de volgende subvraag niet aan de eis van probleemfamiliariteit. Leerlingen hebben immers juist geleerd dat afstanden groter dan 30 meter als oneindig beschouwd kunnen worden.

Bereken hoe groot de afstand van het negatief tot de lens precies moet zijn om een paal op 50 m afstand scherp te fotograferen.

---



---



---

Leerlingen zijn niet gewend in situaties als deze de lenzenformule te gebruiken. Als nu de context anders was geweest — bijvoorbeeld een laboratoriumexperiment met expliciete aandacht voor een hoge nauwkeurigheid — dan was het een familiair lenzenformule-probleem geweest.

**constructieregel 10:** analyseer welk type probleem in een opgave aan de orde is. Controleer of dit type probleem in het onderwijs aan bod is gekomen.

Zowel bij contextfamiliariteit als bij probleemfamiliariteit van een opgave gaat het om het *probleem* dat in de opgave aan de orde komt. In het volgende gaat het om de verpakking van dat probleem in een *opgave*.

## 5-7 Presentatiefamiliariteit

Stellen contextfamiliariteit en probleemfamiliariteit eisen aan de *inhoud* van een opgave (het probleem), presentatiefamiliariteit stelt eisen aan de *vorm* van de opgave.

In het PLON-onderwijs komen leerlingen problemen vaak tegen in situaties zoals een demonstratie (door leerlingen of door de docent), een onderzoekopdracht, een klasgesprek of een zelfgekozen probleem waarvoor met een proef een oplossing gevonden moet worden.

Hierboven zijn al voorbeelden gegeven van opgaven die gebruik maken van een demonstratie of een klasgesprek om het probleem in de opgave te presenteren. Naast de situatie waarin het probleem wordt geplaatst, is ook de presentatie in engere zin van belang: het taalgebruik en de stijl van de illustraties dienen de leerlingen vertrouwd te zijn.

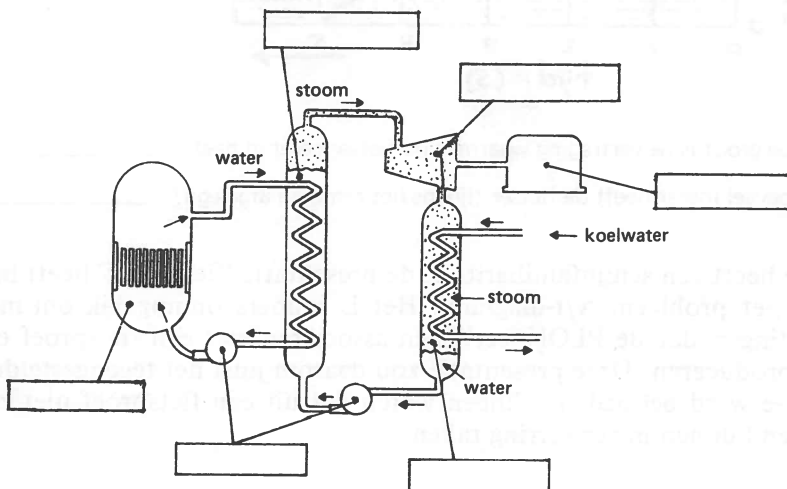
Uit onderzoek met de vragen die in de volgende hoofdstukken zijn opgenomen is gebleken, dat het gebruik van eigennamen in een opgave een belangrijke vorm van presentatiefamiliariteit is. Leerlingen gaven desgevraagd aan, dat het voor hen makkelijker is zich iets voor te stellen bij het gestelde probleem, als 'Caspar' en 'Hanneke' in plaats van 'iemand' en 'een onderzoeker' een rol spelen in de opgave.

**constructieregel 11:** zorg voor presentatiefamiliariteit:

- door het probleem in de opgave te presenteren in een situatie die aansluit bij de lessituatie (demonstratie, leerlingproef, klassediscussie, e.d.)
- door het gebruik van een vertrouwde stijl voor illustraties en tekst
- door het gebruik van eigennamen

Er is een belangrijke uitzondering op deze constructieregel. Een van de PLON-doelen is dat leerlingen publieke informatie over bijvoorbeeld kernenergie kritisch kunnen lezen. In verband met dit doel wordt in de volgende opgave juist een onbekende illustratiestijl gebruikt:

Je ziet hier het schema van een kerncentrale.



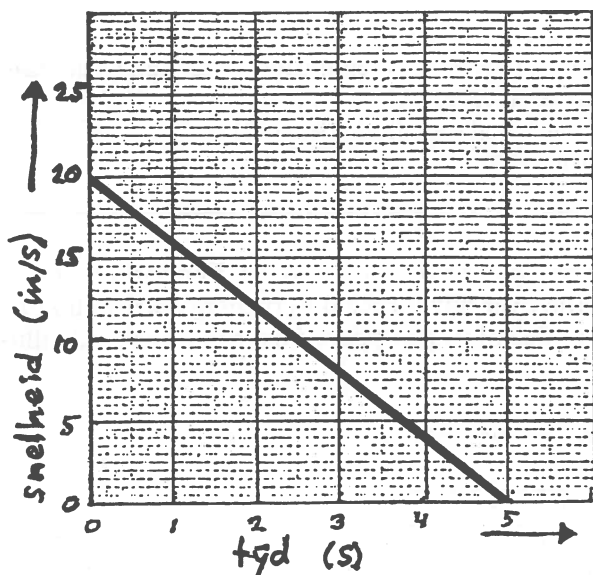
Plaats de volgende namen in de hokjes bij de bijbehorende onderdelen:

condensor  
generator  
kernreactor  
pomp  
stoomturbine  
warmtewisselaar

## 5-8 Schijnfamiliariteit

Behalve bij de hierboven aangeduide 'sam'-opgaven, dient familiariteit altijd nagestreefd te worden. Hierbij is het wel zaak ervoor te zorgen dat inhoud en vorm — of: probleem en presentatie — van de opgave op elkaar afgestemd zijn. Een voorbeeld van hoe het *niet* moet biedt deze opgave:

Bij een fietsproef remt iemand regelmatig en komt daardoor in 5 s tot stilstand. Deze grafiek laat zien hoe de snelheid veranderde.



Hoe groot is de vertraging waarmee de fietser geremd heeft? \_\_\_\_\_

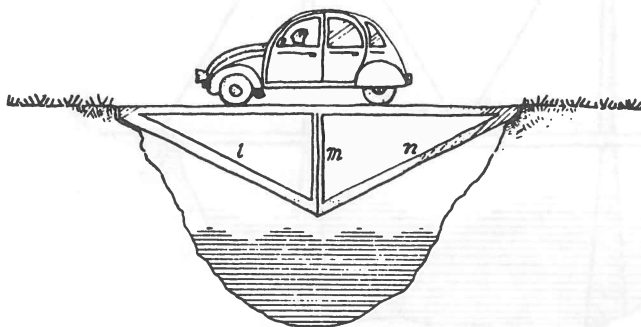
Hoeveel meter heeft de fietser tijdens het remmen afgelegd? \_\_\_\_\_

Deze opgave heeft een schijnfamiliariteit: de presentatie 'fietsproef' heeft hier niets te maken met het probleem 'v/t-diagram'. Het is immers onmogelijk om met het soort snelheidsmetingen dat de PLON-leerlingen associëren met een fietsproef een dergelijk diagram te produceren. Deze presentatie zou daarom juist het tegengestelde effect hebben als ermee werd beoogd: leerlingen weten dat uit een fietsproef niet zo'n diagram kan komen en kunnen in verwarring raken.

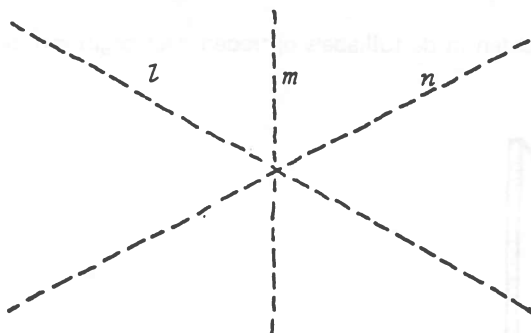
## 5-9 Interessant en zinnig

Om te bevorderen dat de kandidaten hun natuurkunderegisters volledig opentrekken, moeten de opgaven uitnodigen tot oplossen, interessant zijn en over zinnige problemen gaan. Dit heeft ook te maken met de doelbepalende functie van het examen: in het PLON-onderwijs worden problemen veelal gekarakteriseerd door hun functionaliteit. Zo vinden rendementsberekeningen vooral plaats in het kader van een economischer energiegebruik; dynamicaberekeningen dienen om aspecten van verkeersveiligheid beter te begrijpen. Kortom, problemen hebben een functie en dienen niet alleen om leerlingen zich het hoofd over te laten breken. Aan deze eis voldoet bijvoorbeeld niet de volgende opgave uit het PLON-examen van mei 1980:

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

---

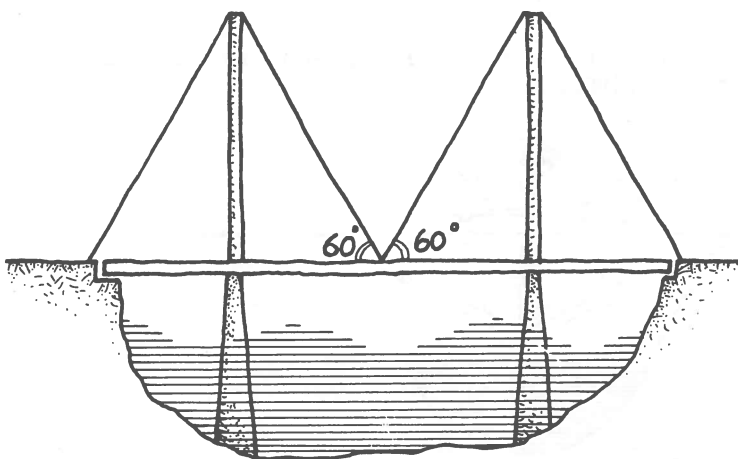
---

---

Het tekenen van de vectoren in subvraag (a.) dient nergens toe, behalve om te testen of de leerlingen een vector kunnen ontbinden. De subvragen (a.) en (b.) hadden we dan ook beter zonder brugfranje kunnen presenteren. Beter is het echter als de kandidaat inziet, dat de vectorontbinding die van hem gevraagd wordt noodzakelijk is om een zinnig probleem op te lossen.

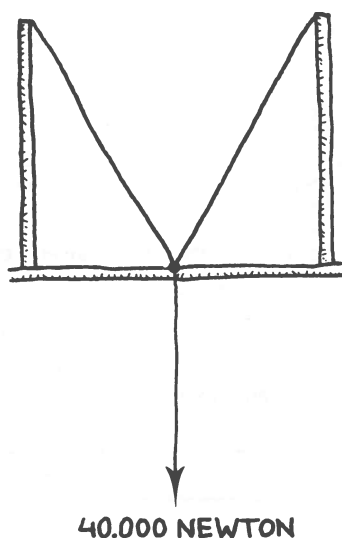
Zoals in de volgende opgave:

Je ziet hier een ontwerpschets 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 hieronder welke krachten in de tuikabels optreden. Het begin van de schets is al getekend.



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        | 15000                                  |  |
| 2        | 19000                                  |  |
| 3        | 22000                                  |  |
| 4        | 25000                                  |  |
| 5        | 30000                                  |  |

**constructieregel 12:** vermijd opgaven die gekunsteld zijn doordat ze bijvoorbeeld:

- een schijnfamiliariteit hebben, een vorm die niet bij de inhoud past
- niet over een echt probleem gaan

De eis dat een opgave *interessant* moet zijn, is moeilijk in een constructieregel te operationaliseren. Het zou ideaal zijn als leerlingen het examen verlaten met het gevoel: 'een examen..., je neemt er iets van mee!'

## 5–10 Tot slot

In het voorgaande hebben we een aantal constructieregels besproken die bij het maken van examenvragen ons inziens in acht genomen moeten worden. In de praktijk blijkt het erg moeilijk te zijn om achter het bureau zittend goede vragen te maken – zelfs met zo'n fraaie set regeltjes. Daarom is het erg belangrijk alle vragen op de een of andere manier te testen, voordat ze echt worden gebruikt.

**constructieregel 13:** test elke vraag voor hij gebruikt wordt. Dit kan bijvoorbeeld:

- door zelf het antwoord geheel op te schrijven
- door een vriend/vriendin de opgaven te laten maken en deze zelf na te kijken
- door een collega de opgaven te laten maken en dit zelf na te kijken. (Afhankelijk van de vereiste geheimhouding zullen de mogelijkheden voor het testen van vragen overigens wel beperkt zijn.)

De laatste constructieregel betreft niet de afzonderlijke examenvragen, maar het examen als geheel. Ervaringen met de PLON-examens in de vorm die in de hoofdstukken 3 en 4

zijn geschetst, hebben duidelijk gemaakt dat examenmakers zich vaak te veel op de afzonderlijke vragen storten. De evenwichtigheid van het examen als geheel wordt dan licht uit het oog verloren.

Dit wordt in de hand gewerkt door de gevolgde procedure:

- 1 vragen verzamelen in een 'pool'
- 2 hieruit kiezen
- 3 sleutelen aan de gekozen vragen
- 4 het examen vaststellen

Belangrijk is nu om, in plaats van deze laatste stap, het *examen als geheel* onder de loep te nemen en de samenstelling te toetsen aan de in hoofdstuk 4 ontwikkelde criteria.

**constructieregel 14:** controleer de samenstelling van een examen zorgvuldig, door te werken volgens een procedure als:

- 1 vragen verzamelen in een pool
- 2 vragen hieruit kiezen
- 3 sleutelen aan de gekozen vragen
- 4 vragenverzameling controleren:
  - met betrekking tot de verdeling kort-antwoordvragen – lang-antwoordvragen
  - met betrekking tot de verdeling naar denkactiviteit
  - met betrekking tot de verdeling naar natuurkundecontext
  - met betrekking tot de verdeling van onderwerpen over het examenprogramma
- 5 geconstateerde manco's opvullen door nieuw te maken opgaven
- 6 het examen vaststellen

# 6 Een voorbeeld van een PLON mavo-examen

## 6-1 Inleiding

Het hierna volgende voorbeeldexamen is volgens het twee-zittingenmodel gemaakt. Het eerste deel bestaat uit alleen kort-antwoordvragen. In het tweede deel ligt het hoofdaccent natuurlijk op de lang-antwoordvragen; een paar kort-antwoordvragen zijn hier echter nog als aanloopje voor het hoofdprobleem van elke opgave gebruikt.

De controle op de samenstelling van het examen, door vergelijking met de in tabel 4-2 weergegeven norm, gebeurt voor de twee examendelen gezamenlijk. In tabel 6-1 zijn de classificatie en de normering van de opgaven weergegeven. De resulterende examensamenstelling is in tabel 6-2 samengevat.

Enig commentaar hierbij lijkt nog wel wenselijk. Ten eerste valt op, dat de norm van tabel 4-2 inderdaad slechts als richtlijn aangehouden kon worden. Het voorbeeldexamen bevat iets te veel opgaven met een wetenschapsinhoudelijk aspect, terwijl er te weinig vragen met een natuur-context zijn. Hoewel het totale aandeel herinneringsvragen goed is, is de verdeling binnen die categorie – tussen experiment en theorie – enigszins scheef. Zoals al eerder is aangegeven (blz. 34), moeten vragen met de antwoordvorm ‘*bereken ... en schrijf je berekening op*’ apart beschouwd worden met het oog op een evenwichtige verdeling van kort- en lang-antwoordvragen. Opgave 5 van examendeel I is als kort-antwoordvraag beschouwd. De opgaven 1.b en 4.c van examendeel II zijn als lang-antwoordvragen aangemerkt, omdat daarbij nog extra eisen aan het ‘*schrijf je berekening op*’ worden gesteld.

Het is misschien goed, nog even stil te staan bij het aantal ‘rekenvragen.’ In dit voorbeeldexamen zijn negen ‘rekenvragen’ opgenomen, die een totaal van 22 punten betreffen. Dit aandeel van 25% is kleiner dan bij de tot nu toe gebruikelijke mavo-examens. Als streefcijfer wordt voor de PLON mavo-examens een aandeel van 30% ‘rekenvragen’ in het examen nagestreefd.<sup>1</sup>

| Tabel 6-1 Classificatie en normering van de opgaven |               |        |      |
|-----------------------------------------------------|---------------|--------|------|
| Opgave                                              | Soort vraag   | Punten | Norm |
| I.1                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.2                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.3                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.4                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.5                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.6                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.7                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.8                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.9                                                 | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| I.10                                                | Kort-antwoord | 1      | 1    |
| II.1                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.2                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.3                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.4                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.5                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.6                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.7                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.8                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.9                                                | Lang-antwoord | 4      | 4    |
| II.10                                               | Lang-antwoord | 4      | 4    |

1. Vgl. H.F. van Aalst, *PLON-Examen Mavo 1978*. Utrecht 1979 (PLONEE 79-3022), blz. 17.

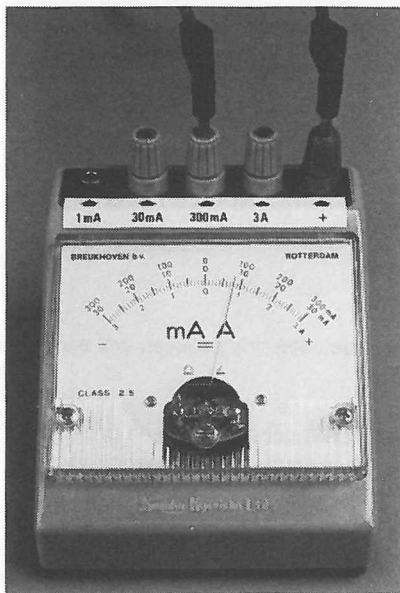
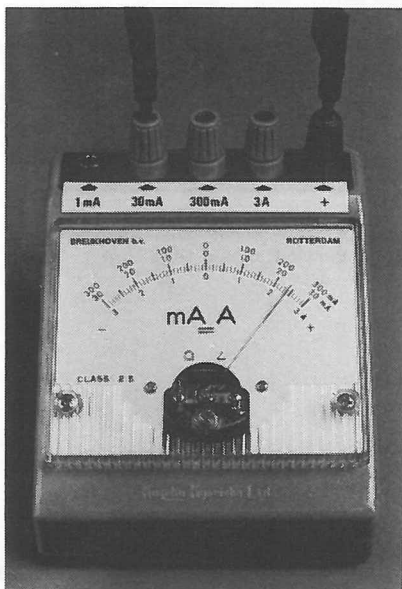


| CLASSIFICATIE en NORMERING VOORBEELDEXAMEN |   |               |        |               |   | tabel 6-1     |        |
|--------------------------------------------|---|---------------|--------|---------------|---|---------------|--------|
| EXAMENDEEL I                               |   |               |        | EXAMENDEEL II |   |               |        |
| vraag                                      |   | classificatie | punten | vraag         |   | classificatie | punten |
| 1                                          | a | exp, begr     | 2      | 1             | a | exp, eher     | 2      |
|                                            | b | exp, begr     | 2      |               | b | wei, begr     | 3      |
| 2                                          | a | wei, eher     | 2      | 2             |   | tec, krit     | 4      |
|                                            | b | tec, ther     | 2      | 3             | a | tec, krit     | 2      |
|                                            | c | wei, ther     | 2      |               | b | tec, krit     | 2      |
| 3                                          | a | wei, eher     | 2      |               | c | sam, crea     | 6      |
|                                            | b | wei, eher     | 2      | 4             | a | exp, eher     | 2      |
|                                            | c | wei, eher     | 2      |               | b | exp, eher     | 4      |
|                                            | d | wei, eher     | 2      |               | c | wei, begr     | 3      |
| 4                                          |   | wei, begr     | 2      |               |   |               |        |
| 5                                          |   | tec, ther     | 2      |               |   |               |        |
| 6                                          | a | wei, ther     | 2      |               |   |               |        |
|                                            | b | wei, ther     | 2      |               |   |               |        |
| 7                                          | a | wei, ther     | 2      |               |   |               |        |
|                                            | b | wei, ther     | 2      |               |   |               |        |
| 8                                          | a | sam, begr     | 2      |               |   |               |        |
|                                            | b | sam, begr     | 2      |               |   |               |        |
|                                            | c | sam, begr     | 2      |               |   |               |        |
| 9                                          | a | nat, eher     | 3      |               |   |               |        |
|                                            | b | nat, eher     | 3      |               |   |               |        |
| 10                                         |   | tec, begr     | 2      |               |   |               |        |
| 11                                         | a | tec, krit     | 3      |               |   |               |        |
|                                            | b | tec, krit     | 4      |               |   |               |        |
| 12                                         | a | tec, begr     | 3      |               |   |               |        |
|                                            | b | tec, begr     | 2      |               |   |               |        |
| 13                                         | a | exp, eher     | 2      |               |   |               |        |
|                                            | b | exp, eher     | 4      |               |   |               |        |

| SAMENSTELLING TOTALE EXAMEN             |               |                                             |               | tabel 6-2 |
|-----------------------------------------|---------------|---------------------------------------------|---------------|-----------|
| <i>classificatie<br/>denkactiviteit</i> | <i>punten</i> | <i>classificatie<br/>natuurkundecontext</i> | <i>punten</i> |           |
| ther                                    | 14            | wei                                         | 30            |           |
| eher                                    | 30            | exp                                         | 18            |           |
| begr                                    | 25            | tec                                         | 26            |           |
| cred                                    | 6             | nat                                         | 6             |           |
| krit                                    | 15            | sam                                         | 12            |           |
| kort-antwoordvragen: 70 punten          |               |                                             |               |           |
| lang-antwoordvragen: 20 punten          |               |                                             |               |           |

6-2 Examendeel 1 (kort-antwoordvragen)

1



Bekijk goed de meterstanden op bovenstaande foto's.  
Let op de aansluitdraden.

- a. Kruis aan:  
Welke ampèremeter wijst het meeste aan?

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| meter A | <input type="checkbox"/> |
| meter B | <input type="checkbox"/> |

- b. Hoeveel geeft die meter aan?

- 2 Onderstaande vragen gaan over geluid.  
Kruis steeds het goede antwoord aan.

a. Als de toon die een gitaar geeft te hoog is en je wilt hem lager stemmen, dan moet je de snaren:

- A. strakker spannen.  
B. losser spannen.

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |

b. De geluidsterkte in een discotheek is meestal ongeveer:

- A. 60 dB  
B. 100 dB  
C. 150 dB  
D. 15000 dB

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |
| D | <input type="checkbox"/> |

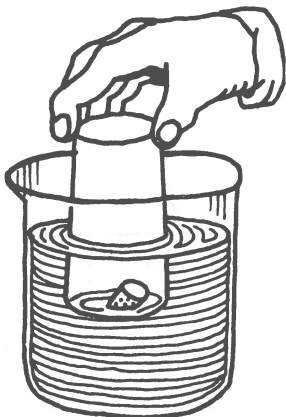
c. Als de geluidsterkte van 1 auto 62 dB is, dan is de geluidsterkte van 2 dezelfde auto's op dezelfde afstand:

- A. 62 dB  
B. 65 dB  
C. 93 dB  
D. 124 dB

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |
| D | <input type="checkbox"/> |

- 3 Je hebt tijdens de natuurkundeles de volgende proeven wel eens gezien of zelf gedaan. De proeven gaan over lucht.

Beschrijf bij elke proef kort, wat je ziet gebeuren, als de proef wordt gedaan (*waarneming*).  
Schrijf ook op, wat je daaruit kunt leren over lucht (*conclusie*).

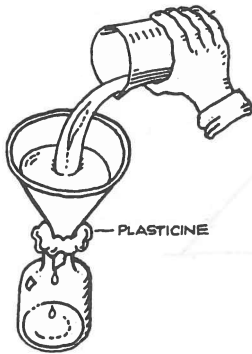


*waarneming:* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*conclusie:* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

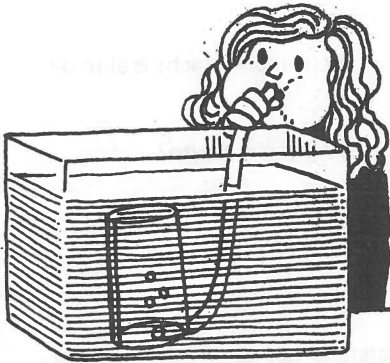


waarneming: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

conclusie: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



waarneming: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

conclusie: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



waarneming: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

conclusie: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

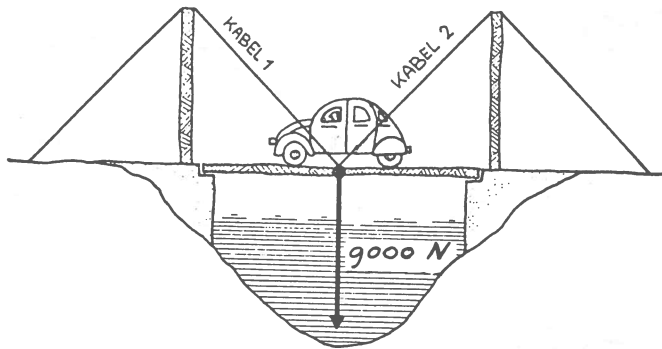
- 4 Op een lampje van een kerstboomverlichting staat:  $14\text{ V} - 3\text{ W}$ .

Wat is de weerstand van dit lampje? \_\_\_\_\_

Schrijf je berekening op.

\_\_\_\_\_

5 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 met de 'kop-staart-methode' aan je antwoord komt.

Antwoord: \_\_\_\_\_

6 Veel kleine fototoestellen hebben een lens met een brandpuntsafstand van 40 cm. Je kunt daarmee tot ongeveer 40 cm van een voorwerp nog scherp fotograferen.

a. Bereken de beeldafstand als je 40 cm van een voorwerp een scherpe foto maakt.

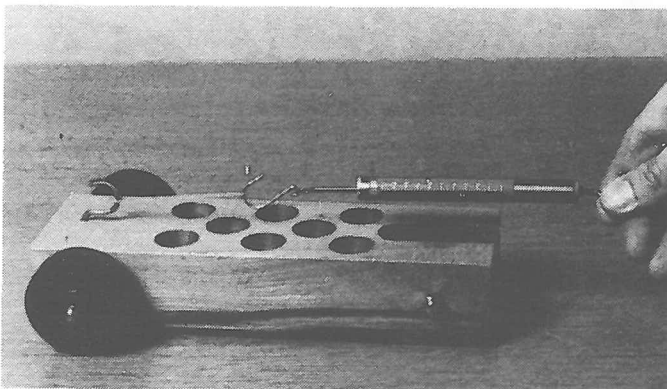
Antwoord: \_\_\_\_\_

b. Hoe groot is dan de vergroting?

Antwoord: \_\_\_\_\_

7 Sanne doet een proef met een karretje. Eerst staat het karretje stil.

Dan trekt ze het karretje aan een veerunster vooruit. Ze let erop, dat die veerunster steeds dezelfde kracht aanwijst.



Voorspel precies, wat er met de snelheid van Sannes karretje gebeurt:

---

---

Laat met behulp van één van de bewegingswetten zien, hoe je aan jouw voorspelling komt:

---

---

---

---

- 8 Om een veilige afstand tussen twee rijdende auto's te bepalen bestaat er een eenvoudige vuistregel, die luidt:

*de afstand tussen twee auto's moet zo groot zijn als het kwadraat van het aantal tientallen kilometers van hun snelheid.*

Een voorbeeld van deze regel is:

'bij 40 km/h moet de afstand  $4^2 = 16$  meter zijn'

Een ander voorbeeld is:

'bij 100 km/h moet de afstand  $10^2 = 100$  meter zijn.'

Je gaat in deze opgave berekenen of de afstand van 100 m uit het tweede voorbeeld (bij 100 km/h) inderdaad een veilige afstand is.

(Je mag er daarbij van uitgaan, dat de remvertraging van de auto  $6 \text{ m/s}^2$  is en de reactietijd van de chauffeur 1 s)

- a. Bereken eerst de afgelegde weg tijdens de reactietijd van de chauffeur.

Antwoord: \_\_\_\_\_

- b. Bereken nu de totale remweg.

Antwoord: \_\_\_\_\_

- c. Welke conclusie trek je uit je antwoord: levert de vuistregel in dit geval (100 km/h) een veilige afstand op tussen twee rijdende auto's of niet? \_\_\_\_\_

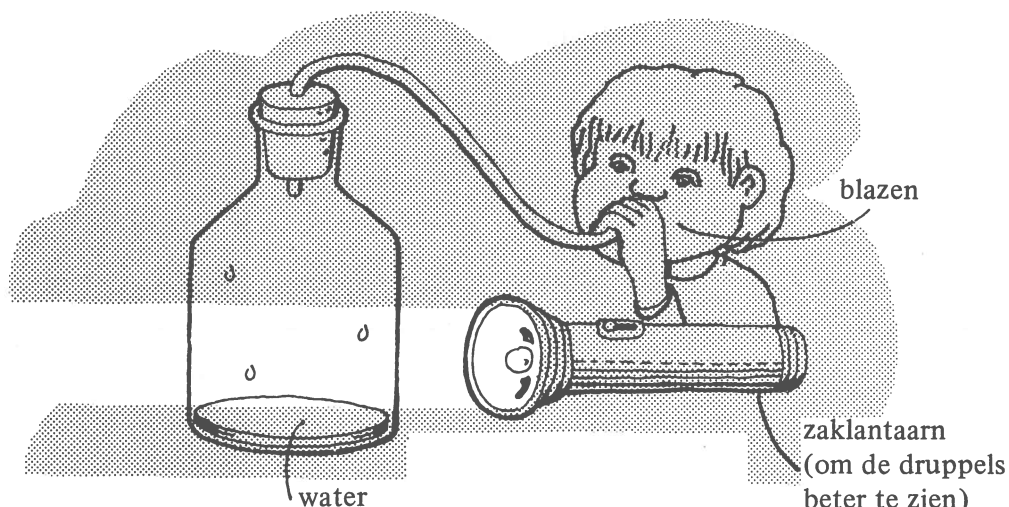
Licht je antwoord toe:

---

---

- 9 Wolken ontstaan als vochtige lucht afkoelt. Met vochtige lucht in een fles kun je zelf een wolk (of mist) maken.

In de fles (zie de figuur op de volgende bladzijde) bevindt zich een klein beetje water, zodat de lucht gegarandeerd vochtig is. De fles wordt stevig afgesloten met een kurk waar een slang doorheen loopt. Door op de slang te blazen ontstaat in de fles een overdruk.



- a. Wat moet je vervolgens doen om de wolkruppeltjes te laten ontstaan?

Antwoord: \_\_\_\_\_

Wolken en mist ontstaan eerder, als er vuildeeltjes in de lucht zijn. Dat kun je met deze proef controleren door eerst een stukje schoenveter in de fles te verbranden: die rookdeeltjes zijn dan de vuildeeltjes.

- b. Leg uit hoe het komt, dat wolken eerder ontstaan als er vuildeeltjes in de lucht zitten: wat hebben die vuildeeltjes met het ontstaan van druppeltjes te maken?

---

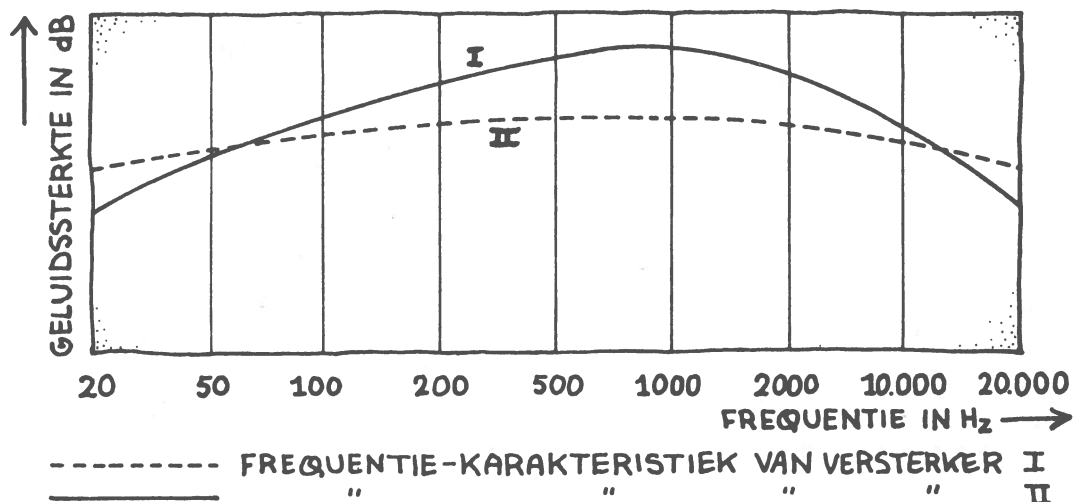


---



---

- 10 Hieronder zijn de frequentiekarakteristieken gegeven van twee verschillende versterkers.



De omstandigheden waarbij de metingen zijn verricht waren voor beide versterkers gelijk.

Welke versterker heeft de beste kwaliteit? Kruis aan:

|    |  |
|----|--|
| I  |  |
| II |  |

Licht je antwoord toe door de werking van de versterkers te vergelijken bij tonen van 50 Hz en 1000 Hz.

---



---

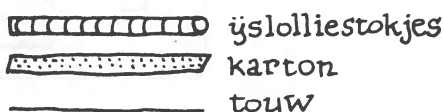


---

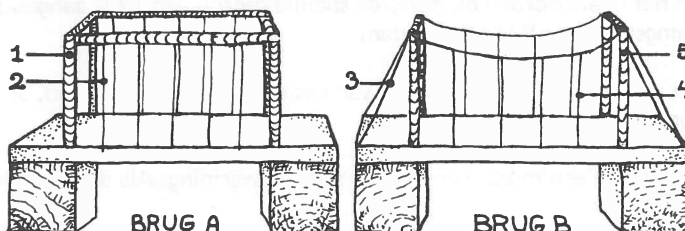


---

- 11 In een klas hebben twee groepen leerlingen een zo sterk mogelijke brug gebouwd van:



Tekeningen van hun bruggen zie je hieronder.



- a. Op beide bruggen leggen ze een zware steen.  
Bij de genummerde plaatsen in de bruggen werken duw- of trekkrachten.  
Maak de volgende zinnen af:

Brug A

Bij 1 werkt een \_\_\_\_\_ kracht

Bij 2 werkt een \_\_\_\_\_ kracht

Brug B

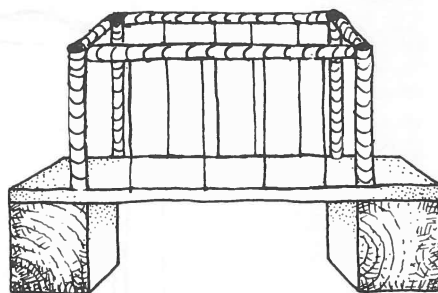
Bij 3 werkt een \_\_\_\_\_ kracht

Bij 4 werkt een \_\_\_\_\_ kracht

Bij 5 werkt een \_\_\_\_\_ kracht

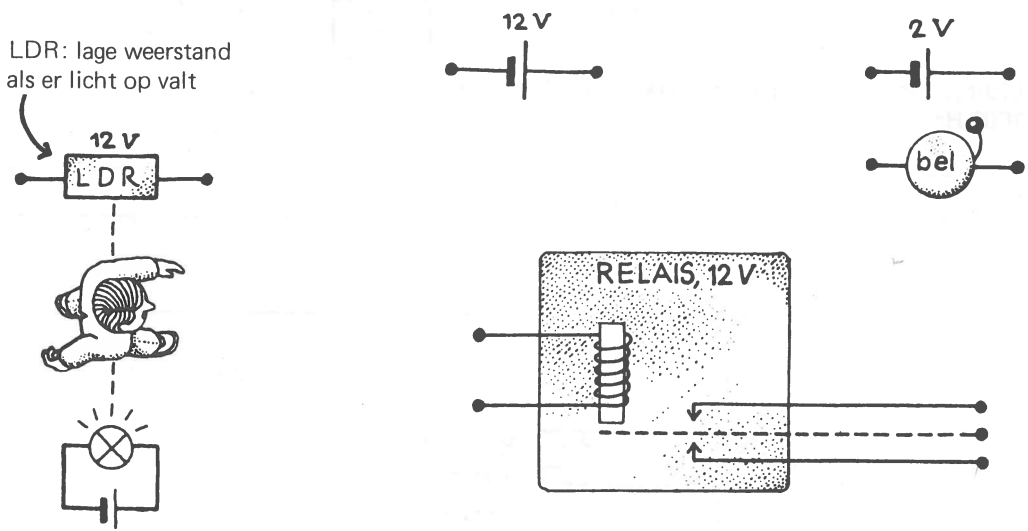
Brug B is sterker dan brug A.

- b. Geef in de tekening hiernaast één manier aan, hoe de ene groep leerlingen hun brug A sterker had kunnen maken. Ze moeten daarbij wel van het materiaal gebruik maken, dat bij het begin van deze opgave is getekend.



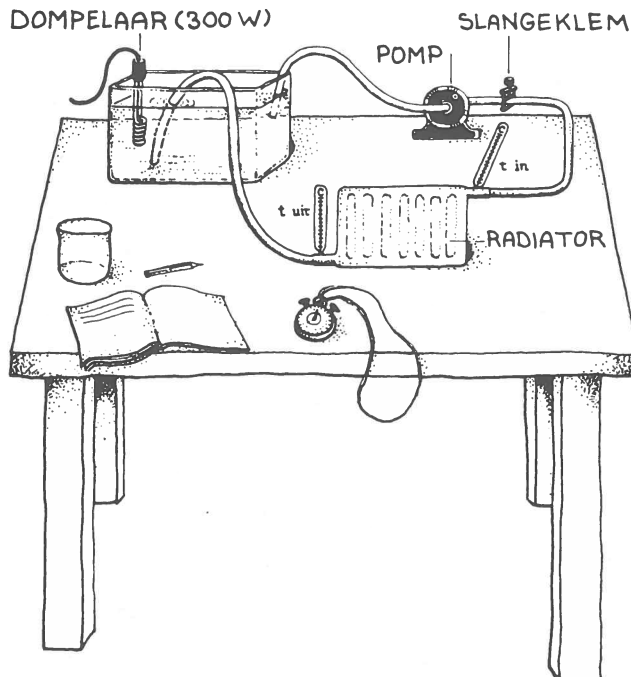


- 12 Een lichtstraal die op een LDR valt wordt onderbroken als een klant door de deur van een winkel gaat. Daardoor gaat er een bel rinkelen.



- Teken in bovenstaand schema de ontbrekende verbindingsdraden. (De LDR en het relais worden op dezelfde spanningsbron van 12 V aangesloten. De bel wordt op de spanningsbron van 2 V aangesloten)
- Teken in het schema het middencontact van het relais in de juiste stand, op het moment dat iemand door de deur gaat.

- 13 Anne en Jeroen maken een model van een centrale verwarming. Als de opstelling klaar is, ziet deze er ongeveer zo uit.



Je krijgt nu een paar vragen over de metingen die ze doen en de berekeningen die ze maken.

**Over de metingen**

Door de slangklem losser of vaster te draaien, stellen ze telkens een nieuwe stroomsnelheid in. Dan meten ze die stroomsterkte.

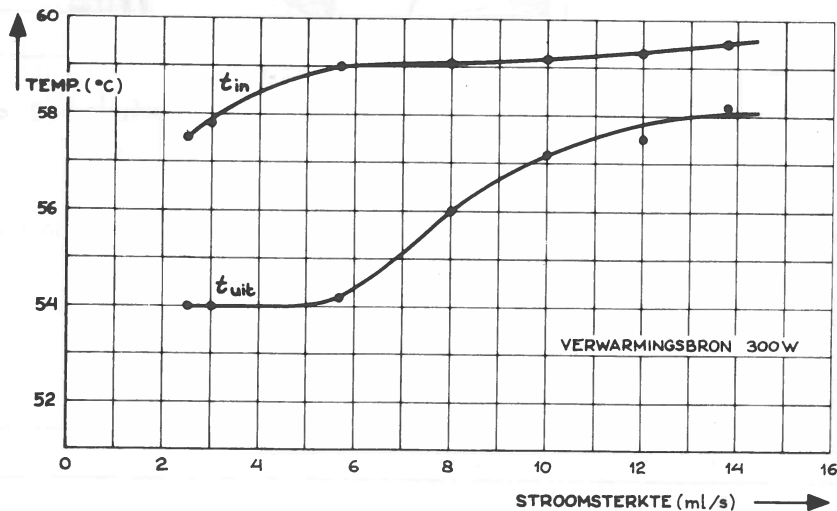
- a. Beschrijf hoe Jeroen en Anne de stroomsterkte (de hoeveelheid water die in 1 s door de radiator stroomt) kunnen meten: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Bij elke stroomsterkte meten ze de temperaturen van het in- en uitstromende water door de radiator. De meetresultaten hebben ze in de volgende grafiek getekend:



**Over de berekeningen:**

Anne en Jeroen willen nu het rendement van deze centrale verwarming berekenen.

- b. Kies zelf één stroomsnelheid.  
Bereken bij die stroomsnelheid het rendement.  
Schrijf je berekening op.  
(de gegevens voor je berekening kun je uit bovenstaande grafiek halen; de soortelijke warmte van water is:  $4,2 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \cdot \text{kg}$ )

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

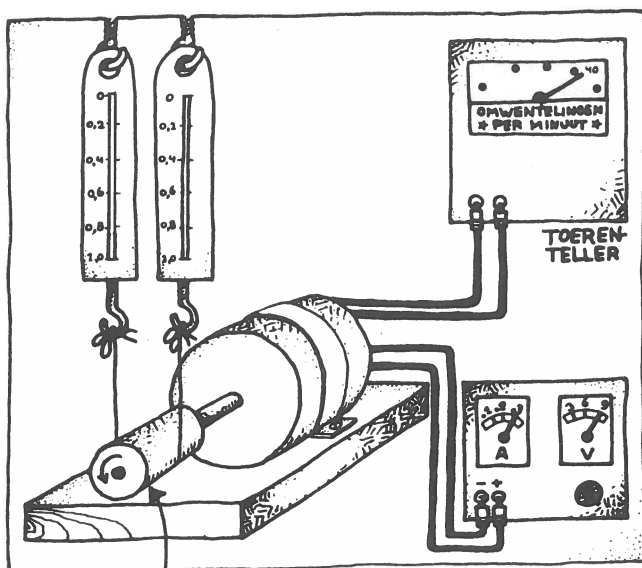
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 6-3 Examendeel 2 (lang-antwoordvragen)

- 1 Met de hiernaast geschetste proefopstelling wordt het rendement van een motor bepaald bij verschillende snelheden. Eén van de metingen levert de volgende meetgegevens op:

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| voltmeter    | 9,0 V                          |
| ampèremeter  | 0,30 A                         |
| toerenteller | 40 omwentelingen<br>per minuut |
| veerunsters  | 0,8 N<br>0,3 N                 |



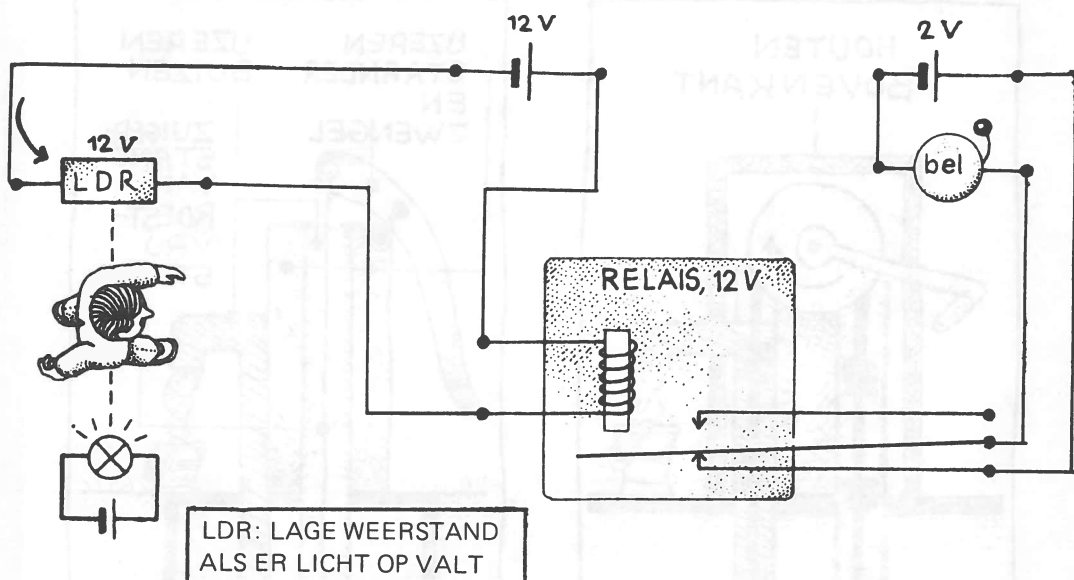
AANDRIJFWIEL : omtrek = 2 cm

De veerunsterstanden zijn nog niet in de tekening aangegeven.

- Teken in de veerunsters de in de tabel aangegeven waarden. Let daarbij op de draairichting van de motor!
- Bereken het rendement van de motor bij deze snelheid.  
Schrijf je berekening op.  
Schrijf bovendien op, welke formules of wetten je bij je berekening gebruikt.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

- 2 Een lichtstraal die op een LDR valt wordt onderbroken als een klant door de deur van een winkel gaat. Daardoor gaat er een bel rinkelen.



Beschrijf in enkele stappen, wat er precies in de schakeling gebeurt met LDR, relais en bel, als de man doorloopt en uit de lichtstraal stapt.

---

---

---

---

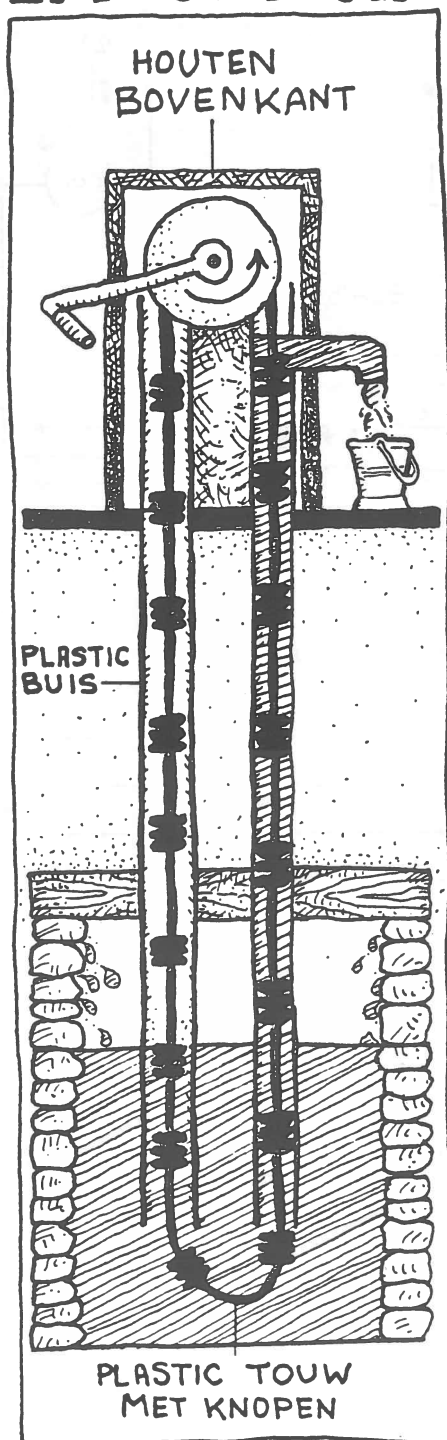
---

---

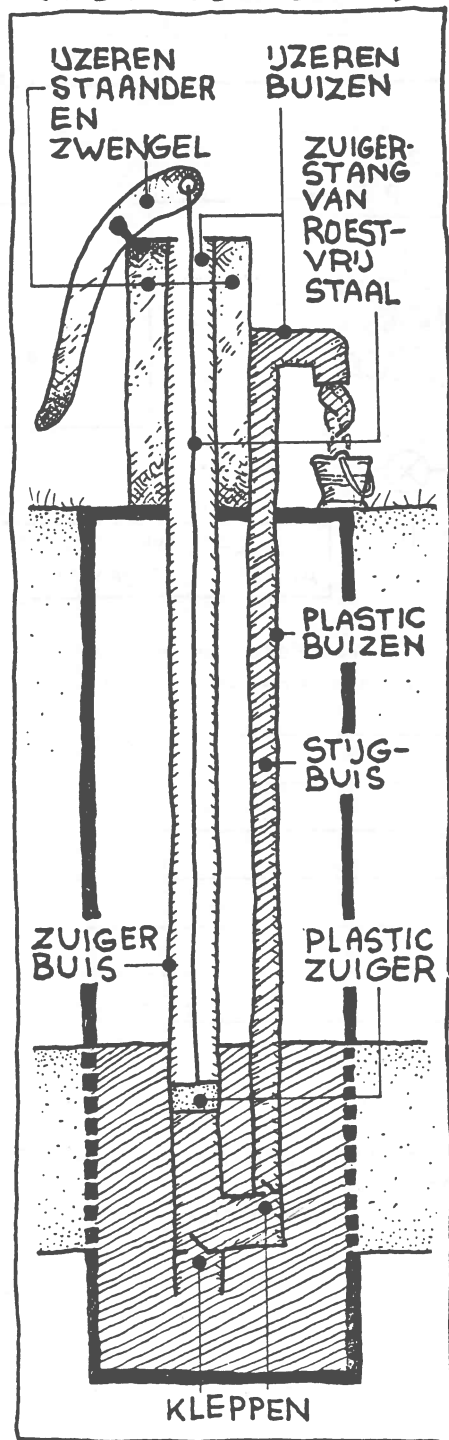
---

- 3 Voor de drinkwatervoorziening van een Afrikaans dorp moet grondwater uit een put omhooggepompt worden. Deze opgave gaat over twee pompen waaruit men moet kiezen:

# 1. TOUWPOMP



# 2. PERSPOMP



*Eerst twee vragen over de werking van de pompen.*

a. Beschrijf hoe het water met de touwpomp omhoog komt.

---

---

---

b. Wanneer komt er water uit de perspomp: als je de **zwengel** (let op: niet de **zuiger**) omhoog of omlaag beweegt?

|            |                |                          |
|------------|----------------|--------------------------|
| Kruis aan: | zwengel omhoog | <input type="checkbox"/> |
|            | zwengel omlaag | <input type="checkbox"/> |

Licht je antwoord toe:

---

---

---

*Nu een vraag over de keuze tussen deze twee pompen.*

De touwpomp kan in het dorp zelf gemaakt worden als men plastic buis, plastic touw en diverse gereedschappen uit de grote stad laat halen. Hout en dergelijke zijn in het dorp zelf te verkrijgen. De perspomp kan worden geleverd door een Nederlands bedrijf en kan met eenvoudig gereedschap op de put gemonteerd worden.

c. Schrijf in ongeveer 15 regels een advies aan het dorp, welke keuze zij volgens jou moeten maken. Noem de voor- en nadelen van beide pompen. Maak duidelijk, waarom jij nu juist aan de pomp van jouw keuze de voorkeur geeft.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4 Hanneke en Maarten gaan snelheidsmetingen doen. Ze willen weten hoe hard automobilisten rijden door de straat waar ze wonen.

a. Welke meetinstrumenten en hulpmiddelen moeten ze uit school meenemen naar de plaats van de snelheidscontrole?

---

---

---

b. Beschrijf hoe Hanneke en Maarten te werk moeten gaan om daarmee de snelheid van een auto te meten.

---

---

---

---

---

---

---

c. Laat met een getallenvoorbeeld (de meetresultaten mag je zelf verzinnen) zien, hoe ze dan de snelheid kunnen berekenen (schrijf op welke formules je gebruikt):

---

---

---

---

---

---

---

## 7 Voorbeelden van examenvragen

### Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een aantal voorbeeldopgaven, gegroepeerd naar denkactiviteit. De meeste van deze opgaven zijn getest door ze aan de leerlingen voor te leggen (vgl. constructieregel 13).

Op de volgende bladzijde volgt een tabel waarin van elke vraag de classificatie naar natuurkundecontext wordt gegeven. Bovendien is vermeld op welk deel van het examenprogramma de vraag betrekking heeft.

Natuurkundecontext<sup>1</sup> (zie voor toelichting van deze classificering hoofdstuk 4, tabel 5):

wei : theoretische natuurkunde  
exp : experimentele natuurkunde  
tec : technische natuurkunde  
nat : natuurkunde van het vrije veld  
sam : natuurkunde en samenleving

Natuurkunde-inhoud (hierbij wordt de indeling van het examenprogramma gevolgd):

me : mechanica  
fa : vaste stoffen, vloeistoffen, gassen  
en : energie  
op : optica  
el : elektriciteit en magnetisme  
ac : geluid  
kf : kernfysica

1. Zoals al in hoofdstuk 4 is aangegeven, is het vaak mogelijk verschillende classificaties aan een vraag toe te kennen, afhankelijk van de accenten die men legt. Veel van de in deze bijlage gegeven classificaties zijn dan ook voor discussie vatbaar.



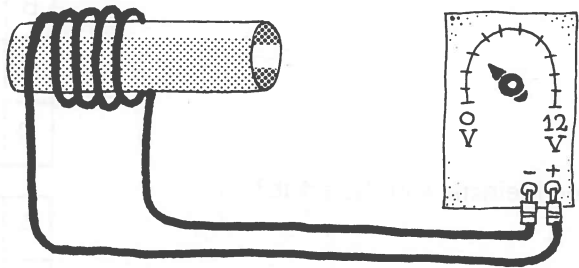
| <i>vraag-<br/>nummer</i> | <i>natuurl.<br/>context</i> | <i>natuurl.<br/>inhoud</i> |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1                        | wei                         | el                         |
| 2                        | wei                         | op                         |
| 3                        | wei                         | ac                         |
| 4                        | exp                         | fa                         |
| 5                        | tec                         | el                         |
| 6                        | exp                         | ac                         |
| 7                        | wei                         | op                         |
| 8                        | wei                         | en                         |
| 9                        | exp                         | el                         |
| 10                       | exp                         | op                         |
| 11                       | exp                         | ac                         |
| 12                       | exp                         | el                         |
| 13                       | exp                         | ac                         |
| 14                       | wei                         | op                         |
| 15                       | exp                         | op                         |
| 16                       | wei                         | en                         |
| 17                       | exp                         | me                         |
| 18                       | tec                         | me                         |
| 19                       | tec                         | me                         |
| 20                       | wei                         | en                         |
| 21                       | tec                         | el                         |
| 22                       | wei                         | me                         |
| 23                       | wei                         | en                         |
| 24                       | wei                         | me                         |
| 25                       | wei                         | en                         |
| 26                       | exp                         | me                         |
| 27                       | tec                         | el                         |
| 28                       | wei                         | ac                         |
| 29                       | wei                         | me                         |
| 30                       | tec                         | me                         |

|    |     |    |
|----|-----|----|
| 31 | wei | me |
| 32 | wei | op |
| 33 | wei | op |
| 34 | wei | op |
| 35 | tec | en |
| 36 | tec | me |
| 37 | exp | me |
| 38 | wei | op |
| 39 | nat | op |
| 40 | exp | me |
| 41 | tec | fa |
| 42 | tec | me |
| 43 | exp | el |
| 44 | tec | me |
| 45 | tec | el |
| 46 | tec | en |
| 47 | wei | en |
| 48 | wei | me |
| 49 | tec | me |
| 50 | tec | el |
| 51 | tec | me |
| 52 | nat | en |
| 53 | nat | op |
| 54 | nat | fa |
| 55 | nat | fa |
| 56 | nat | me |
| 57 | nat | en |
| 58 | nat | fa |
| 59 | sam | en |
| 60 | wei | me |
| 61 | sam | me |
| 62 | sam | fa |
| 63 | sam | me |
| 64 | sam | me |

|    |     |    |
|----|-----|----|
| 65 | nat | fa |
| 66 | exp | op |
| 67 | exp | en |
| 68 | exp | me |
| 69 | exp | me |
| 70 | sam | ac |
| 71 | sam | en |
| 72 | sam | me |
| 73 | sam | me |
| 74 | exp | el |
| 75 | exp | me |
| 76 | exp | ac |
| 77 | exp | fa |
| 78 | tec | el |
| 79 | wei | me |
| 80 | tec | me |
| 81 | tec | el |
| 82 | tec | me |
| 83 | tec | el |
| 84 | tec | me |
| 85 | tec | en |
| 86 | tec | el |
| 87 | tec | op |
| 88 | wei | op |
| 89 | tec | op |
| 90 | tec | me |
| 91 | tec | me |
| 92 | tec | ac |
| 93 | tec | el |
| 94 | nat | op |
| 95 | exp | fa |
| 96 | sam | kf |
| 97 | sam | kf |
| 98 | sam | kf |
| 99 | sam | en |

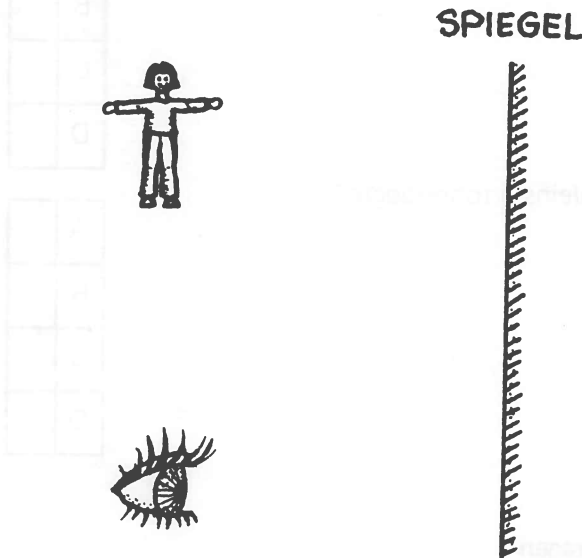
Herinneringsvragen

1. Noem drie manieren om de getekende elektromagneet (gemaakt van een kartonnen kokertje) sterker te maken.

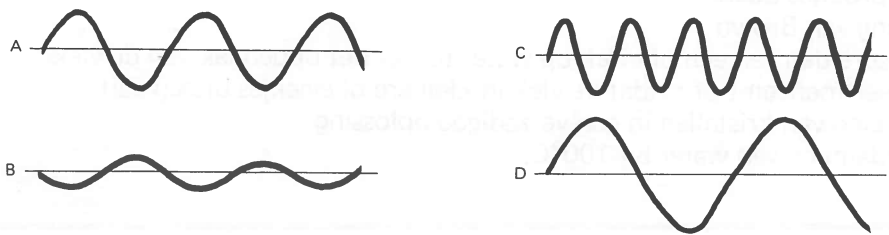


- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

2. Construeer in de figuur hieronder het spiegelbeeld van het poppetje en teken het lichtbundeltje dat van één van de handen van het poppetje via de spiegel in het oog valt.



3. De volgende vier figuren stellen verschillende geluiden voor.



(Bij de volgende vragen mag je hetzelfde geluid meer keren aankruisen)

Welk geluid heeft de grootste geluidssterkte?

Kruis aan:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |
| D | <input type="checkbox"/> |

Welk geluid heeft de kleinste geluidssterkte?

Kruis aan:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |
| D | <input type="checkbox"/> |

Welk geluid heeft de grootste toonhoogte?

Kruis aan:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |
| D | <input type="checkbox"/> |

Welk geluid heeft de kleinste toonhoogte?

Kruis aan:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |
| D | <input type="checkbox"/> |

### Experiment-herinneringsvragen

4. Natuurkundigen beweren dat alle stoffen uit moleculen bestaan. Je kunt de volgende proefjes doen:
- beweging van Brown
  - het uitspreiden van een olievlek op water totdat het oppervlak van de vlek niet meer toeneemt of totdat de vlek in kleinere olievlekjes uiteen valt
  - het groeien van kristallen in een verzadigde oplossing
  - het verdampen van water bij  $100^{\circ}\text{C}$ .

Kies één van deze proeven en beschrijf wat er bij die proef gebeurt.  
Gebruik daarbij het woord '*moleculen*'.

---

---

---

5. Met een bimetaal, een lampje, een batterij en wat elektrisch snoer kun je een knipperlicht maken.

Laat met een tekening hieronder zien, hoe dit moet.

Beschrijf kort hoe het knipperlicht werkt.

---

---

---

6. Geluid is een trilling. Je hebt in de les verschillende proeven gezien om dit aan te tonen. Beschrijf kort één proef, waarmee je kunt laten zien dat een stemvork trilt als zij geluid voort brengt.

---

---

Wat zul je zien veranderen bij de door jou beschreven proef, als je de stemvork de 2e keer harder aanslaat?

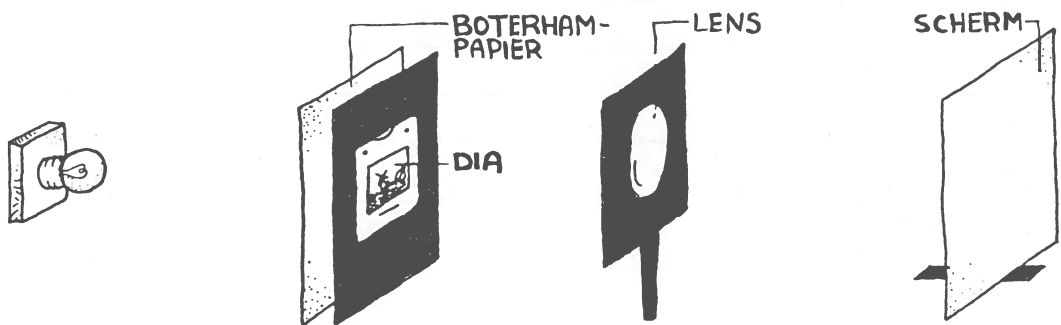
Kruis aan:

de maximale uitwijking van de stemvorkpoten wordt groter

de stemvorkpoten gaan in één seconde meer keren heen en weer

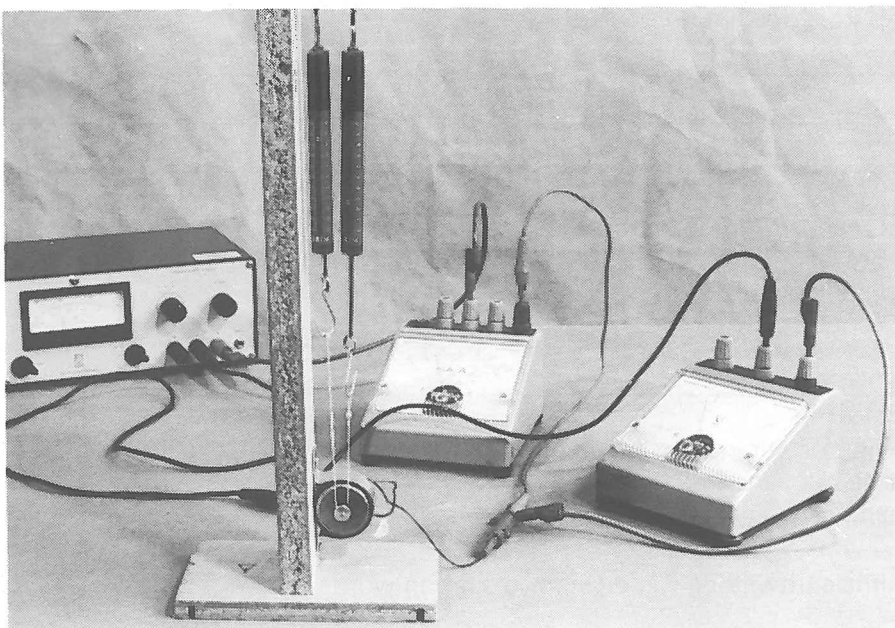
beide dingen gebeuren

7. Met de hier getekende opstelling projecteert iemand een dia op een scherm.



Wat verandert er aan het beeld op het scherm als er een diafragma tegen de lens wordt geplaatst?

8. Een groepje leerlingen wil het rendement van een elektromotor bepalen. Ze bevestigen een sleeptol op de motor. Daarmee zorgen ze ervoor dat de elektromotor een constante kracht levert. Met een spanningsmeter en een stroommeter bepalen ze de elektrische energie die de motor omzet.



De meters wijzen aan:  $I = 0,15 \text{ A}$   
 $V = 8,5 \text{ V}$   
 De veerunsters wijzen aan:  $0,75 \text{ N}$   
 en  $0,12 \text{ N}$

De omtrek van de sleeptol is:  $2,2 \text{ cm}$

De omwentelingssnelheid is:  $67 \text{ omwentelingen per s}$

Bereken hieronder achtereenvolgens:

- a. de elektrische energie die de motor levert in 1 s
- b. de arbeid die de motor verricht in 1 s
- c. het rendement van de motor

Schrijf je berekeningen op:

a. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

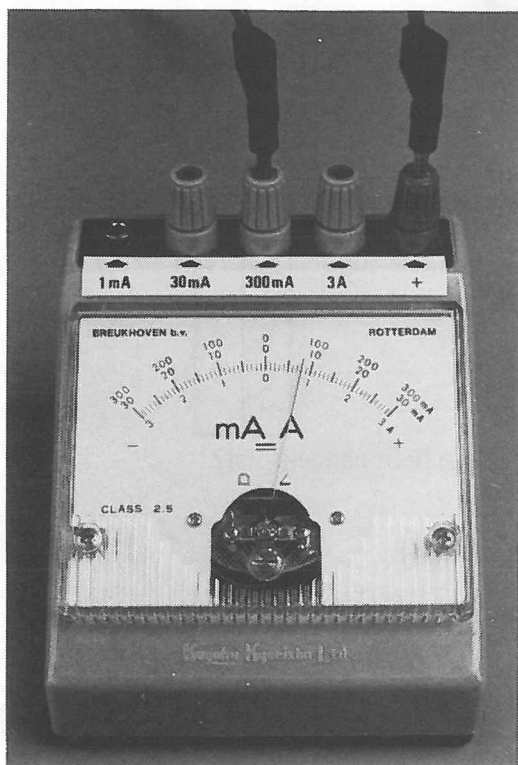
\_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_

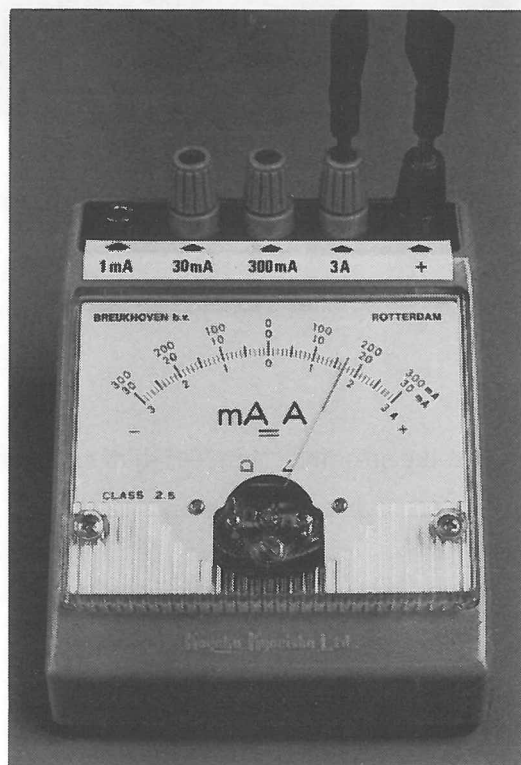
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

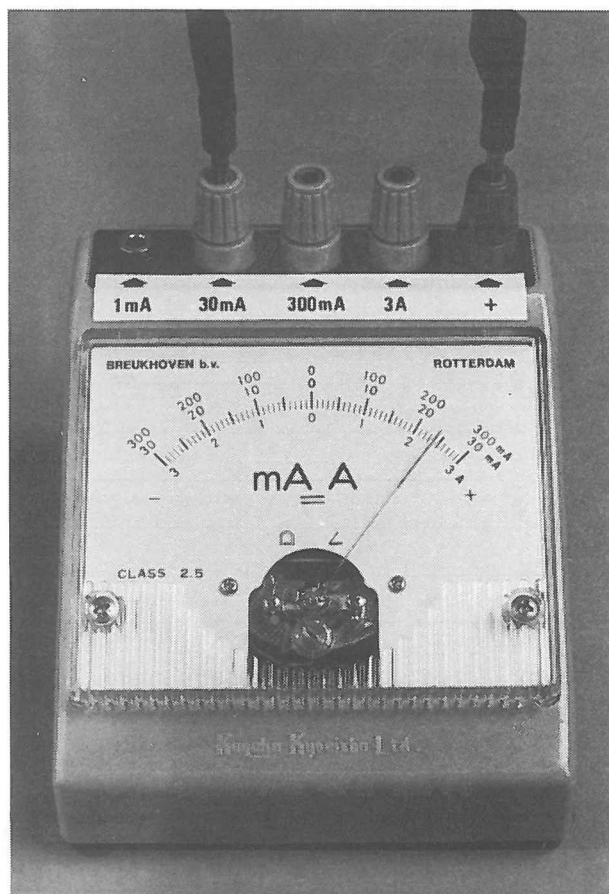
9. De drie stroommeters op bladzijde 13 en 14 zijn op verschillende manieren aangesloten:



A



B



C

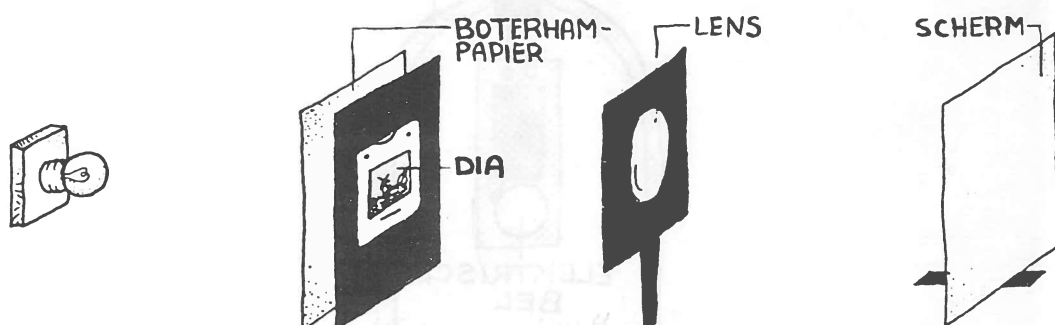
Kruis aan, welke stroommeter de grootste stroom aanwijst:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |

Welke stroomsterkte lees jij af op de meter die je hebt aangekruist?

\_\_\_\_\_

10. Je ziet hier een eenvoudige opstelling waarmee je een dia kunt projecteren zonder een echte diaprojector te gebruiken.



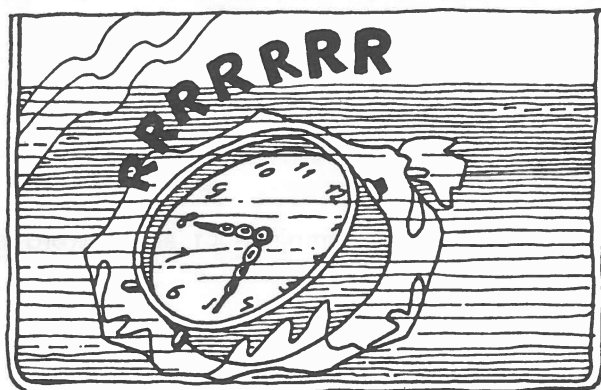
Wat moet je aan deze opstelling veranderen om het beeld van de dia op het scherm **groter** te krijgen?

(Geef precies aan: — welk ding (of welke dingen) je wilt verschuiven  
— in welke richting je schuift.)

---

---

11. Deze opgave gaat over de voortplanting van geluid. Je hebt deze proef in de klas gezien:

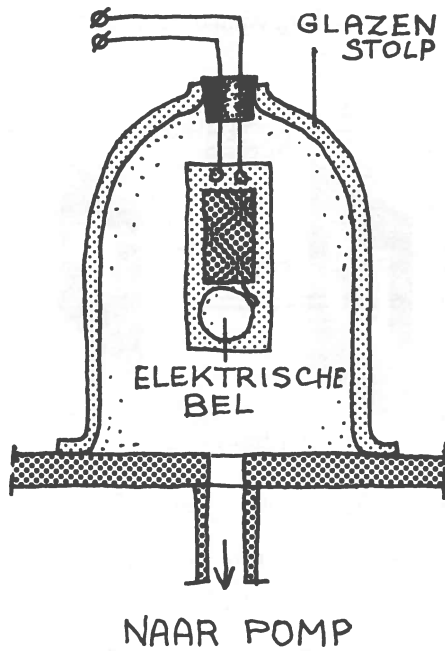


Wat was de conclusie uit dit experiment?

---

De volgende proef gaat ook over het voortplanten van geluid, maar nu door lucht.





Beschrijf wat je bij deze proef kunt waarnemen.

---



---

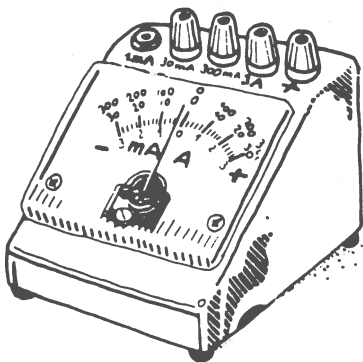


---

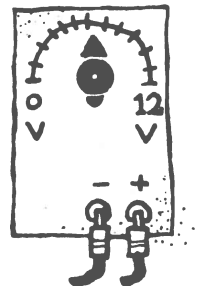
Wat is de conclusie uit deze proef?

---

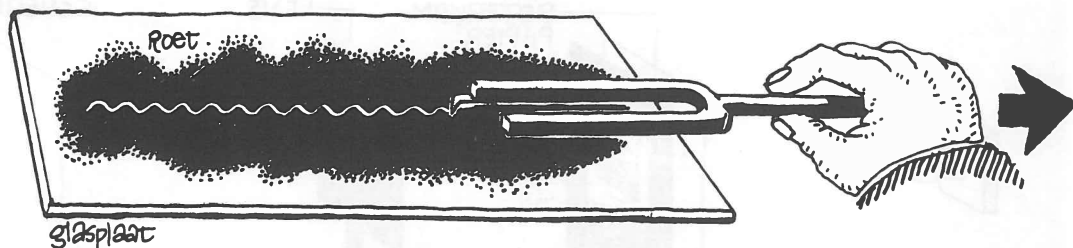
12. Hoe meet je de stroom die door dit lampje loopt, als dat wordt aangesloten op het voedingskastje?  
Teken de juiste verbindingsdraden.



**LAMPJE:**  
6V ; 0,5W

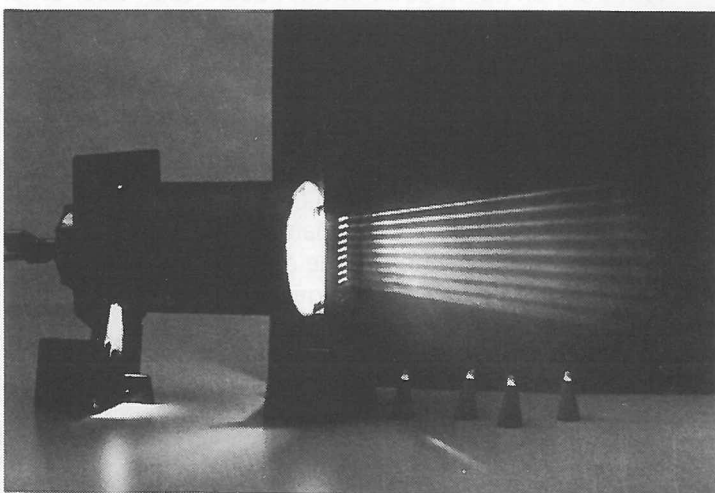


13. Met de hier getekende proef kun je laten zien dat een stemvork die een toon laat horen, trilt.



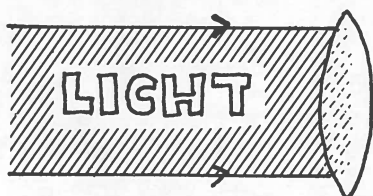
Nu gaat iemand dezelfde proef doen met een stemvork die een hogere toon geeft. (Je kunt er van uitgaan, dat het geluid van beide stemvorken wel even sterk is). Hij trekt de stemvork met dezelfde snelheid over de glasplaat als de eerste keer. Beschrijf kort wat het verschil is tussen de lijn van de eerste en van de tweede stemvork.

14. In de natuurkundeles zijn experimenten gedaan waarbij de lichtbundel die door een lens valt zichtbaar gemaakt werd. Eén manier om dit te doen is:

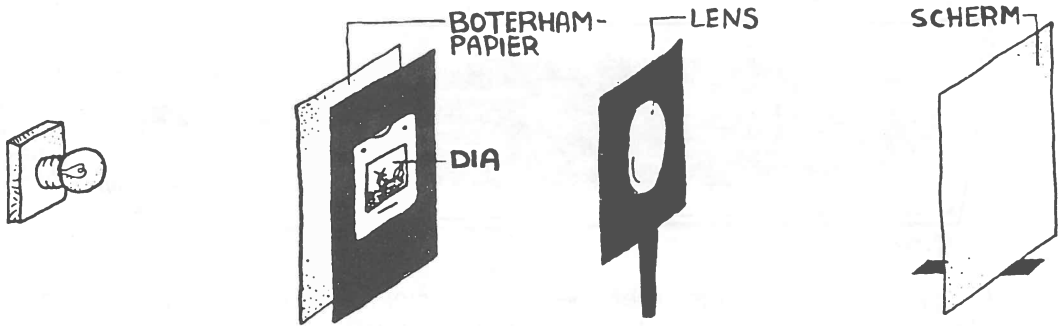


wierrookkaarsjes  
onder de bundel

Schets de lichtbundel achter de beide volgende lenzen:



15. Een paar leerlingen hebben deze opstelling gemaakt om een dia te projecteren.



Nadat ze een mooi scherp beeld verkregen hebben, willen ze vervolgens een *groter* beeld krijgen.

Ze schuiven daartoe het scherm naar rechts.

Ze zien dan:

- het beeld wordt inderdaad groter
- maar het beeld wordt ook onscherp!

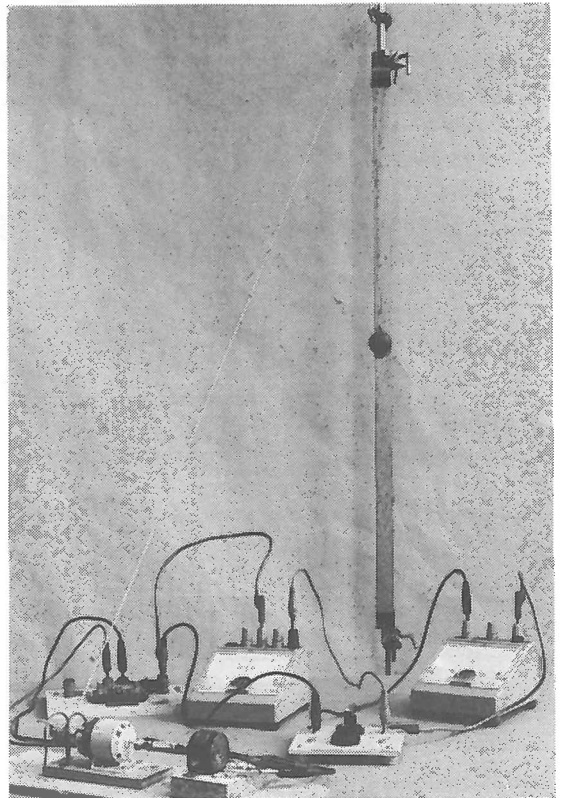
Wat kunnen ze nu doen om dat beeld toch weer scherp te krijgen?

16. Een groepje leerlingen wil het rendement van een dynamo bepalen.

De dynamo wordt via een versnellingsbak (1:32) aangedreven door een vallend gewicht. De dynamo levert dan elektrische energie die een lampje van 6 V en 0,04 A doet gloeien. Om te kunnen bepalen hoeveel energie de dynamo levert, zijn een spanningsmeter en een stroommeter in de keten aangesloten.

Ze doen de volgende meting:

- een gewicht van 5,0 N valt in 7,7 s omlaag over een afstand van 1 m
- de stroommeter wijst aan: 34,5 mA
- de spanningsmeter wijst aan: 4,4 V



- a. Bereken het rendement van de versnellingsbak + dynamo. Schrijf je berekening op.

---



---



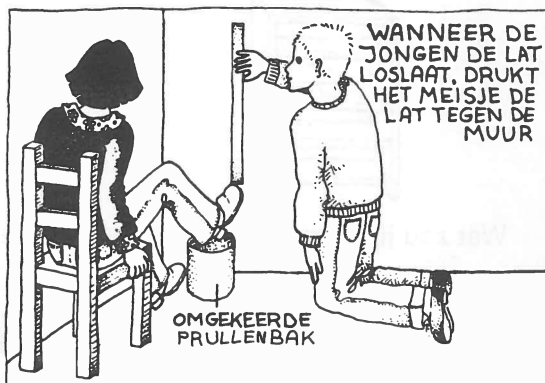
---

- b. Het rendement van de dynamo alléén (zonder versnellingsbak) heeft een andere waarde.

Hoger of lager? \_\_\_\_\_

Licht je antwoord toe. \_\_\_\_\_

17. Drie leerlingen willen hun reactietijd meten. Dat doen ze op de hiernaast getekende manier: zodra de meetlat wordt losgelaten, trap je je voet naar voren en klemmt de meetlat tegen de muur. Op de meetlat moet nu een strook papier worden geplakt, waarop de valtijd staat.



Welke van de volgende drie stroken zou jij kiezen? Kruis aan in het hokje onder de gekozen strook.

|                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| A                        | B                        | C                        |
|                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Licht je keuze toe (beschrijf daarvoor eerst wat er met de snelheid van de vallende meetlat gebeurt en vervolgens waarom jij jouw papierstrook gekozen hebt).

---

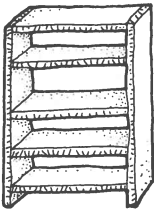
---

---

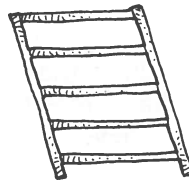
---

---

18. Je ziet hier een boekenkast die bestaat uit 2 zijkanten en een paar planken.



Als je ertegen duwt zakt hij scheef.



Wat zou jij doen om de kast te verstevigen?

---

---

---

Leg uit waardoor jouw oplossing verstevigend werkt.

---

---

19. Je kent materialen die bestand zijn tegen buigen, tegen trekken en tegen duwen. Een strook papier is maar tegen één van deze belastingen bestand. Kruis één aan:

bestand tegen buigen

bestand tegen trekken

bestand tegen duwen

|                          |
|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |

Door papier in een bepaalde vorm te vouwen, kun je zorgen dat het ook tegen de twee andere belastingen (die jij niet hebt aangekruist) bestand is. Schets twee van die vormen:

(Als je denkt dat je schets niet duidelijk is, moet je er maar wat bijschrijven om het uit te leggen.)

## Begripsvragen

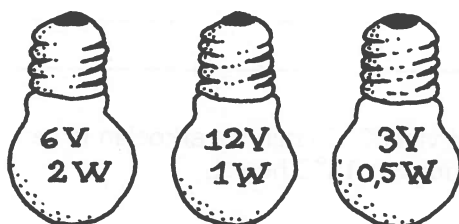
20. Een c.v.-ketel heeft een rendement van ongeveer 80%. Toch wordt alle chemische energie van de brandstof in de c.v.-ketel omgezet in warmte.  
Leg uit waarom een c.v.-ketel geen rendement heeft van 100%.

---

---

---

21. Het voorlicht van Iris' fiets is kapot. Ze haalt het lampje uit de fitting en ziet dat er op staat: 6V, 1W.  
Nu gaat ze op zoek naar een reservelampje. In haar rommeldoos vindt Iris drie lampjes:



Voorspel wat er zal gebeuren als ze deze lampjes op haar fiets gaat gebruiken.  
Kruis het goede antwoord bij elk lampje aan:

a. de lamp van 6V, 2W:

zal doorbranden

☐

zal redelijk licht geven

☐

zal bijna geen licht geven

☐

b. de lamp van 12V, 1W:

zal doorbranden

☐

zal redelijk licht geven

☐

zal bijna geen licht geven

☐

c. de lamp van 3V, 0,5W:

zal doorbranden

☐

zal redelijk licht geven

☐

zal bijna geen licht geven

☐

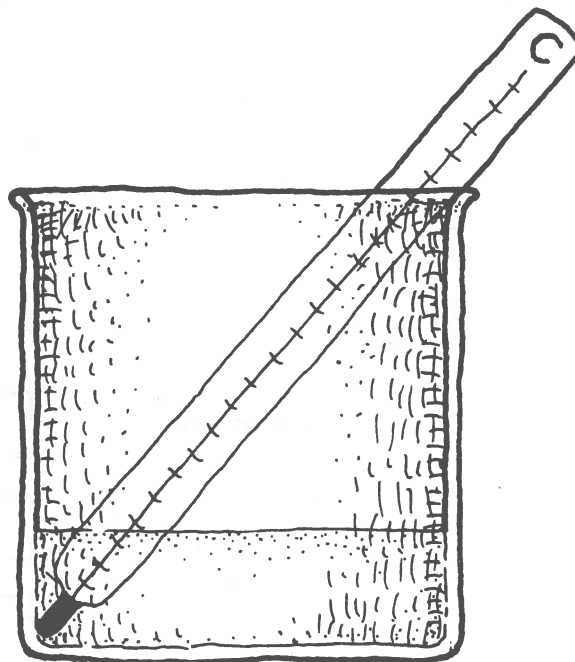
(Pas op: het goede antwoord kan bij de drie lampen verschillend zijn.)

22. Een bromfietshelm beschermt je hoofd bij een eventuele botsing. Een goede helm heeft natuurkundig gezien verschillende functies: hij moet bijvoorbeeld een kracht op één plek verdelen over het hele hoofd. Noem een tweede functie. Gebruik hierbij het woord 'vertraging'.

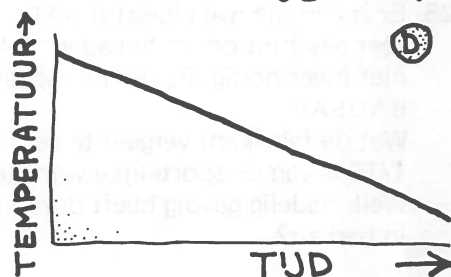
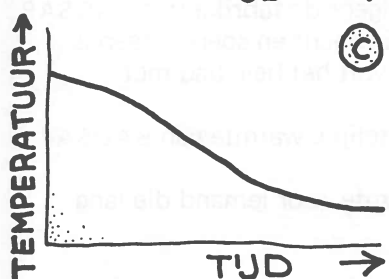
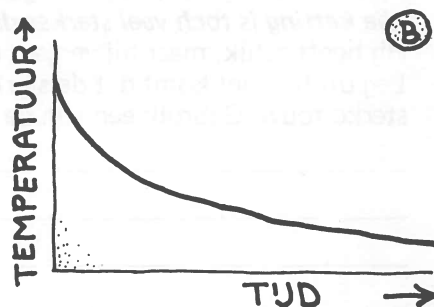
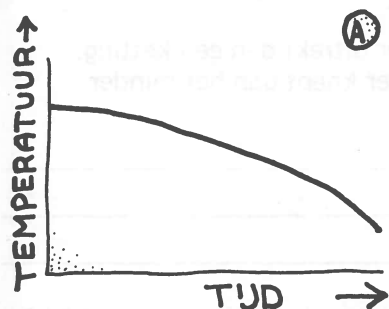
---

---

23. Een bekerglas met water van 80°C laten we afkoelen in een ruime kamer, waarin een constante temperatuur van 18°C heerst.



a. Welke grafiek geeft het beste aan, hoe het temperatuurverloop van het water zal zijn?

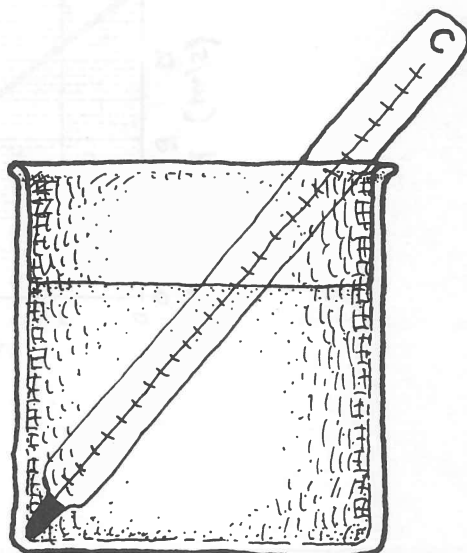


Kruis aan:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |
| D | <input type="checkbox"/> |

Als je bij een tweede proef méér water in hetzelfde bekerglas laat afkoelen, krijg je een andere grafiek als uitkomst.

b. Schets in de door jou aangekruiste grafiek: hoe het temperatuurverloop ongeveer zal zijn als er 2x zo veel water van 80°C in het bekerglas zit.

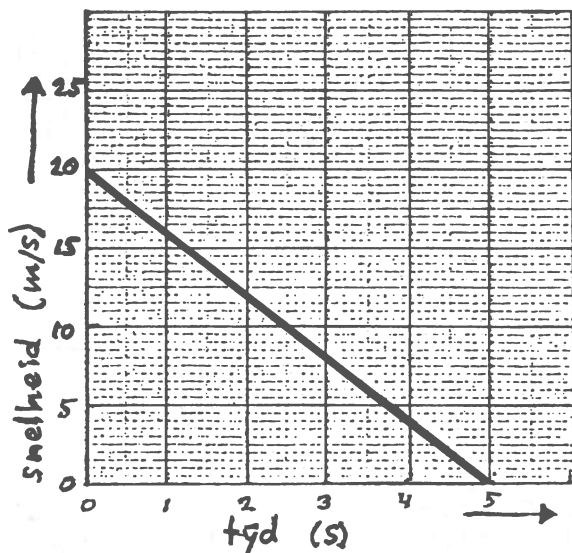




24. Oom Frans wil zijn kapotte auto naar de garage slepen. De ketting die hij hiervoor wil gebruiken knapt zodra hij plotseling strak komt te staan. Sanne heeft een stuk nylon touw bij zich, daarmee gaat het wel goed. Oom Frans begrijpt dit niet: *'die ketting is toch veel sterker dan dat nylon touw?'* Hij heeft gelijk, maar hij vergeet dat nylon touw meer uitrekt dan een ketting. Leg uit hoe het komt dat de sterke ketting toch eerder knapt dan het minder sterke touw. Gebruik een van de bewegingswetten.
- 
- 
- 

25. Er is een nieuwe vloeistof BADSAP uitgevonden. Volgens de fabrikant is BADSAP zeer geschikt om in te baden: BADSAP maakt de huid zacht en soepel, zeep is niet meer nodig. Bovendien spaart het water want je vult het hele bad met BADSAP. Wat de fabrikant vergeet te vermelden, is dat de soortelijke warmte van BADSAP  $1/10$  is van de soortelijke warmte van water. Welk nadelig gevolg heeft deze kleine soortelijke warmte voor iemand die lang in bad zit?
- 

26. De volgende grafiek laat zien hoe de snelheid van een remmende fiets veranderde.



a. Met welke vertraging heeft de fietser geremd? Schrijf je berekening op.

---

---

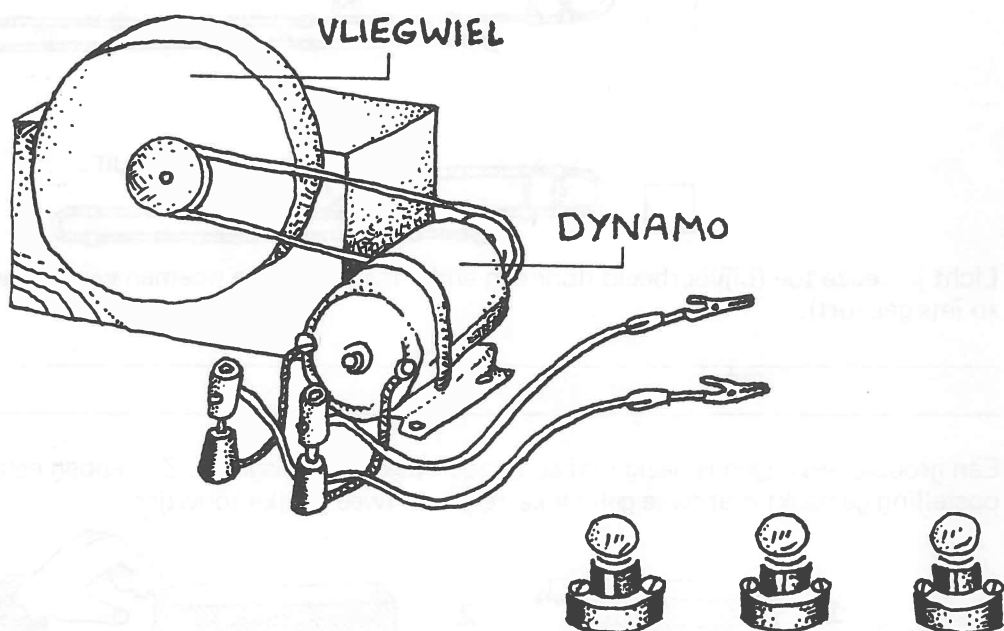
b. Hoeveel meter heeft de fietser tijdens het remmen afgelegd? Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

---

---

---

27. Je ziet hier een vliegwiel, dat via een snaar een dynamo aandrijft. Het vliegwiel krijgt een flinke snelheid en loopt dan uit.



Wanneer zal het vliegwiel het snelst tot stilstand komen: als je 3, 2, 1 of 0 lampjes aan de dynamo schakelt? (De lampjes worden parallel geschakeld.)

Antwoord: \_\_\_\_\_

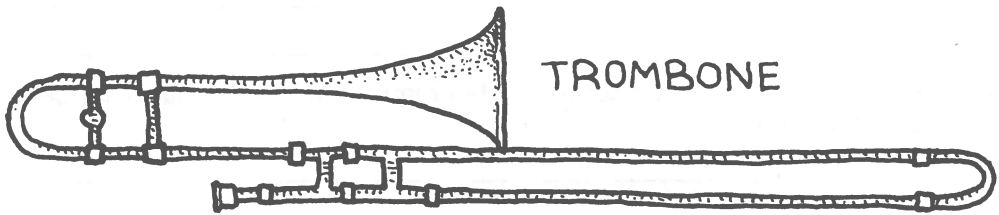
Waarom? Gebruik bij je uitleg het begrip 'energie'.

---

---

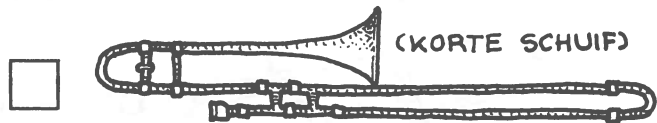
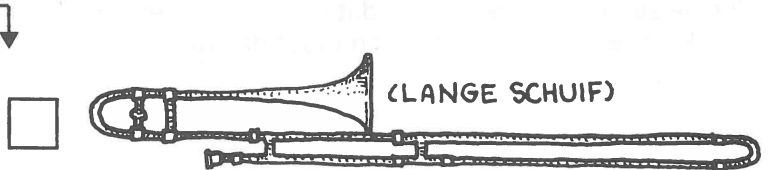
---

28. Je ziet hieronder een tekening van een trombone of 'schuiftrompet'.



Bij welke stand van de schuif krijg je de hoogste toon?

Kruis aan:

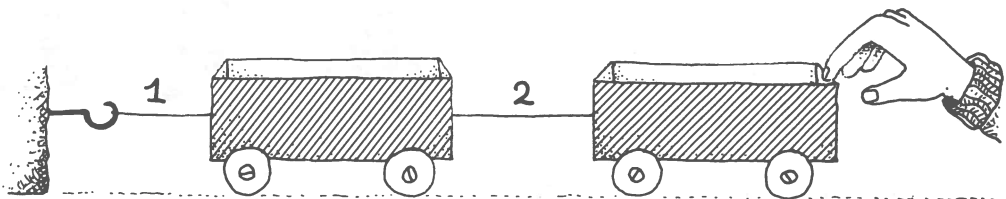


Licht je keuze toe (bijvoorbeeld door een ander instrument te noemen waarbij net zo iets gebeurt).

---

---

29. Een groepje leerlingen is bezig met een onderzoek naar traagheid. Ze hebben een opstelling gemaakt met twee gelijke karretjes en twee gelijke touwtjes.



a. Voorspel wat er gebeurt als ze een plotselinge ruk aan het rechter wagentje geven.

☐

waarschijnlijk knapt touwtje 1

☐

waarschijnlijk knapt touwtje 2

☐

je kunt niets zeggen over de kans dat 1 of 2 knapt

Licht je antwoord toe.

---

---

b. Voorspel wat er gebeurt als ze langzaam, steeds harder aan het rechter karretje trekken.

☐

waarschijnlijk knapt touwtje 1

☐

waarschijnlijk knapt touwtje 2

☐

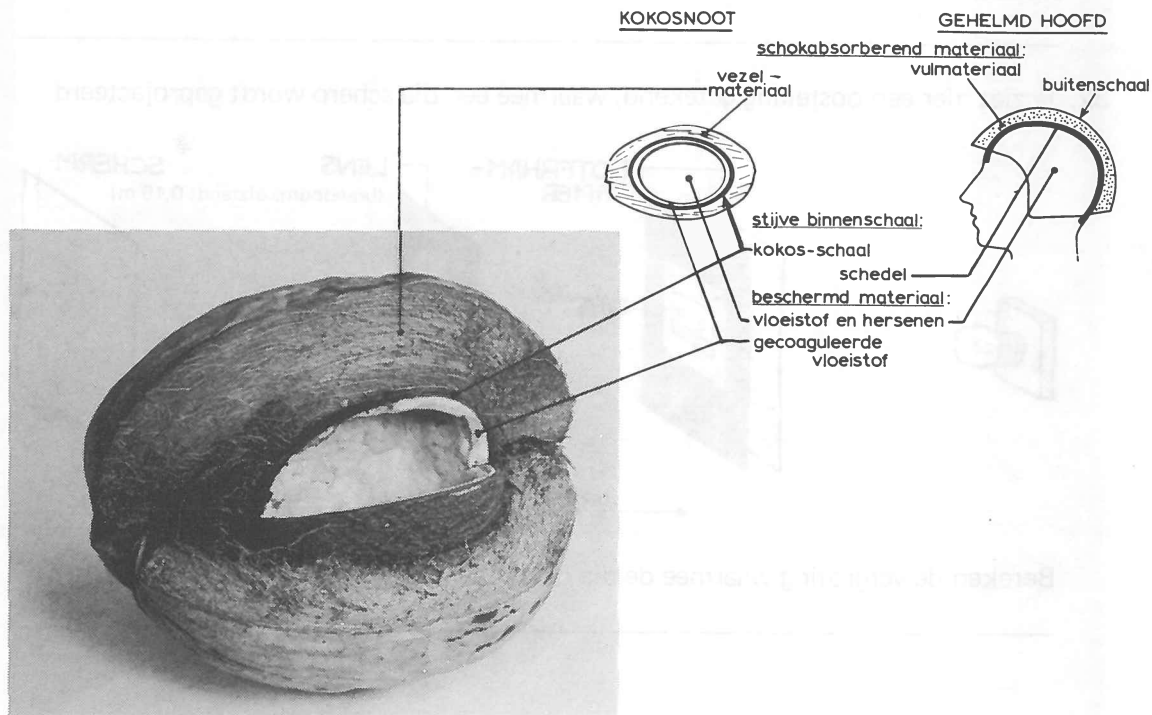
je kunt niets zeggen over de kans dat 1 of 2 knapt

Licht je antwoord toe.

---

---

**30.** In de klas wordt een bromfietshelm vergeleken met een kokosnoot.



Caspar zegt: 'Zo'n bromfietshelm is eigenlijk een combinatie van een kooiconstructie en een kreukzone.' Hanneke vindt dat de helm alleen een kreukzone bevat.

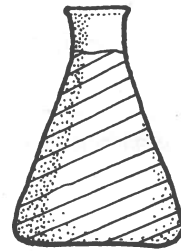
Geef kort aan met wie je het eens bent en waarom: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

31. Hier zijn twee vazen getekend.



A



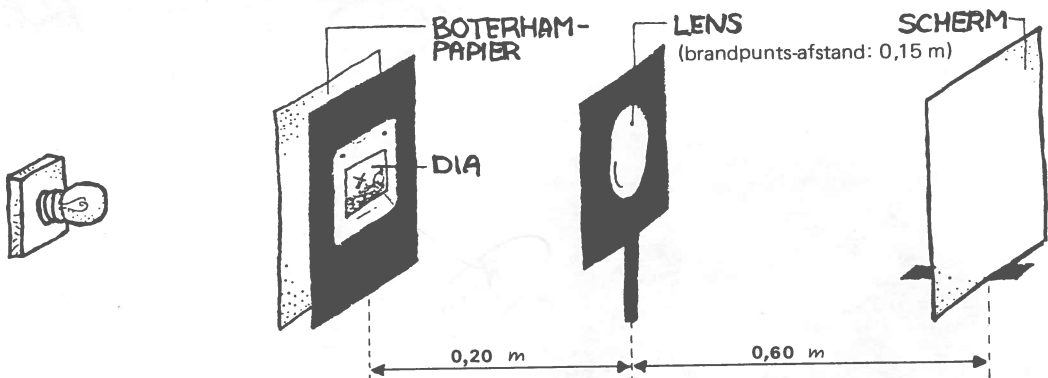
B

Iedereen weet wel dat vaas A makkelijker omvalt dan vaas B. De natuurkunde heeft daarvoor een verklaring.

Geef deze verklaring en gebruik daarbij de woorden 'zwaartepunt' en 'grondvlak'.

\_\_\_\_\_

32. Je ziet hier een opstelling getekend, waarmee een dia scherp wordt geprojecteerd.



Bereken de vergroting waarmee de dia op het scherm wordt afgebeeld.

\_\_\_\_\_

33. Iemand wil de toren van de Nieuwe Kerk in Delft helemaal (en toch zo groot mogelijk) op de foto krijgen.

**Gegevens**

torenhoogte: 108 meter

brandpuntsafstand lens: 50 mm

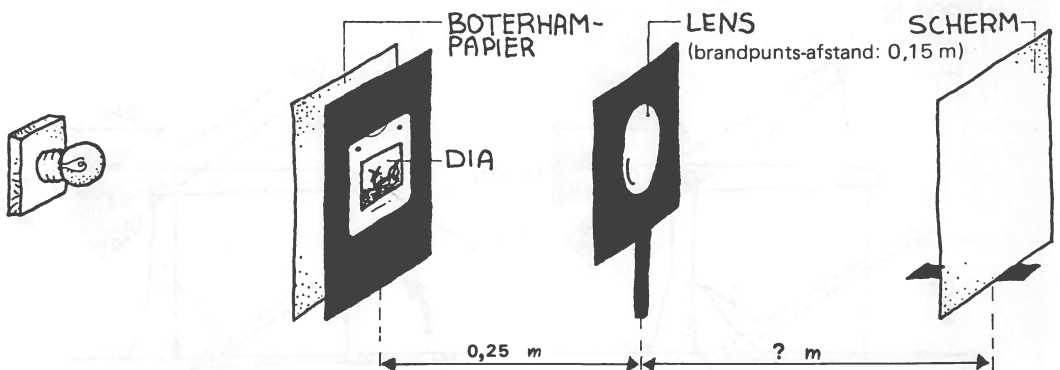
negatiefhoogte: 36 mm

Op welke afstand van de toren moet zij de foto nemen?

---



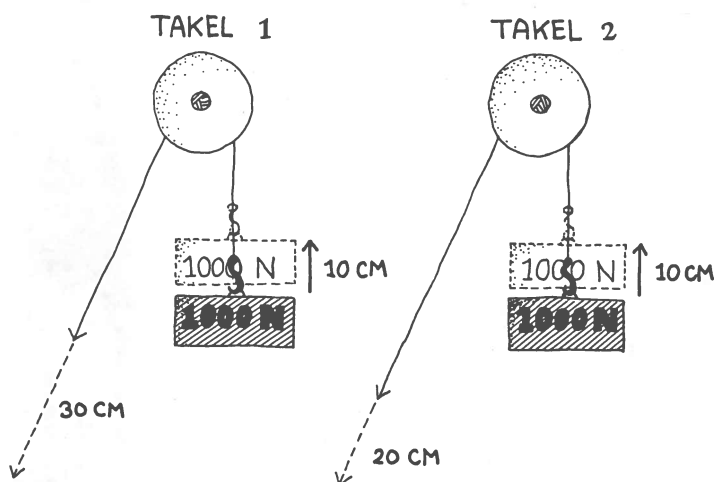
34. Iemand wil een dia projecteren met de hieronder getekende opstelling.



Bereken op welke afstand het scherm moet staan om een scherp beeld te krijgen.

---

35. In de takels 1 en 2 zitten verschillende overbrengingen. Met beide takels wordt een gewicht van 1000 N over een afstand van 10 cm opgehesen.



Bij takel 1 wordt de hijslijn 30 cm naar beneden getrokken; bij takel 2 over een afstand van 20 cm.

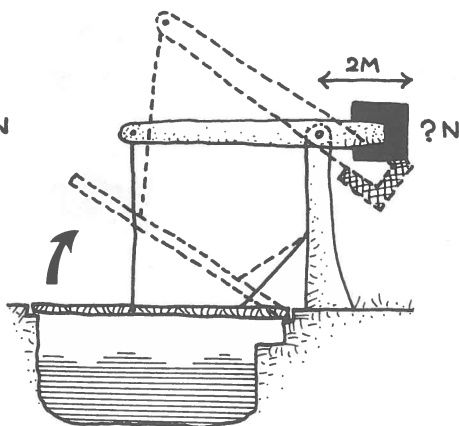
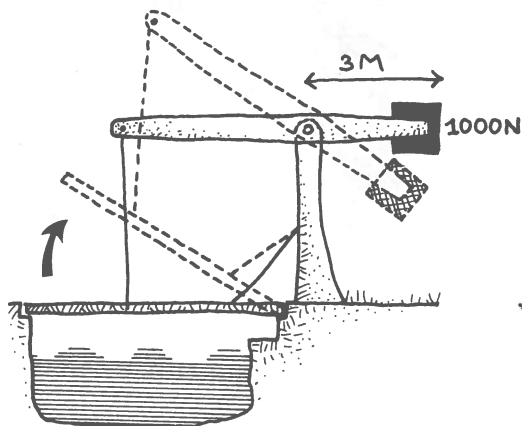
Bij welke takel moet de meeste arbeid verricht worden, of moet in beide gevallen evenveel arbeid verricht worden?

Licht je antwoord toe.

36. Vergelijk de twee volgende brugontwerpen:

Bij de linker brug is de afstand tussen draaipunt en tegenwicht 3 meter. Het tegenwicht van de linker brug is 1000 N.

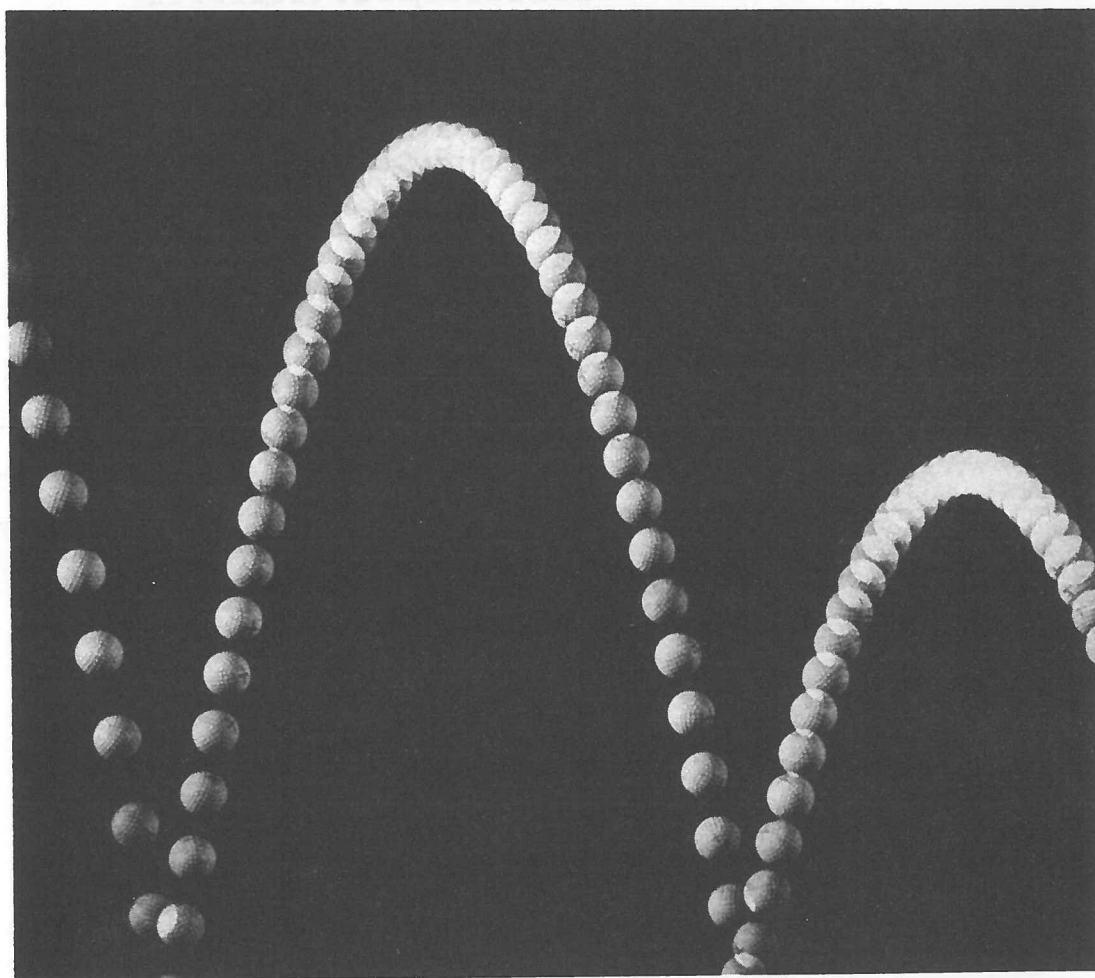
Bij de rechter brug is de afstand tussen draaipunt en tegenwicht 2 meter.



Hoe groot moet het tegenwicht bij de rechter brug zijn (alle andere brugdelen van beide bruggen zijn even zwaar)?

---

37. Je ziet hier een stroboscopische foto van een stuitend balletje.



Geef met een pijltje aan, waar de snelheid van het balletje volgens jou het grootst is. Leg nu je antwoord uit door achtereenvolgens te beschrijven:

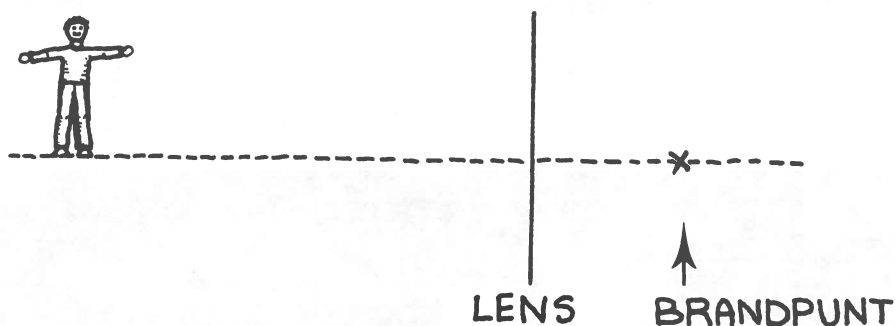
a. wat een stroboscopische foto precies is: \_\_\_\_\_

en

b. hoe je uit een stroboscopische foto iets kunt concluderen over snelheid: \_\_\_\_\_



38. Teken het beeld dat de lens vormt van het poppetje.



Je hebt nu met de bijzondere bundeltjes gevonden op welke plaats het beeld van de pop komt. Deze uitkomst kun je controleren met de lenzenformule.

Bereken de afstand van de lens tot het beeld en schrijf je berekening nauwkeurig en volledig op.

(De benodigde gegevens kun je met je liniaal uit de tekening opmeten; de tekening is op ware grootte.)

---

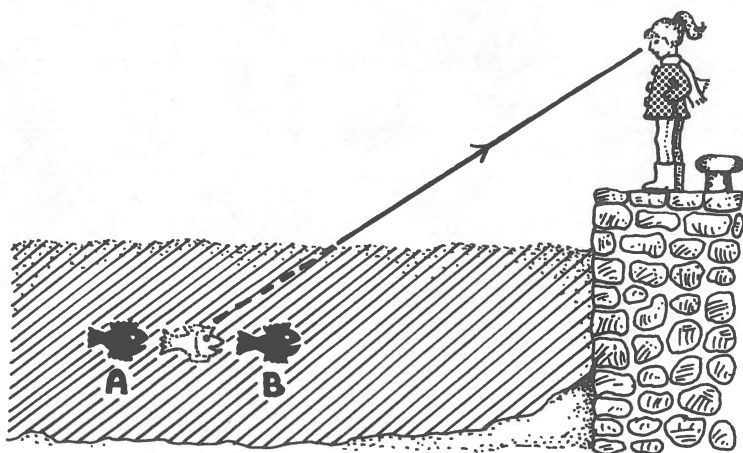


---



---

39. Liselot ziet een vis zwemmen op de plaats die hieronder met een gestippeld visje is aangegeven.



Door de breking van het licht aan het wateroppervlak ziet het meisje de vis ergens anders, dan waar de vis werkelijk is.

Bevindt de vis zich in werkelijkheid op plaats A of plaats B?

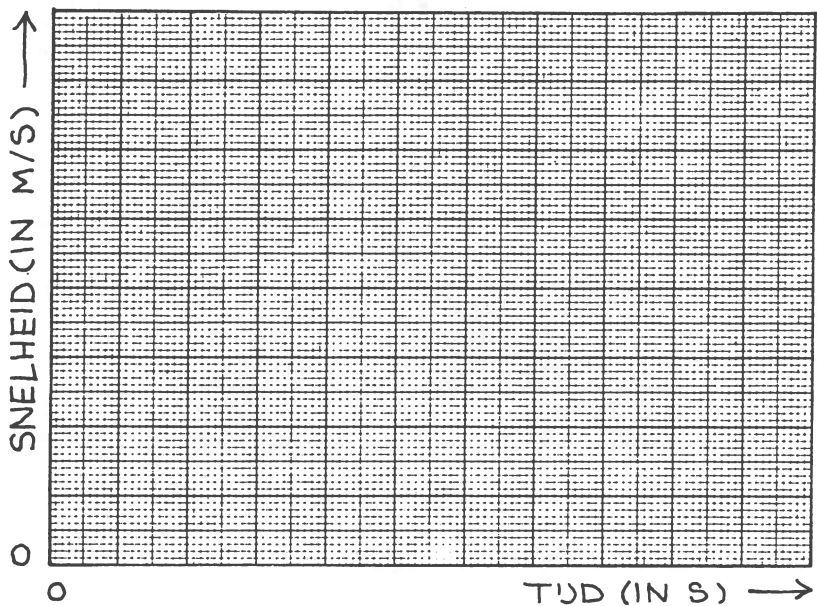
Kruis aan:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |

40. Een groepje leerlingen zit bij hun leraar in de auto om de versnelling en de remvertraging van de auto te onderzoeken. Elke 2 s lezen ze de snelheid af. Daarna maken ze deze tabel:

| tijd<br>(in s) | snelheid<br>(in km/h) | snelheid<br>(omgerekend in m/s) |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|
| 0              | 0                     | 0                               |
| 2              | 25                    | 7                               |
| 4              | 40                    | 11                              |
| 6              | 50                    | 14                              |
| 8              | 55                    | 15                              |
| 10             | 55                    | 15                              |
| 12             | 50                    | 14                              |
| 14             | 40                    | 11                              |
| 16             | 20                    | 5,5                             |
| 18             | 10                    | 2,8                             |
| 20             | 0                     | 0                               |

- a. Teken een grafiek van deze resultaten.  
 De snelheid langs de verticale as, de tijd langs de horizontale as.  
 (Zorg ervoor, dat deze grafiek zoveel mogelijk het gehele ruitjespapier beslaat).



- b. Bereken de versnelling van de auto tijdens de eerste 5 s.  
 Schrijf je berekening op. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

c. Gedurende welke tijd heeft de auto de grootste vertraging gehad?

\_\_\_\_\_

Hoe kun je dat uit de grafiek aflezen?

\_\_\_\_\_

Bereken deze vertraging.

\_\_\_\_\_

d. Maak een schatting van hoe groot de afstand is die de auto tijdens de hele proef heeft afgelegd.

\_\_\_\_\_

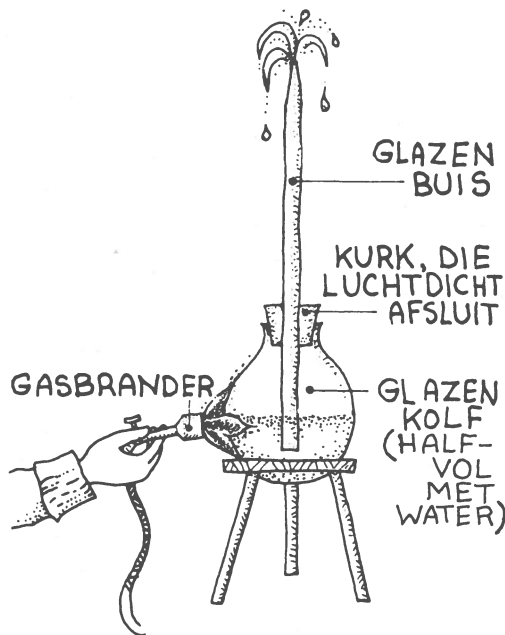
Leg uit hoe je aan deze schatting komt.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

41. Een groepje leerlingen demonstreert voor de klas een tuinfontein, nagebouwd uit de zestiende eeuw:



Als de gasvlam onder de kolf gehouden wordt, spuit het water eruit. Ze vragen aan de klas een verklaring. Wat zou jij antwoorden?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

42. Een veiligheidsgordel die niet uitrekt bij een botsing is bijna even gevaarlijk als géén veiligheidsgordel.  
Leg uit waarom een goede veiligheidsriem **moet** uitrekken bij een botsing om de veiligheid van de passagier te vergroten.

---

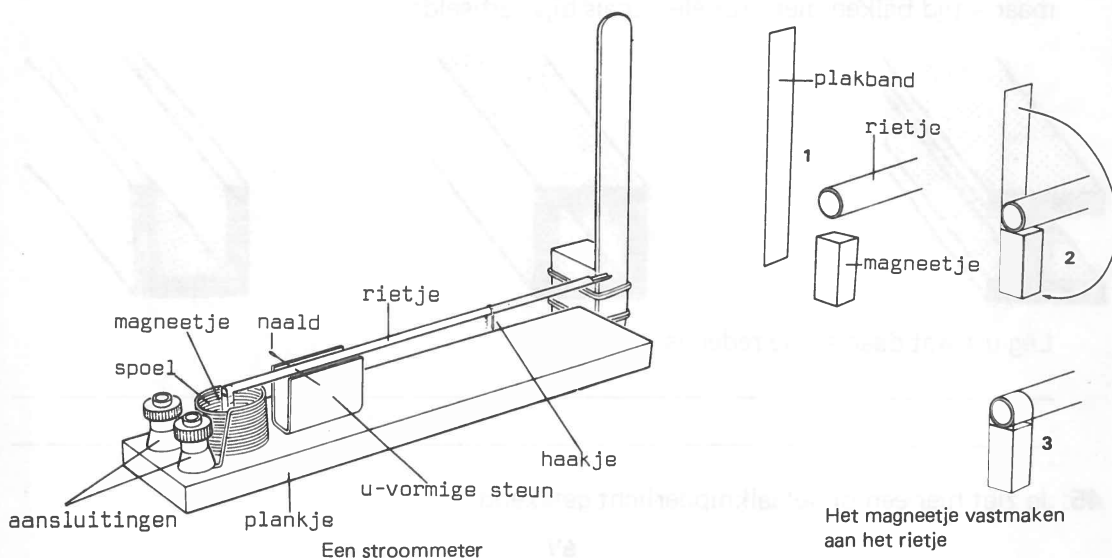


---



---

43. Dit is de bouwtekening van een eenvoudige stroommeter.



De volgende vragen gaan over de werking van deze meter.

- a. Waarvoor dient het haakje dat aan het rietje hangt?
- b. De stroom door de spoel wordt nu aangesloten. Het magneetje beweegt in dit geval naar beneden. Hoe verklaar je dat het magneetje beweegt?
- c. Wat zal er gebeuren als je de stroom door de spoel vervolgens groter maakt?
- d. Bij gebrek aan een magneetje wil iemand een blokje ijzer gebruiken. Zal de stroommeter daarmee ook werken?

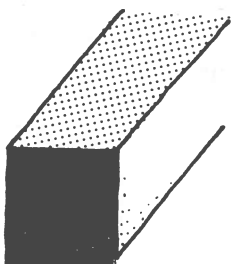
Licht je antwoord toe.

---

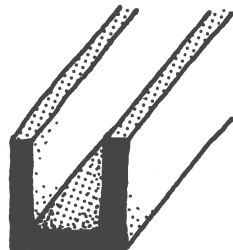
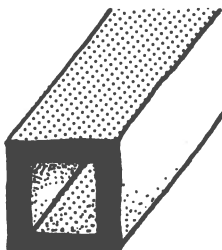
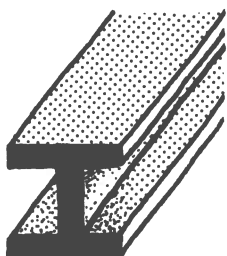


---

44. In bouwwerken en constructies gebruikt men nooit stalen balken met deze vorm:



maar altijd balken met profielen zoals bijvoorbeeld:



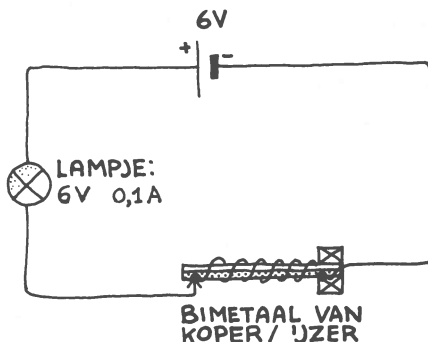
Leg uit wat daarvan de reden is.

---



---

45. Je ziet hier een bimetaalknipperlicht getekend.



Deze schakeling moet nu zo veranderd worden dat het licht sneller gaat knippen. Je kunt kiezen uit drie veranderingen. Kruis de juiste aan:

een andere batterij: 4,5V

☐

een ander lampje: 6V, 0,2A

☐

een ander bimetaal: koper/nichroom

☐

(Zoek de benodigde gegevens over de verschillende stoffen op. Op het eindexamen wordt zo nodig een tabel met dit soort gegevens bijgeleverd.)

46. In welke richting trekt het uiteinde van de getekende bimetalen krom als je de temperatuur *verlaagt*?  
 (Zoek de benodigde gegevens over de verschillende stoffen op. Op het eindexamen wordt zo nodig een tabel met dit soort gegevens bijgeleverd.)

Geef je antwoord telkens met een pijl aan (  $\uparrow$  of  $\downarrow$  ):

**A**

**BIMETAAL**  
 BOVEN: KOPER  
 ONDER: NICHROOM

pijl:

**B**

**BIMETAAL**  
 BOVEN: NICHROOM  
 ONDER: IJZER

pijl:

47. Van de bij vraag 46 getekende bimetalen moet je nu de gevoeligste kiezen.  
 Een bimetaal is gevoelig als het al bij een kleine temperatuurverandering flink kromtrekt.

Kruis aan, welk bimetaal het gevoeligst is:

|               |                          |
|---------------|--------------------------|
| A             | <input type="checkbox"/> |
| B             | <input type="checkbox"/> |
| even gevoelig | <input type="checkbox"/> |

Licht je keuze toe met één korte zin.

---

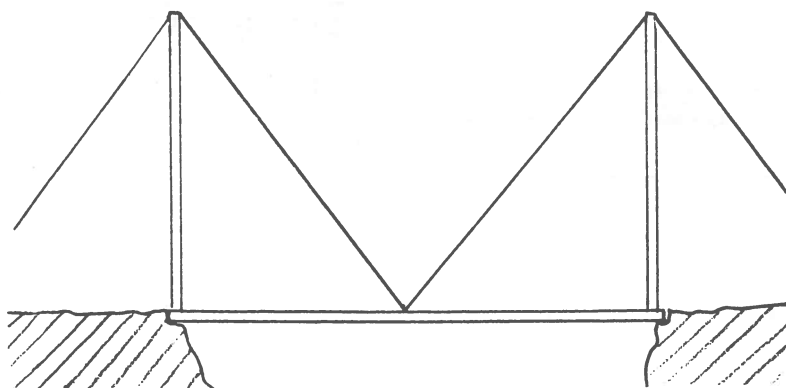
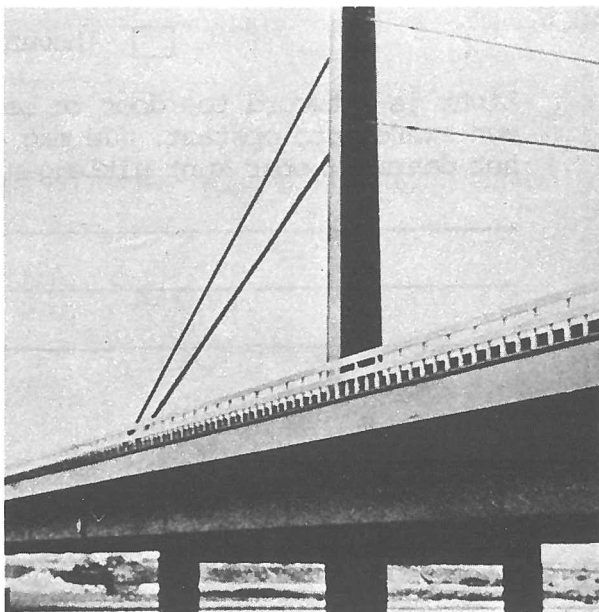


---

**48.** Hiernaast zie je een foto van een tuibrug. Deze vraag gaat over de hoogte van de masten waaraan de tuikabels 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.)




---

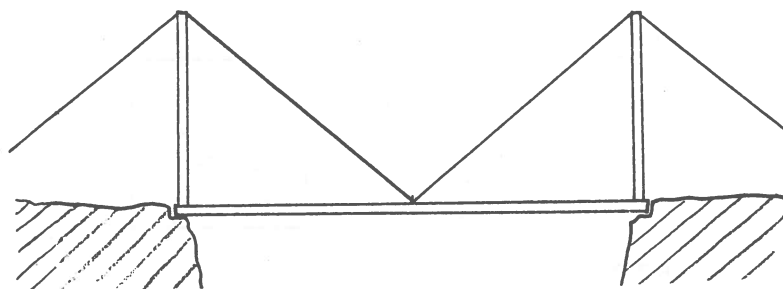
---

---

---

---

---




---

---

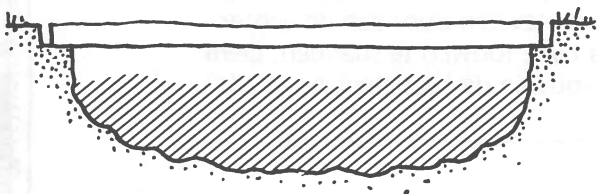
---

---

---

---

49. Deze plaatbrug wil men van beton maken.



Omdat beton niet genoeg trekspanning kan opvangen, moet de brug met een ijzeren staaf verstevigd worden.

Waar moet de ijzeren staaf volgens jou worden aangebracht?

Kruis aan: 

☐ (ONDERIN) 

☐ (BOVENIN) 

Licht je antwoord toe door te beschrijven wat er met de brug gebeurt als er een zware auto op staat. (Je mag er ook een tekeningetje bij maken als je het daarmee beter kunt uitleggen.)

---



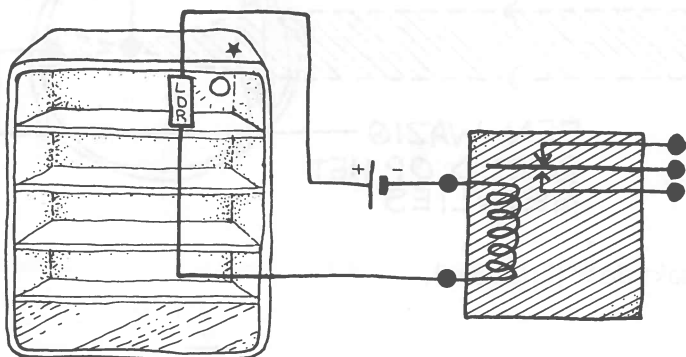
---



---

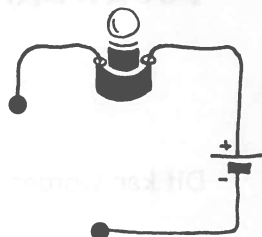
50. Een groepje leerlingen wilde controleren of het lampje in de ijskast wel uit gaat als ze de ijskastdeur dicht doen.

Maak hun schakeling hieronder af: zo, dat het controlelampje **aan** gaat als het ijskastlampje **uit** gaat.



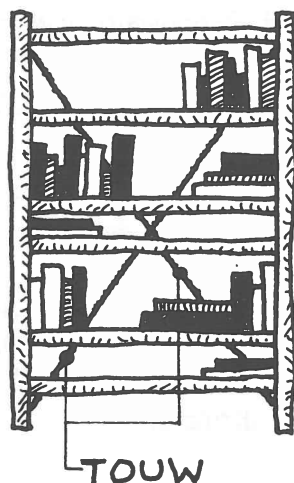
 LDR: grote weerstand in donker, kleine weerstand als er licht opvalt.

CONTROLELAMPJE





51. Anne heeft een boekenkast getimmerd, die uit 2 zijanten en een paar planken bestaat. Ze wil de kast nu nog verstevigen door aan de achterkant kruiselings twee touwen te spannen. Denk jij dat door die touwen de kast steviger wordt?



Licht je antwoord toe. Vertel daarbij of er duw- en trekkrachten in de twee touwen optreden, als iemand van opzij tegen de kast zou leunen.

52. Bij een heldere nacht is de kans op nachtvorst groter dan bij een bewolkte hemel. Verklaar dit. Gebruik hierbij één van de woorden: '*straling*', '*stroming*', '*geleiding*'.

53. Hieronder is getekend de stralengang die door een bijziend oog loopt. Zonder bril ziet iemand met zo'n oog een voorwerp op grote afstand onscherp.



Dit kan worden veroorzaakt door (kruis aan):

een te platte ooglen

☐

een te bolle ooglen

☐

Wat voor lens moet een bril hebben om met dit oog toch een ver weg gelegen voorwerp scherp te kunnen zien? (kruis aan:)

holle lens

bolle lens

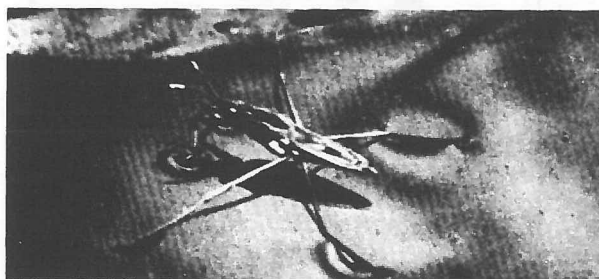
|                          |
|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> |

- 54.** Buiten is het koud. In de kamer is het warm. De ruiten 'beslaan', d.w.z. er vormen zich kleine druppeltjes op de ruiten. Zitten die druppeltjes aan de buitenkant of aan de binnenkant?

Het water van de druppeltjes bevond zich eerst als waterdamp in de lucht. Leg uit hoe het komt dat bij de ruit wél en ergens anders niet die druppeltjes ontstaan.

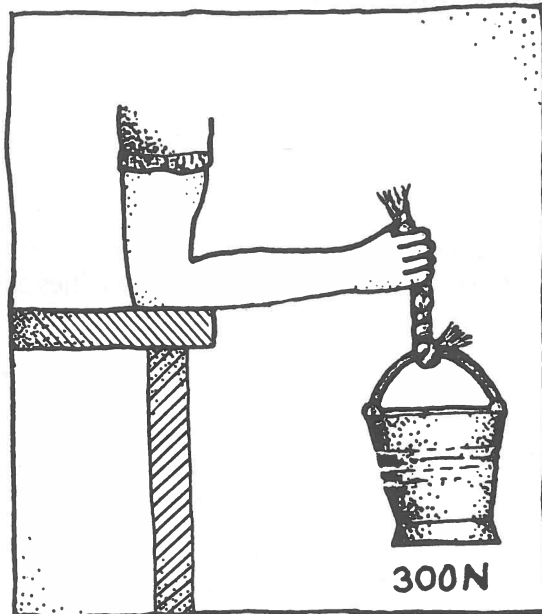
Hoe verklaar je dat dubbele ramen minder snel beslaan dan enkele ramen?

- 55.** Sommige insecten lopen op water.

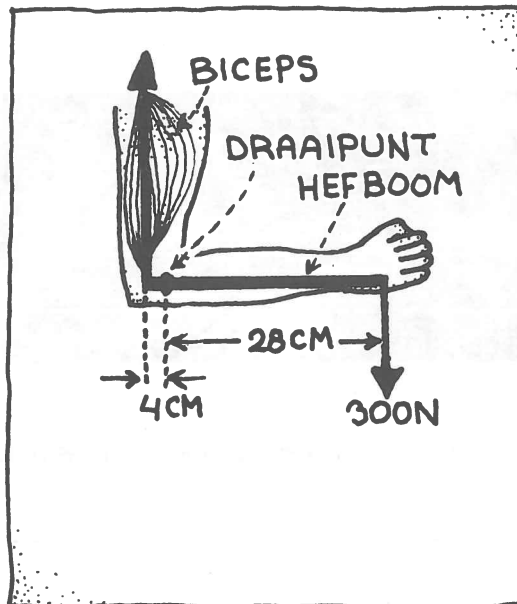


Wat gebeurt er met het insect als je een druppeltje afwasmiddel op dat water laat vallen?

56. Met deze proef kun je meten hoe sterk je bovenarmspier (de biceps) precies is.



Eigenlijk is de onderarm een hefboom zoals je aan deze schematische tekening kunt zien:



Joost kon op deze manier een gewicht van 300 N vasthouden. Bereken nu met de Momentenwet hoeveel kracht de biceps van Joost op zijn onderarm uitoefende (gegevens in de tekening hierboven).

**57.** Het vermogen van je eigen lichaam kun je bepalen door een zak zand 20x snel op te tillen.

a. Welke drie grootheden moet je precies meten?

---

---

---

b. Laat zien hoe je met deze drie gemeten grootheden het vermogen van je lichaam kunt berekenen. (Je kunt een getallenvoorbeeld geven of het met de symbolen uit de formules laten zien.)

---

---

---

c. Hoe groot schat jij het vermogen van een menselijk lichaam ongeveer?

Kruis aan:

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| 6 W    | <input type="checkbox"/> |
| 60 W   | <input type="checkbox"/> |
| 600 W  | <input type="checkbox"/> |
| 6000 W | <input type="checkbox"/> |

**58.** Als je bezweet op de tocht gaat zitten, koel je veel sterker af dan wanneer je droog op de tocht zit.

Verklaar dit door te vertellen wat er met het zweet gebeurt.

---

---

**59.** Noem 4 manieren om in school energie te besparen:

1. 

---
2. 

---
3. 

---
4. 

---

Welke van de door jou genoemde manieren levert de grootste besparing op, denk je?

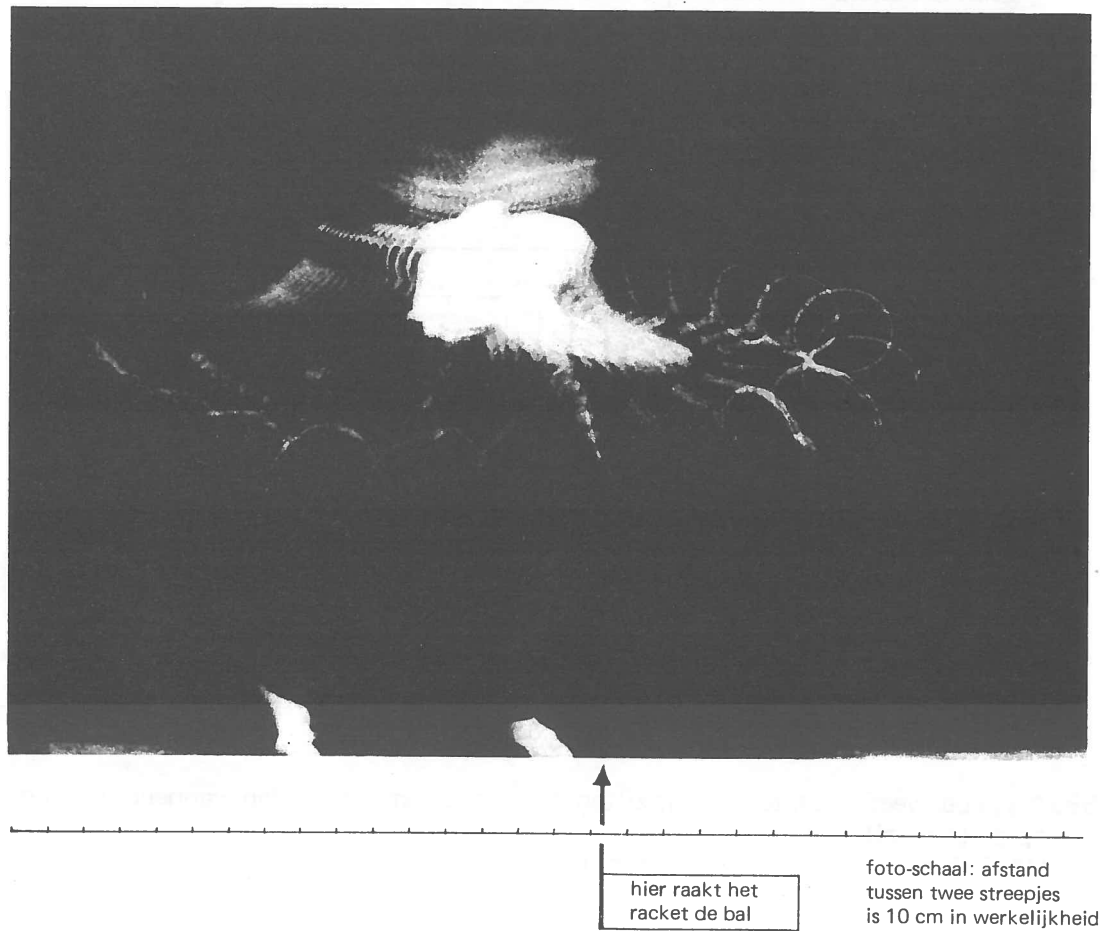
---

Geef een argument voor deze keuze.

---

---

60. Hier zie je een stroboscopische foto van een tennisspeelster. Uit deze foto (en de gegevens die eronder staan) kun je bepalen, welke snelheid het racket had, toen het de bal raakte.



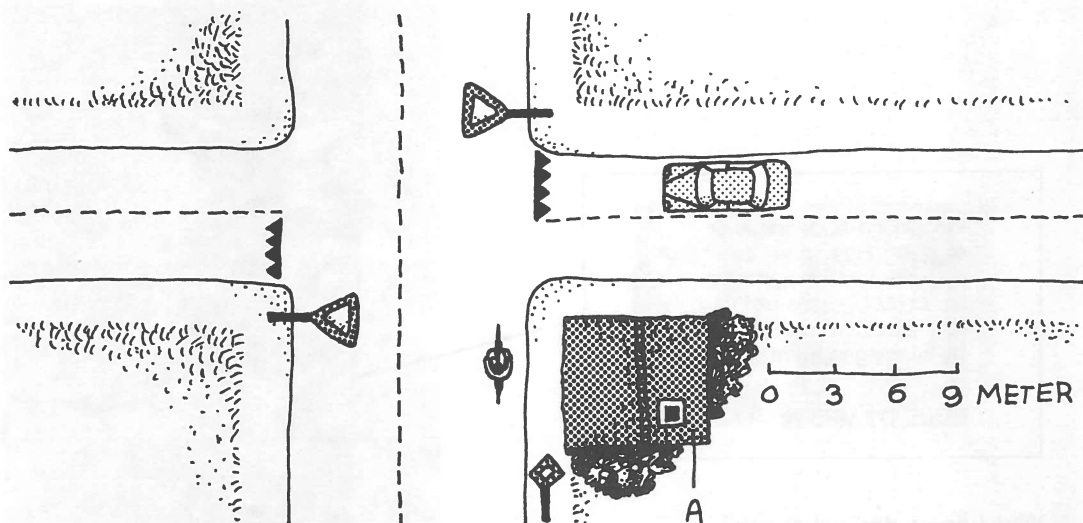
De tijd tussen twee lichtflitsen: 1/60 seconde.  
Bepaal de snelheid van het racket, juist voordat dit de bal raakt.

---

---

---

61. Veel auto's rijden te hard als ze een kruispunt naderen. Deze vragen zijn bedoeld om de snelheid te bepalen waarmee een auto de getekende voorrangskruising veilig kan naderen.



De auto moet zo'n snelheid hebben, dat hij nog kan stoppen als hij de fietser achter het huis A tevoorschijn ziet komen.

- a. Bepaal uit de tekening op welke afstand van de stopstreep de auto de fietser voor het eerst kan zien. Dit is de plaats waar de auto getekend is. (1 cm in de tekening is 3 meter in werkelijkheid.)

De auto moet binnen deze afstand tot stilstand kunnen komen.

- b. Bereken de maximum snelheid die de auto kan hebben, zodat hij nog voor de stopstreep tot stilstand kan komen. De remvertraging van de auto is  $6,2 \text{ m/s}^2$ . Je hoeft geen rekening te houden met de reactietijd van de bestuurder. Schrijf je berekening op.

---

---

---

---

---

---

62. Het is gevaarlijk om een spuitbus (met haarlak bijvoorbeeld) in de zon te laten liggen.



Wat kan er dan gebeuren?

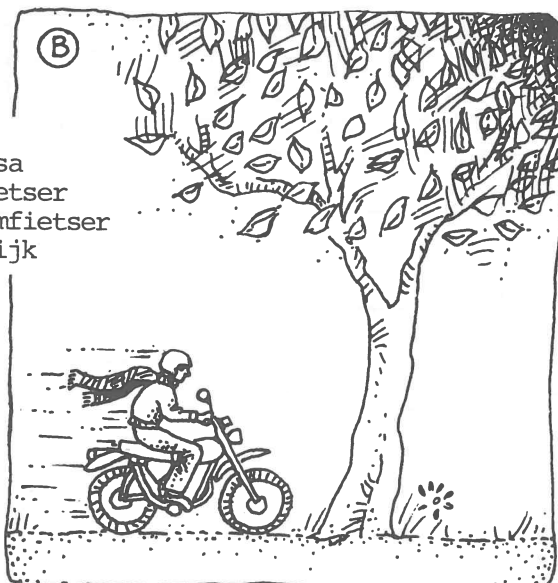
Hoe verklaar je dat?

63. Deze opgave gaat over de vraag waarom bromfietzers wel en fietsers niet verplicht een helm moeten dragen.



snelheid voor de  
botsing: 15 km/h

de massa  
van fietser  
en bromfietser  
is gelijk



snelheid voor de  
botsing: 30 km/h

De snelheid van de bromfietser is 2x zo groot als die van de fietser. Zet een kruisje bij de juiste uitspraak over de kracht die fietser en bromfietser bij de botsing voelen:  
**'De kracht die de bromfietser voelt is ongeveer**

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| <i>twee keer</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>vier keer</i> | <input type="checkbox"/> |

**zo groot als de kracht die de fietser voelt.'**

Laat met behulp van een bewegingswet zien dat jouw antwoord juist is.

---

---

---

- 64.** Er zijn mensen die hun baby niet in de armen willen houden als ze in een auto zitten, omdat hij dan bij een botsing uit hun armen vliegt. In deze vraag ga je uitzoeken of dat waar is.

Eerst bereken je welke kracht je armen moeten uitoefenen om bij een botsing de baby tegen te houden.

- a. De baby heeft een massa van 6 kg.

Bij de botsing komt de auto in 0,05 s tot stilstand. Zijn beginsnelheid was 40 km/h. Bereken de kracht die nodig is om de baby vast te houden. Schrijf je berekening op.

---

---

---

---

Vervolgens ga je berekenen hoe snel je armspieren moeten reageren. Met andere woorden: in welke tijd de baby tegen de voorruit is gevlogen.

- b. De afstand van de baby tot de voorruit is 60 cm. Na welke tijd botst de baby tegen de voorruit? Je mag er bij je berekening van uitgaan dat de baby nog helemaal niet wordt tegengehouden door je armen.

De snelheid van de auto is weer 40 km/h. Schrijf je berekening op.

---

---

---

---

Nu kun je de resultaten van je berekeningen vergelijken met wat je lichaam aan kracht en reactiesnelheid kan leveren.



c. Hoe groot schat jij de kracht in je armen?

Kruis aan:

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| 2000 N | <input type="checkbox"/> |
| 1000 N | <input type="checkbox"/> |
| 500 N  | <input type="checkbox"/> |

d. Hoe groot schat jij jouw reactietijd?

Kruis aan:

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| 2,0 s  | <input type="checkbox"/> |
| 1,0 s  | <input type="checkbox"/> |
| 0,1 s  | <input type="checkbox"/> |
| 0,01 s | <input type="checkbox"/> |

e. Welke conclusie trek je nu: is het wel of niet waar, dat een baby bij een auto-botsing uit je armen vliegt?

---

## Creatief-inzichtvragen

65. Als iemand beschrijft hoe hij ademhaalt, zegt hij meestal zoiets als: 'Ik zuig de lucht eerst naar binnen en dan blaas ik hem uit.' In een natuurkundige verklaring van de ademhaling worden de woorden 'naar binnen zuigen' en 'uitblazen' niet gebruikt. Leg uit hoe de longen ervoor zorgen dat de lucht naar binnen en naar buiten stroomt. Gebruik de natuurkundewoorden '*druk*' en '*volume*'.

---

---

---

66. Beschrijf hoe je met een proef de brandpuntsafstand van een bolle lens kunt bepalen.

---

---

---

---

---

67. Hoe kun je zelf het rendement bepalen van het aan de kook brengen van water op een elektrisch fornuis?  
Beschrijf welke metingen je daarvoor moet doen en hoe je met die metingen het rendement dan kan berekenen.

---

---

---

---

---

---

---

---

68. Noem drie grootheden waarvan de remweg van een fiets afhangt:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Geef bij elk van deze grootheden aan, hoe je deze volgens jou moet veranderen om de remweg *kleiner* te maken:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Beschrijf nu drie experimenten om van elke grootheid te controleren of het juist is wat je hierboven hebt gezegd (over hoe je die grootheden moet veranderen om de remweg kleiner te maken).

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

69. Leg uit waardoor een auto mét een kreukzone veiliger is voor de inzittenden dan een auto zónder kreukzone.

---

---

Beschrijf een proef waarmee je dit kunt laten zien.

---

---

---

---

---

---

**70.** Je ziet op deze foto een maatregel om de lawaaioverlast voor mensen langs een snelweg te verminderen.



Noem één nadeel van deze manier om lawaaioverlast te bestrijden.

---

---

Noem nu één andere maatregel die men kan nemen om lawaaioverlast langs een snelweg tegen te gaan.

---

---

De maatregel die jij genoemd hebt, heeft waarschijnlijk ook bezwaren. Noem één nadeel van jouw maatregel.

---

---

**71.** In sommige grote gebouwen zit een automatische zonweringsinstallatie. Als de zon schijnt, zakken bij alle ramen aan de buitenkant de zonneschermen naar beneden.  
Hanneke vindt dit energieverspilling.

Noem twee redenen die zij hiervoor kan hebben.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

Welke reden kan de architect van dat gebouw gehad hebben om zo'n zonweringsinstallatie aan te leggen?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**72.** Een van de maatregelen die men neemt om de verkeersveiligheid te vergroten, is het bouwen van auto's met een kreukzone.

a. Leg uit waardoor een auto met een kreukzone veiliger is voor de inzittenden dan een auto zonder kreukzone. Gebruik bij de uitleg in elk geval de woorden: '*vertraging*' en '*kracht*'.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Beschrijf een proef waarmee je dit kunt laten zien.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b. Toch hebben niet alle auto's een kreukzone. Noem hiervoor een reden.

\_\_\_\_\_

c. Noem een andere wijziging in auto's die de verkeersveiligheid vergroot.

\_\_\_\_\_

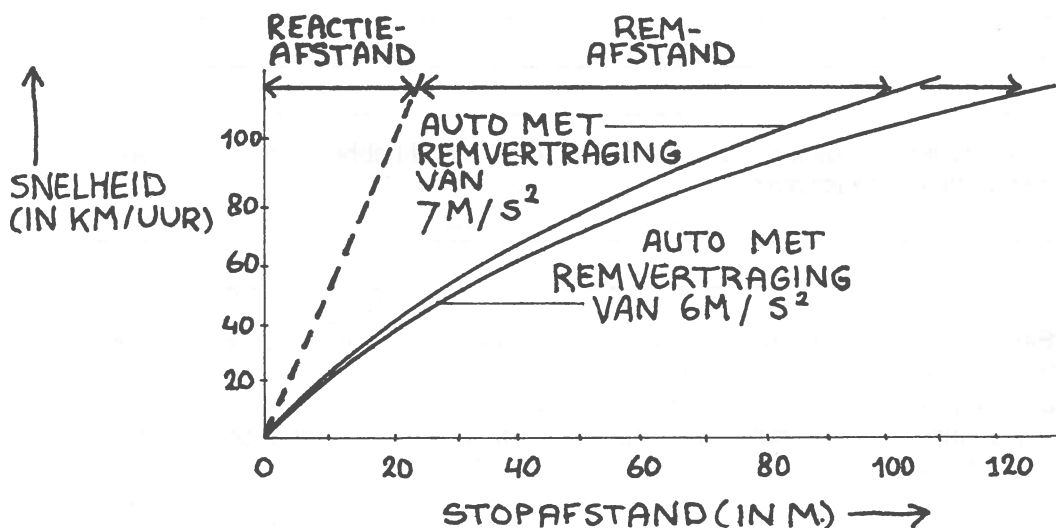
\_\_\_\_\_

## Kritisch-inzichtvragen

**73.** Er worden twee maatregelen voorgesteld om de remweg van auto's op autosnelwegen kleiner te maken:

1. de maximumsnelheid terugbrengen van 100 km/h naar 80 km/h
2. de wettelijk verplichte remvertraging van auto's vergroten van  $6 \text{ m/s}^2$  tot  $7 \text{ m/s}^2$ .

Om te beslissen welke maatregel de kortste remweg oplevert, kun je de volgende grafiek gebruiken:



Welke maatregel kies jij? Kruis aan:

|   |  |
|---|--|
| 1 |  |
| 2 |  |

Laat met een getallenvoorbeeld zien dat de door jou gekozen maatregel inderdaad de kortste remweg oplevert.

---

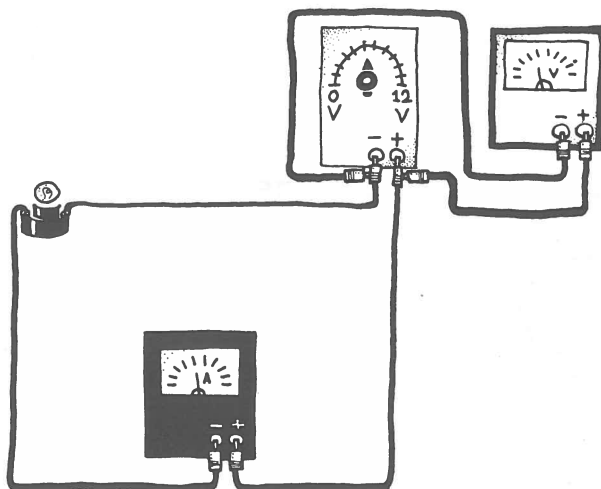


---

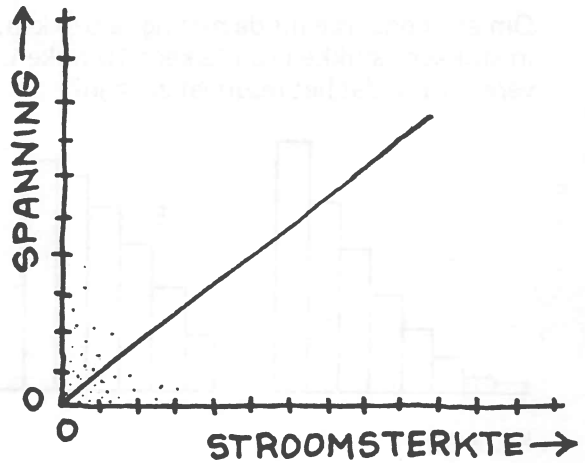


---

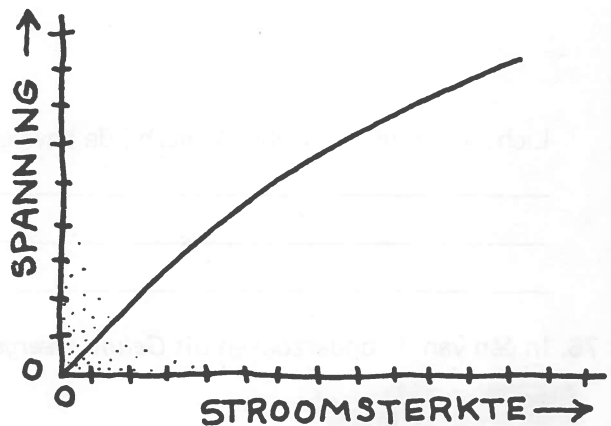
74. Een groepje leerlingen wil uitzoeken hoe de stroom door een lampje afhangt van de spanning. Ze meten daarom in de getekende schakeling de stroomsterkte bij een aantal verschillende spanningen. Van deze meetresultaten gaan ze een grafiek tekenen.



Ze vermoeden dat voor het metalen gloeidraadje in de lamp de wet van Ohm geldt. Daarom verwachten ze een rechte lijn:

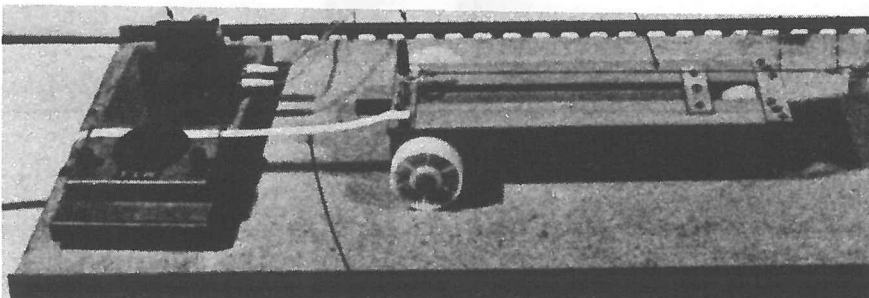


Maar hun meetresultaten leveren iets anders op:

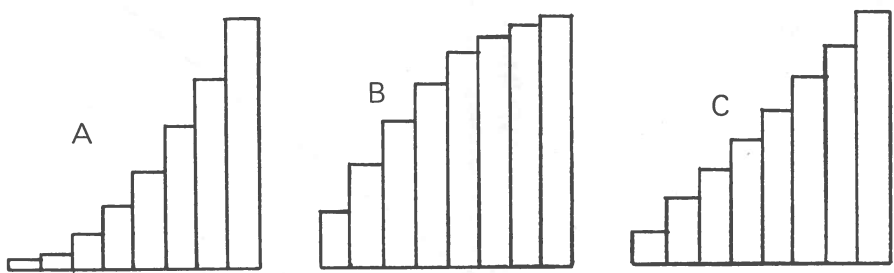


Verklaar de vorm van deze grafiek door te vertellen wat er met het lampje gebeurt als er een steeds grotere stroom door gaat.

75. Om de bewegingswetten te controleren, doet een groepje leerlingen een proefje met een karretje. Het karretje wordt met een steeds even grote kracht voortgetrokken. Het karretje trekt een papierstrook door de tijdtikker.



Om een conclusie uit de meting te trekken, knippen ze de strook uit de tijdtikker in stukken: stukken van telkens 10 tikken. Ze leggen de stroken naast elkaar. Wat verwacht jij dat het resultaat zal zijn?



Kruis aan:

|   |  |
|---|--|
| A |  |
| B |  |
| C |  |

Licht je keuze toe. Gebruik hierbij de bewegingswet  $Ft = m (v_{eind} - v_{begin})$

---

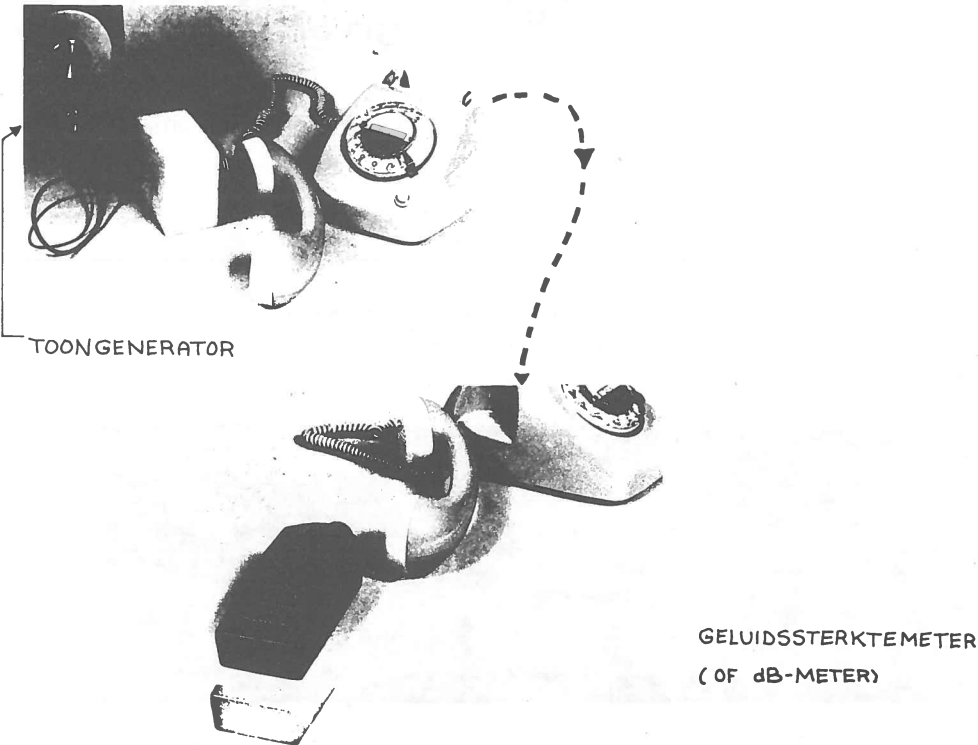


---

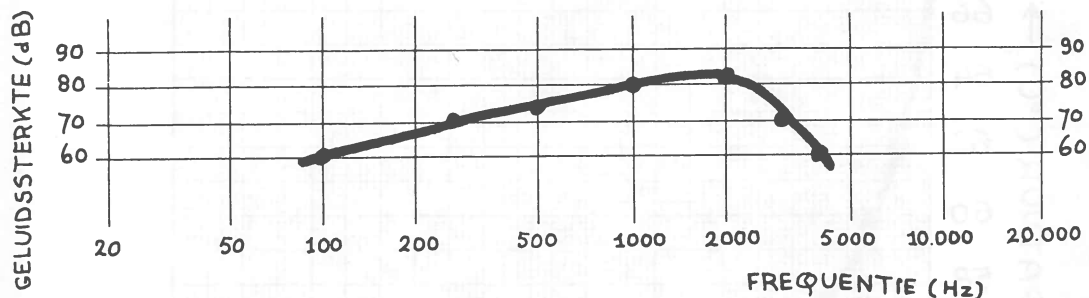


---

76. In één van de onderzoeken uit *Geluid weergeven* kon je de telefoon doormeten.



Het resultaat van dit onderzoek is het diagram dat je hieronder ziet:



frequentiekarakteristiek van een telefoon

De volgende vragen gaan over dit onderzoek en over het diagram.

### Over het onderzoek

Je mag er bij de volgende vragen van uitgaan, dat bij de proef een geluidsbron is gebruikt die bij elke frequentie dezelfde geluidsterkte afgeeft.

a. Welke twee apparaten moet je **aflezen** om één punt in het diagram te krijgen?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

b. Welk apparaat moet je dan vervolgens opnieuw **instellen** om een volgend punt voor je diagram te vinden?

\_\_\_\_\_

### Over het diagram

c. Welke frequentie komt het beste door bij de telefoon? \_\_\_\_\_

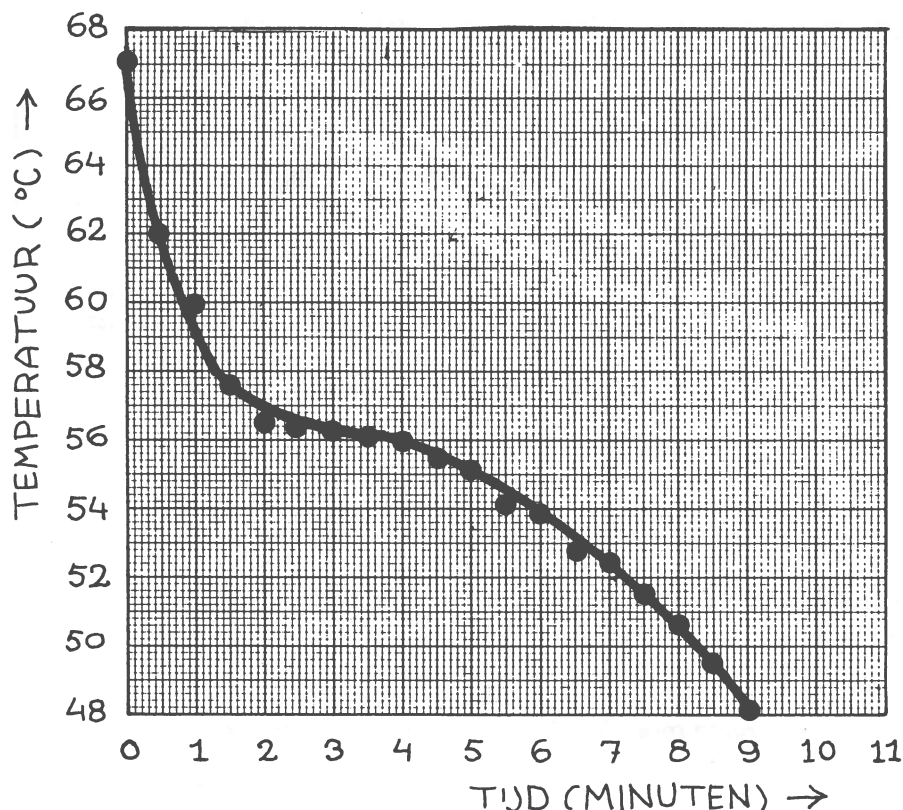
d. Een telefoon is geschikt om de spreekstem over te brengen, maar niet geschikt om muziek over te brengen.

Leg uit hoe je dat met de frequentiekarakteristiek van de telefoon kunt laten zien. (Om dit antwoord te geven, moet je zelf bedenken wat het verschil zal zijn tussen het frequentiebereik van de menselijke stem en het frequentiebereik van de meeste muziek.)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

77. Een groepje leerlingen heeft een stoldiagram opgemeten van kaarsenwas. Nadat ze het glas met was verwarmd hadden tot  $68^{\circ}\text{C}$ , lieten ze het afkoelen. Elke halve minuut werd de temperatuur gemeten.





a. Wat is het smeltpunt van deze was?

---

b. Iemand concludeert uit het diagram: *'De soortelijke warmte van vloeibare was is kleiner dan de soortelijke warmte van vaste was.'*

Laat met een getallenvoorbeeld zien hoe je dit uit het diagram kunt aflezen.

---



---



---

c. Een andere leerling merkt echter op: *'Misschien zijn de soortelijke warmtes van de vloeibare was en de vaste was toch wel hetzelfde. Het verschil in de twee grafiekstukken kan ook komen doordat het temperatuurverschil met de omgeving bij de vaste stof kleiner is.'*

Ben je het eens of oneens met deze veronderstelling? \_\_\_\_\_

Licht je mening toe. \_\_\_\_\_

---



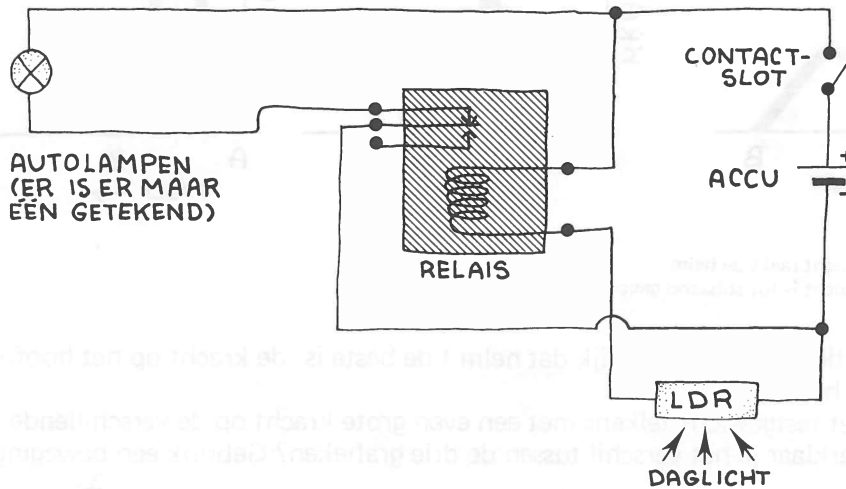
---



---

78. De hier getekende schakeling dient om de autolichten automatisch aan te doen als het donker wordt.

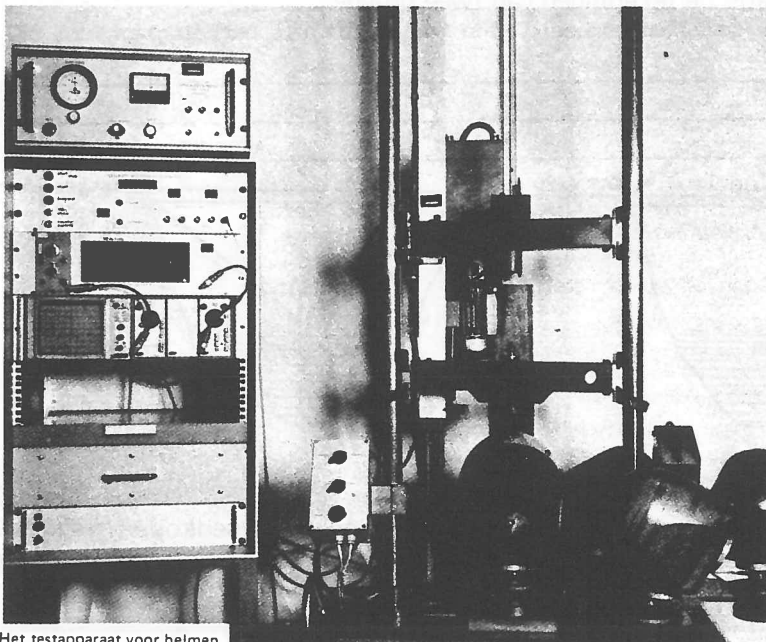
De schakeling heeft echter één gebrek: je kunt niet zelf de lampen aan doen als het nog licht is. En dat is soms wel nodig, bijvoorbeeld bij mist.



Hoe kan je een schakelaar (met aansluitsnoeren) aansluiten om te zorgen dat je ook bij daglicht de autolampen aan kan doen?

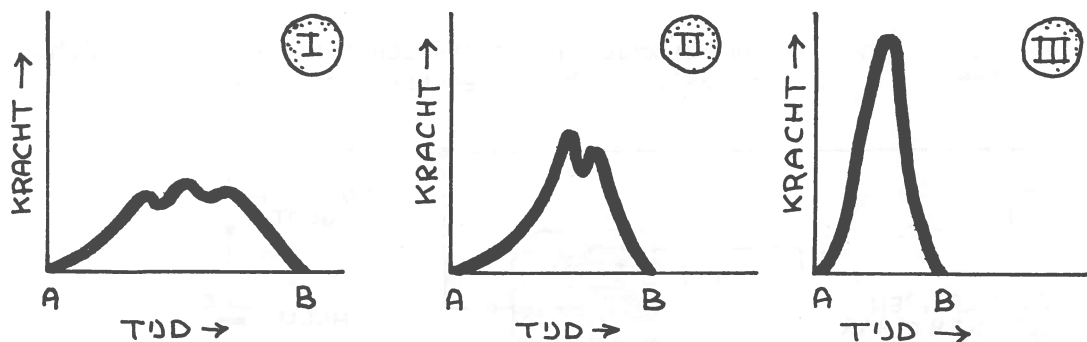
Teken jouw oplossing in het bovenstaande schema.

79. Bij het testen van bromfietshelmen laat men een zwaar gewicht op de helm vallen. Dan wordt in de helm gemeten welke kracht het hoofd door die klap zou voelen.



Het testapparaat voor helmen.

Drie verschillende helmen gaven bij de test de volgende grafieken als resultaat:



punt A: het gewicht raakt de helm  
punt B: het gewicht is tot stilstand gekomen

Uit deze grafieken blijkt duidelijk dat helm I de beste is: de kracht op het hoofd is bij die helm het kleinst.

Toch valt het testgewicht telkens met een even grote kracht op de verschillende helmen. Hoe verklaar je het verschil tussen de drie grafieken? Gebruik een bewegingswet.

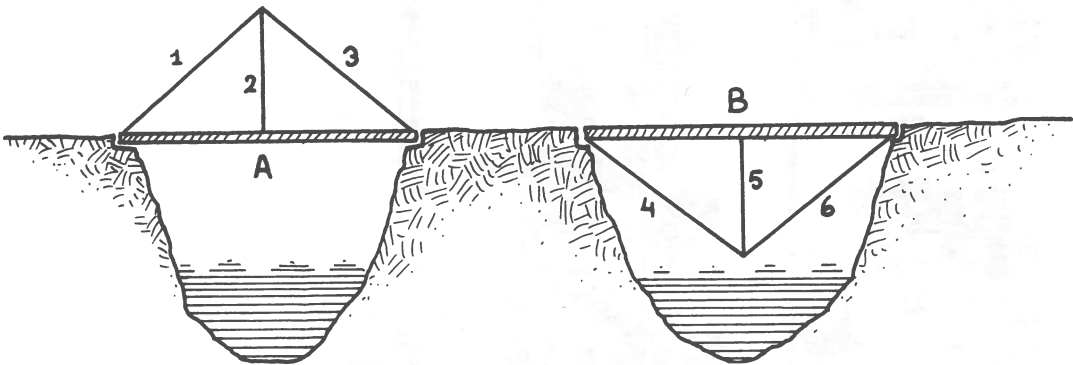
---

---

---

---

80. Je ziet hier schematische tekeningen van twee bruggen.



De genummerde onderdelen zijn gemaakt van stalen balken. Nu hebben we staalkabels die ongeveer even sterk zijn als de balken, maar veel goedkoper. Welke van de balken kunnen we door zo'n kabel vervangen, terwijl de brug toch even stevig blijft?

Je mag meer dan één balk aankruisen:

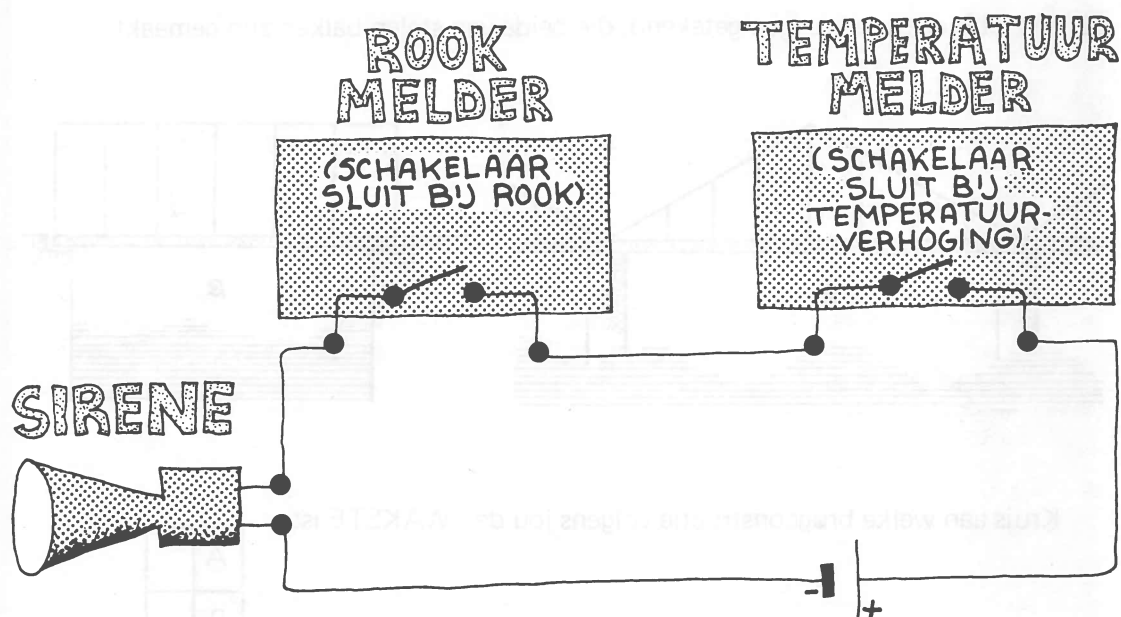
Brug A

|        |  |
|--------|--|
| balk 1 |  |
| balk 2 |  |
| balk 3 |  |

Brug B

|        |  |
|--------|--|
| balk 4 |  |
| balk 5 |  |
| balk 6 |  |

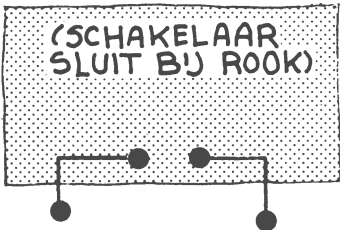
81. Iemand moet een brandalarm maken, dat zowel bij temperatuurverhoging als bij rookontwikkeling waarschuwt.  
In een winkel koopt hij een rookmelder en een temperatuurmelder, waarmee hij de volgende schakeling bouwt:



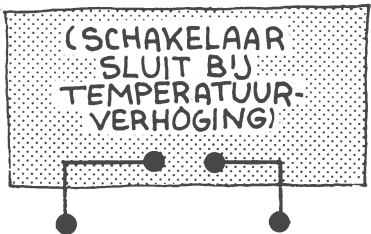
Deze schakeling werkt niet zoals de bedoeling is: de sirene gaat pas loeien als er én rook én temperatuurverhoging is.

Teken hieronder andere verbindingen, zodat de sirene gaat loeien als er óf rook óf een te hoge temperatuur is (bij één van die situaties moet de sirene al gaan werken).

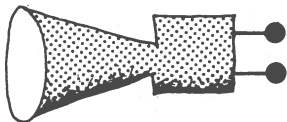
ROOK  
MELDER



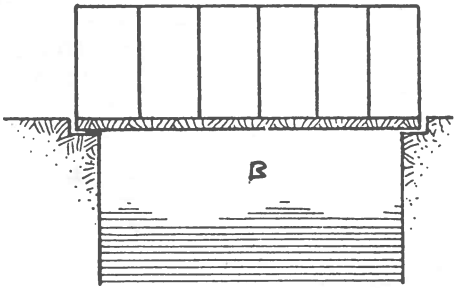
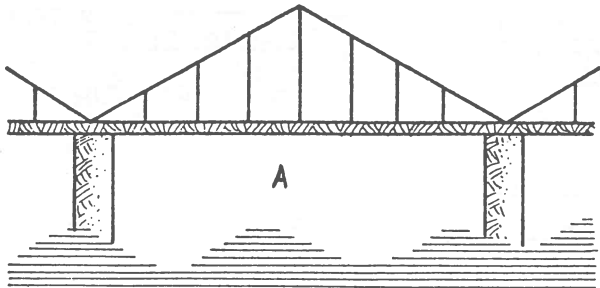
TEMPERATUUR  
MELDER



SIRENE



82. Je ziet hier twee bruggen getekend, die beide van stalen balken zijn gemaakt:



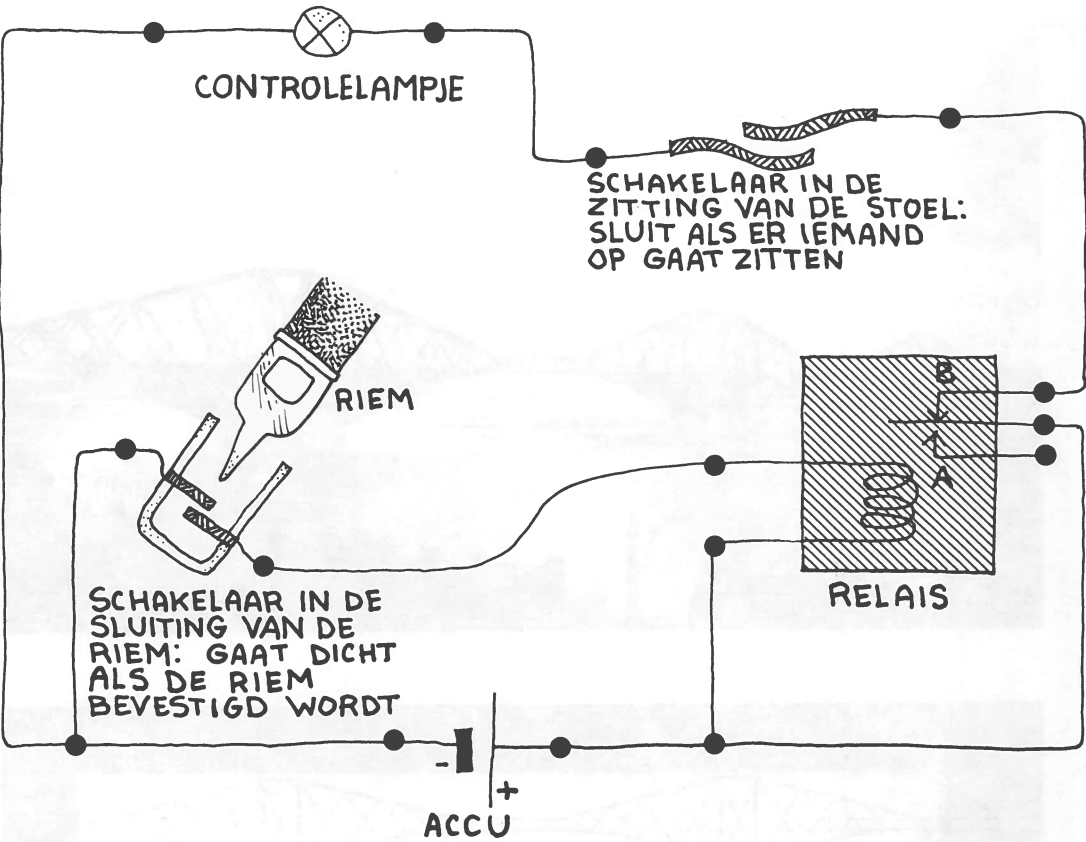
Kruis aan welke brugconstructie volgens jou de ZWAKSTE is:

|   |  |
|---|--|
| A |  |
| B |  |

Hoe kun je deze ZWAKSTE brug verstevigen? Teken jouw oplossing met een rode of groene kleur in de figuur van de zwakste brug.  
Licht je oplossing kort toe. \_\_\_\_\_

83. Steeds meer auto's hebben een waarschuwingslampje voor de veiligheidsriemen: het lampje moet eraan herinneren, dat je de riem om moet doen.

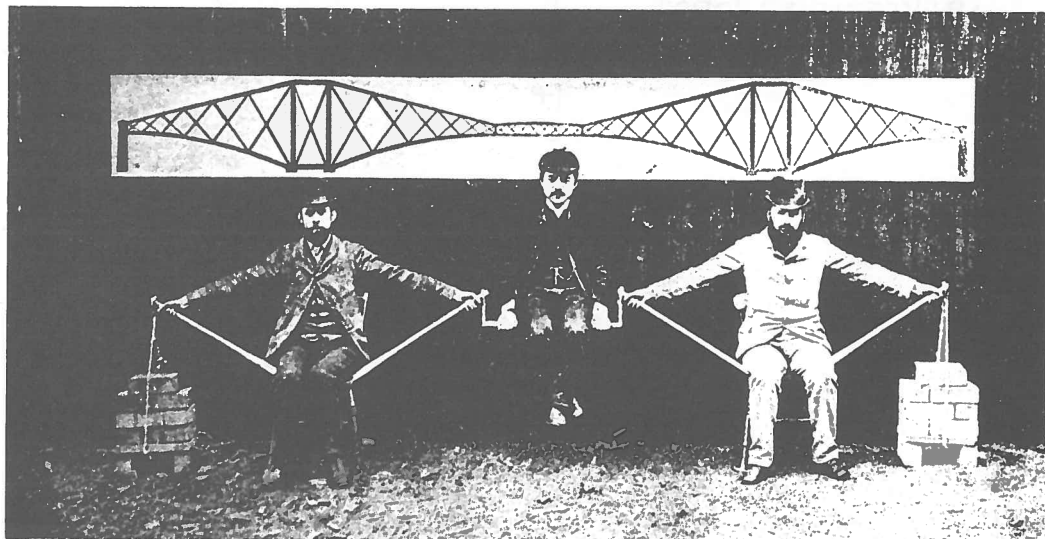
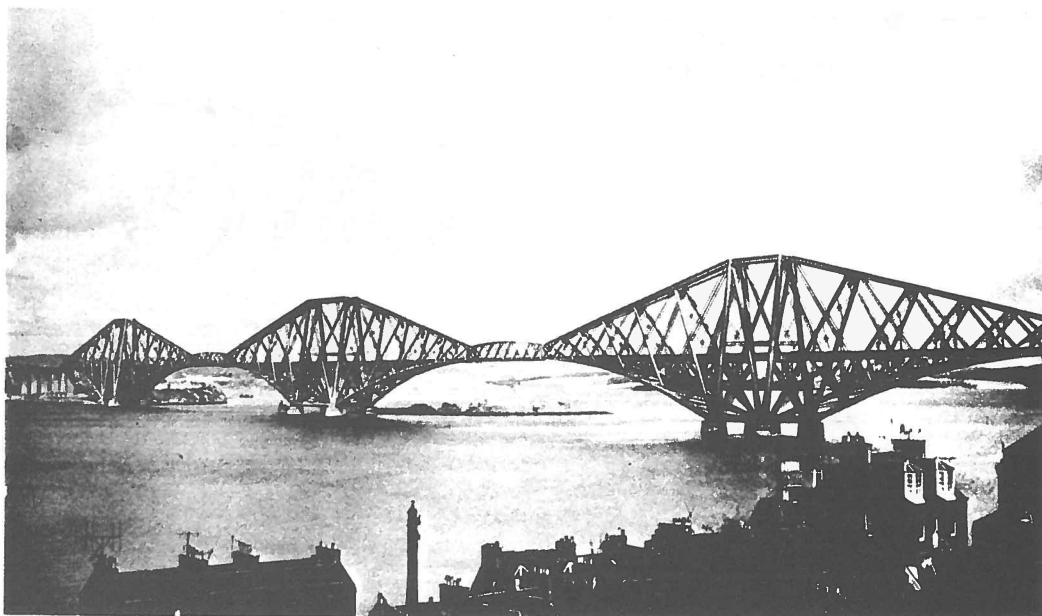
Hieronder zie je zo'n schakeling. Deze vraag gaat over hoe de schakeling precies werkt.



Geef in de hieronder genoemde gevallen aan hoe het relaiscontact staat en of het lampje brandt.

|                                                                                      | relaiscontact<br>(streep het onjuiste<br>steeds door) | controlelampje<br>(streep het onjuiste<br>steeds door) |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. er zit <i>niemand</i> op de stoel                                                 | tegen A/tegen B                                       | aan/uit                                                |
| 2. er zit wel iemand op de<br>stoel; deze heeft de<br>veiligheidsriem <i>niet</i> om | tegen A/tegen B                                       | aan/uit                                                |
| 3. er zit wel iemand op de<br>stoel; deze heeft de<br>veiligheidsriem <i>wel</i> om  | tegen A/tegen B                                       | aan/uit                                                |

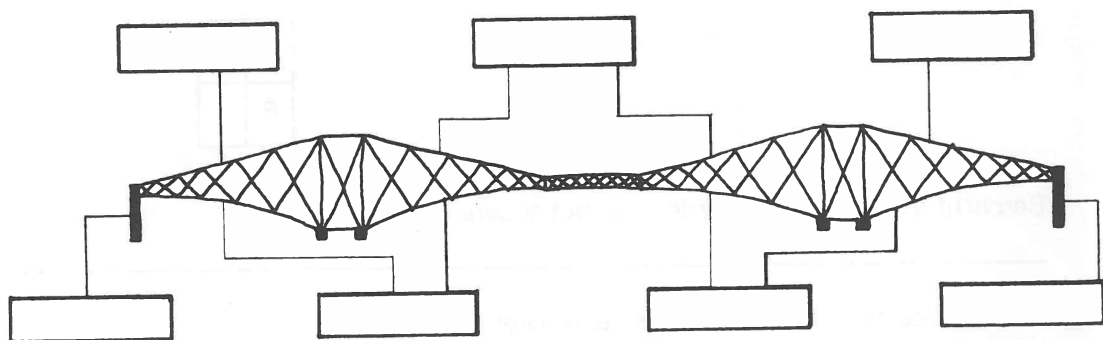
84. Deze vraag gaat over duw- en trekspanningen in een beroemde stalen treinbrug: de Forth Bridge in Engeland.  
De bovenste foto laat de Forth Bridge zien.  
De onderste foto laat een experiment zien, waarmee de spanningen die in de brug werken, getoond kunnen worden.



Aan de mannen in de onderste foto kun je zien waar trek- en duwspanningen werken. Bedenk maar eens wat jij zou voelen als jij op de plaats van één van die buitenste mannen zat...

Geef nu in onderstaande tekening aan, waar duwspanningen en waar trekspanningen werken.

Vul in elk hokje één van de twee woorden in: *duw* of *trek*.



Leg kort uit hoe je tot deze conclusies komt.

---

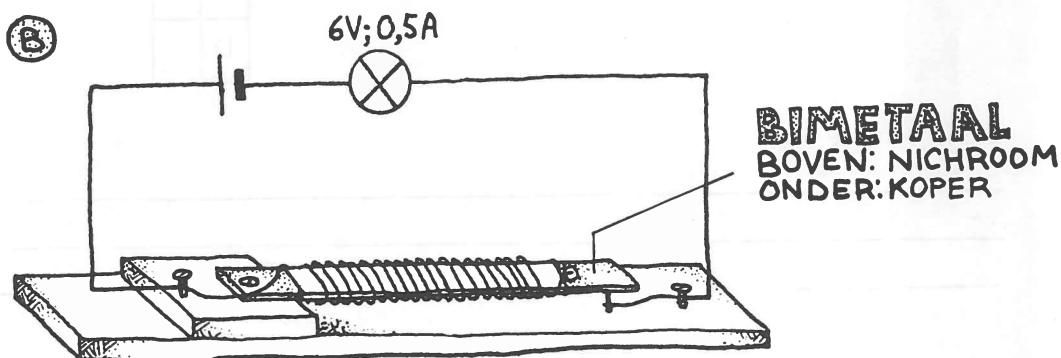
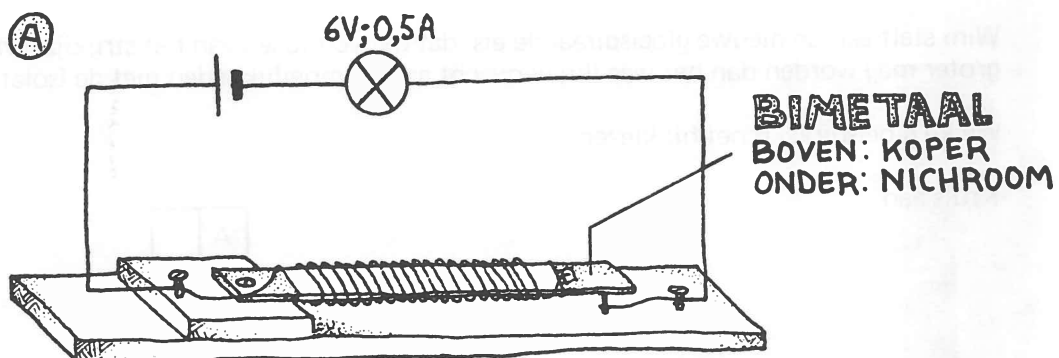


---



---

85. Je ziet hier twee bimetaalknipperlichten. Het enige verschil is de manier waarop het bimetaal geplaatst is.





In één van deze schakelingen knippert het lampje niet en in de andere wel.  
Welk lampje knippert *wel*?

(Zoek de benodigde gegevens over de verschillende stoffen op. Op het eindexamen wordt zo nodig een tabel met dit soort gegevens bijgeleverd.)

Kruis aan:

|   |  |
|---|--|
| A |  |
| B |  |

Beschrijf met een paar woorden wat het andere lampje doet:

---

**86.** Wim probeert een kapot strijkijzer te repareren.

Hij ontdekt dat de gloeispiraal gebroken is en wil hiervoor een nieuwe kopen.

In de tabel zie je de gegevens van de oude spiraal en van de verwarmings-spiralen die in de winkel te koop zijn. (Alle spiralen zijn van hetzelfde materiaal gemaakt.)

|              |       | lengte (m) | doorsnede (mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------|------------|------------------------------|
| oude spiraal |       | 1,0        | 0,5                          |
| A            | nieuw | 1,0        | 0,4                          |
| B            | nieuw | 1,2        | 0,8                          |
| C            | nieuw | 0,8        | 0,5                          |
| D            | nieuw | 1,0        | 0,6                          |

Wim stelt aan de nieuwe gloeispiraal de eis, dat het vermogen van het strijkijzer *niet* groter mag worden dan het was (hij verwacht anders moeilijkheden met de isolatie).

Welke gloeispiraal moet hij kiezen?

Kruis aan:

|   |  |
|---|--|
| A |  |
| B |  |
| C |  |
| D |  |

Licht je keuze toe.

---



---

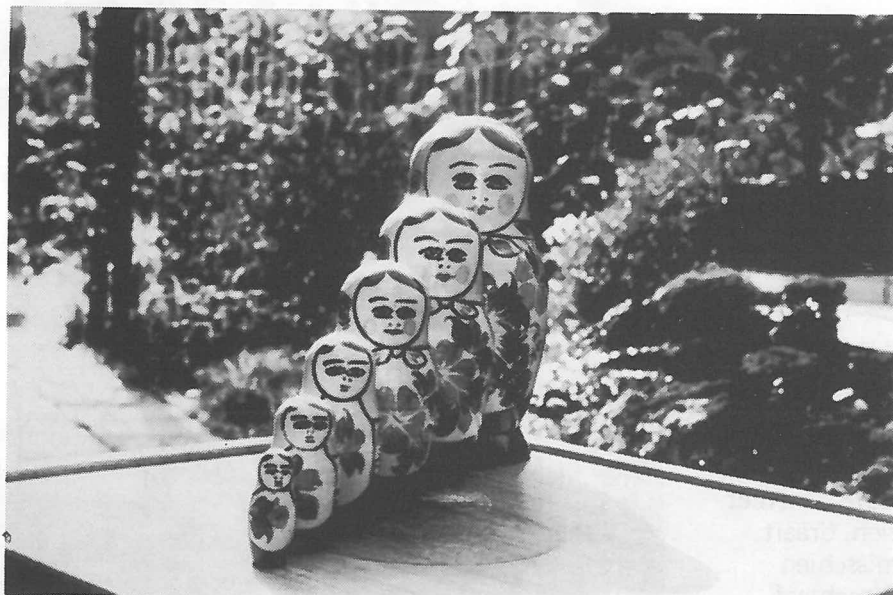


---

87. De volgende foto's van een rij Japanse houten poppen zijn gemaakt met een fototoestel waarbij je alles moet instellen:

- afstand
- diafragma
- sluitertijd

Dit is de juiste foto, die de fotograaf wilde maken:



Maar voor dat hem dat lukte, maakte hij een aantal slechte foto's. Bij elke volgende foto is minstens één fout gemaakt bij het instellen van het fototoestel.

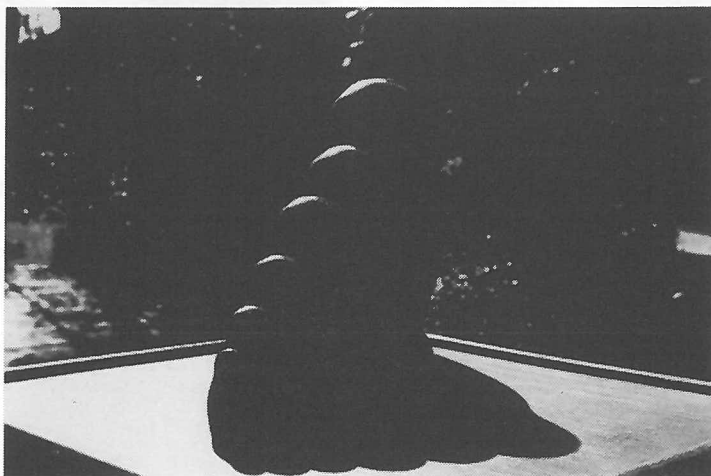
Geef naast elke foto aan, hoe de instelling van het fototoestel beter was geweest.

---

---

---

---

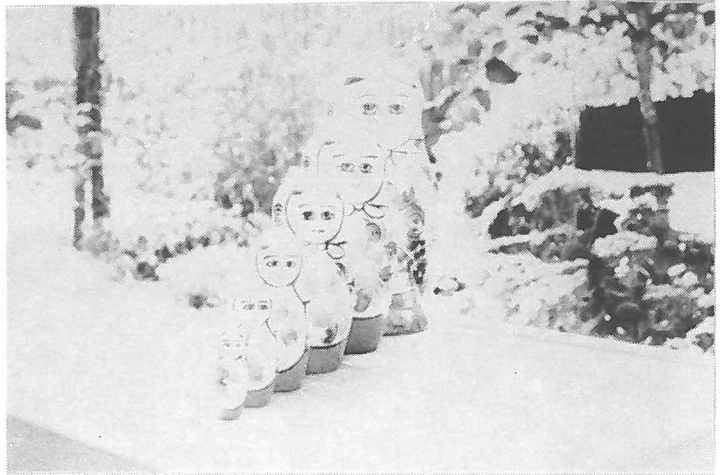


---

---

---

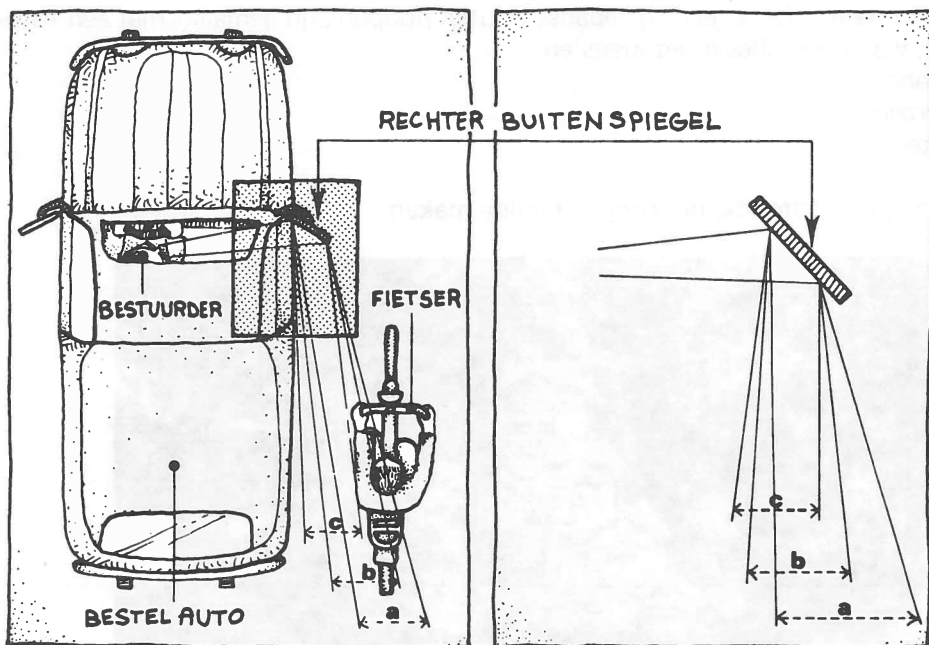
---



- 88.** De fietser op de foto moet voorzichtig zijn: als de bestuurder van de bestelauto hem niet heeft gezien, draait de auto misschien plotseling rechtsaf.



Deze vraag gaat erover, hoeveel de bestuurder van een bestelauto eigenlijk in die rechter buitenspiegel kan zien.



In bovenstaande tekening is een aantal verschillende lichtbundels getekend, die via de spiegel in het oog van de bestuurder vallen.  
Slechts één van die bundels is de juiste.  
Welke is dat? Kruis aan:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| A | <input type="checkbox"/> |
| B | <input type="checkbox"/> |
| C | <input type="checkbox"/> |

Welke natuurkundewet over de terugkaatsing heb je gebruikt om je keus te bepalen?

---



---

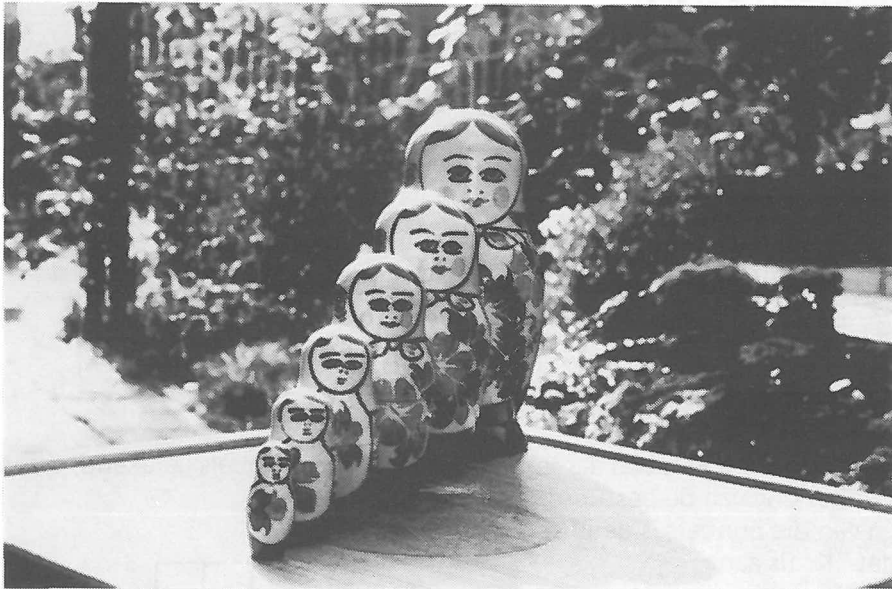
(Je mag ook een tekeningetje bij je antwoord maken.)

Wat is jouw conclusie: ziet de autobestuurder in de getekende situatie de fiets wel of niet?

---

89. De volgende foto's van een rij Japanse houten poppen zijn gemaakt met een foto-toestel, waarbij je alles moet instellen:
- afstand
  - diafragma
  - sluitertijd

Dit is de juiste foto, die de fotograaf wilde maken:



Maar voor dat hem dat lukte, maakte hij een aantal slechte foto's.

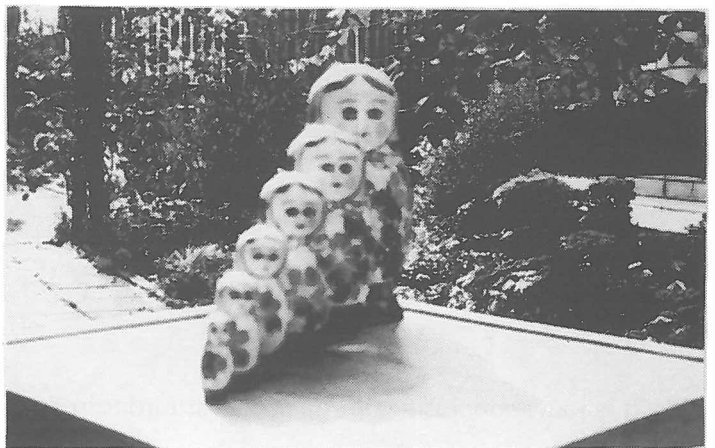
Bij de volgende twee foto's is iets mis met de scherpte. De onscherpte wordt door verschillende fouten veroorzaakt bij deze foto's. Schrijf naast elke foto, welke fout de fotograaf gemaakt heeft.

---

---

---

---

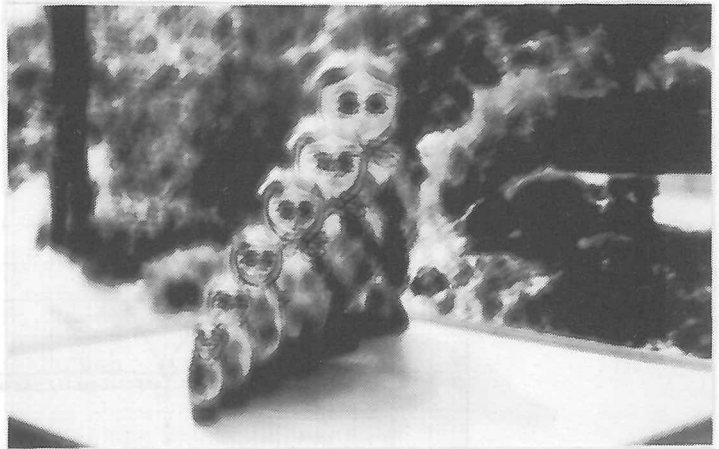


---

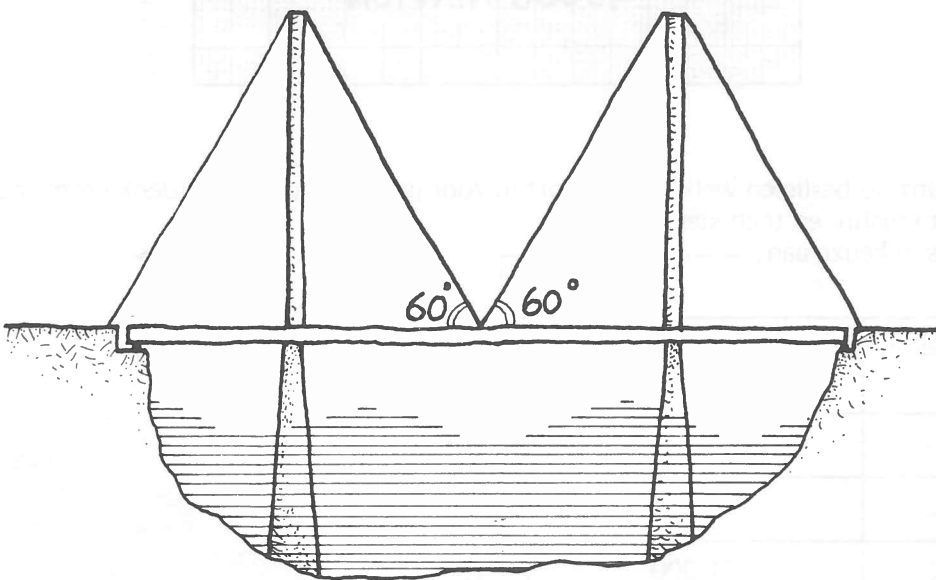
---

---

---



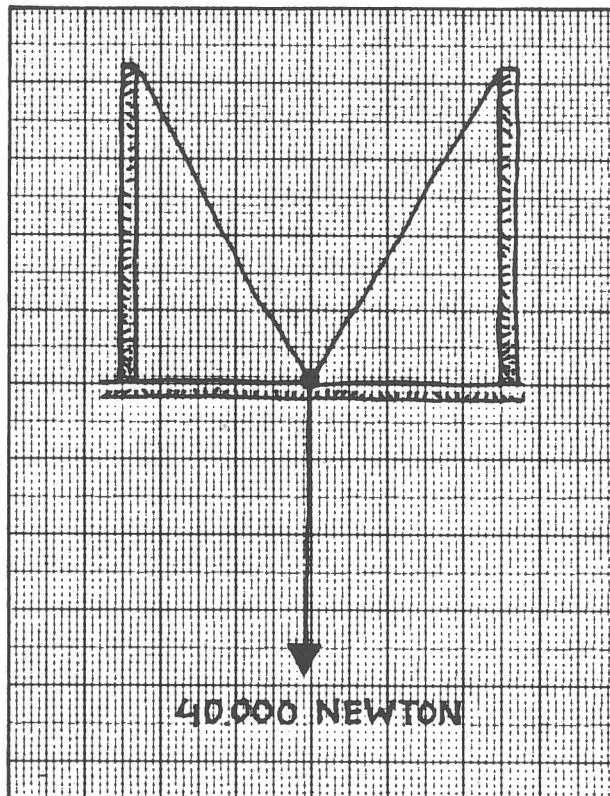
90. Je ziet hier een ontwerpschets voor een tuibrug. Deze vraag gaat over de sterkte van de tuikabels.



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.

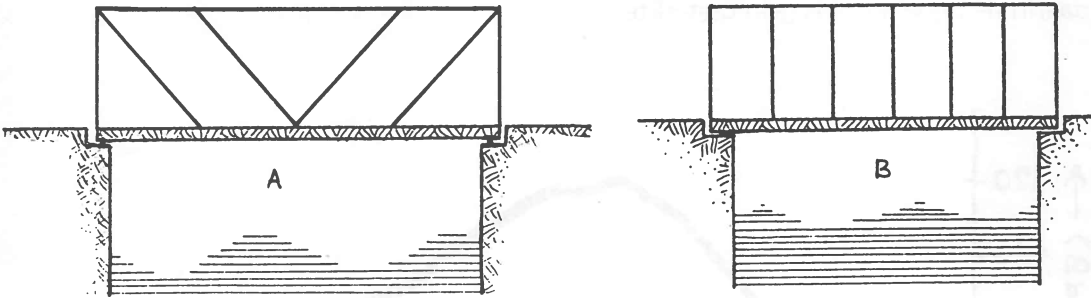


Je kunt nu beslissen welke kabelsoort jij voor je brug zou kiezen (denk erom: zo dun mogelijk en toch sterk genoeg!)

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                                |  |

91. Je ziet hier twee bruggen getekend, die beide van stalen balken zijn gemaakt.



Kruis aan welke brugconstructie volgens jou het stevigst is:

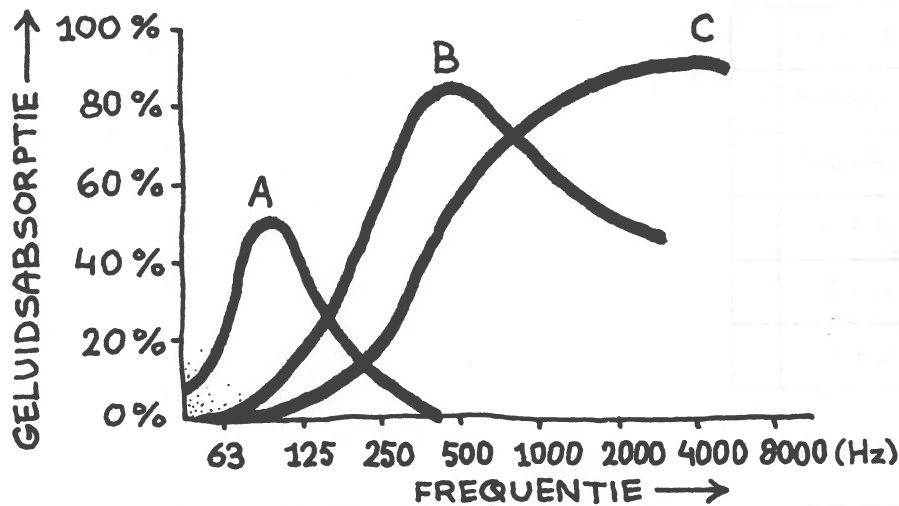
|   |  |
|---|--|
| A |  |
| B |  |

Licht je antwoord toe.

---

---

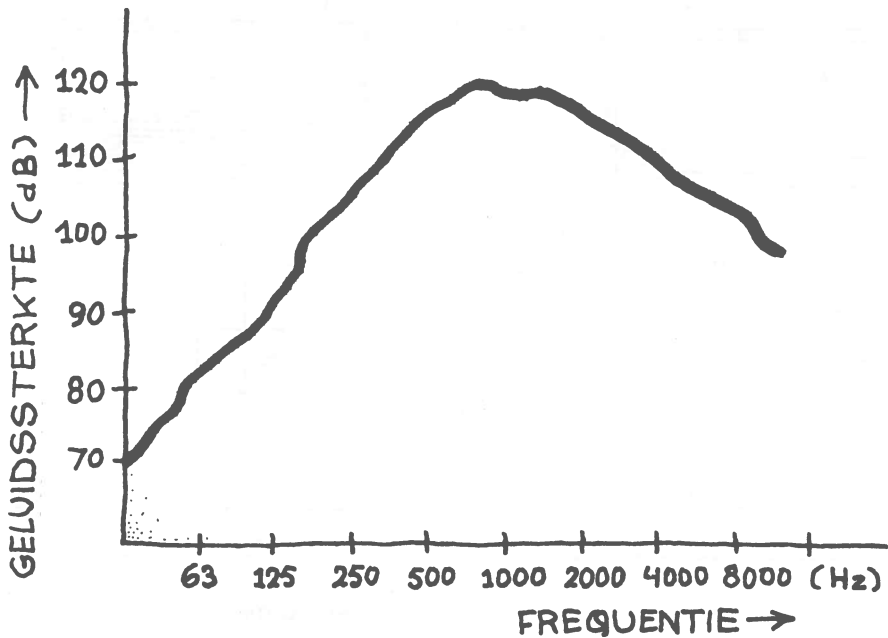
92. In deze opgave gaat het om de keuze van een geluidsisolerend materiaal voor een metaalconstructiewerkplaats.  
Geluidsisolatie is bij zo'n werkplaats nodig om lawaaioverlast voor omwonenden te voorkomen.  
De keuze is uit drie materialen A, B, C.  
Van elk materiaal is in het diagram hieronder aangegeven hoe dit geluiden van verschillende frequenties absorbeert (absorberen: het geluid wordt *niet* teruggekaatst, het geluid 'verdwijnt' dus).



karacteristieken van enkele typen geluidsabsorberend materiaal.



Iemand heeft gemeten wat voor geluid er in de werkplaats klinkt. Hij heeft zijn metingen in het volgende diagram weergegeven: van de verschillende frequenties staat daarin de bijbehorende geluidsterkte.



Geëist wordt, dat bij 250 Hz de geluidsterkte buiten de werkplaats ten hoogste 40 dB is.

Welk materiaal of welke combinatie van materialen zou jij kiezen?

Kruis aan:

|          |                          |
|----------|--------------------------|
| alleen A | <input type="checkbox"/> |
| alleen B | <input type="checkbox"/> |
| alleen C | <input type="checkbox"/> |
| A + B    | <input type="checkbox"/> |
| A + C    | <input type="checkbox"/> |
| B + C    | <input type="checkbox"/> |

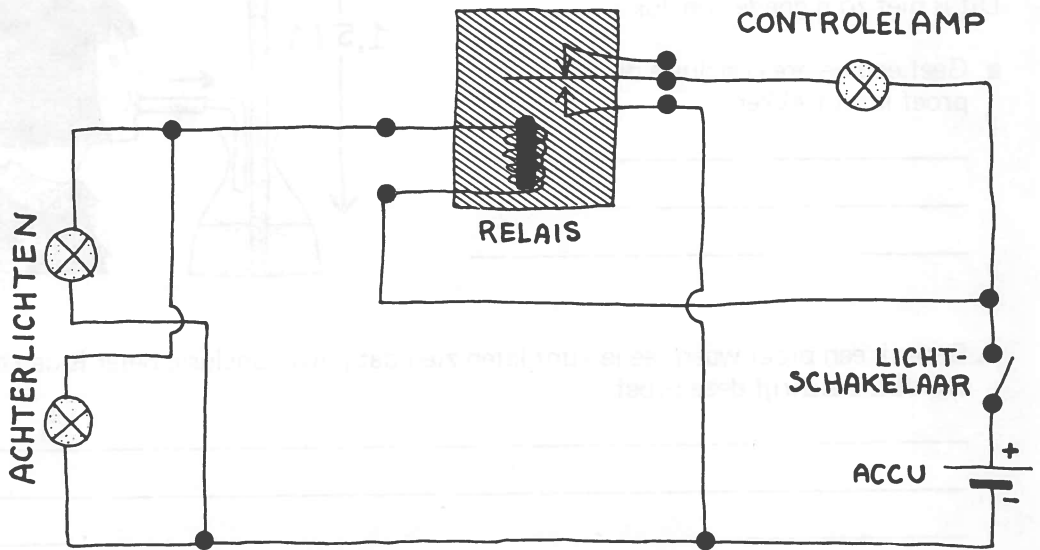
Licht je antwoord toe.

---

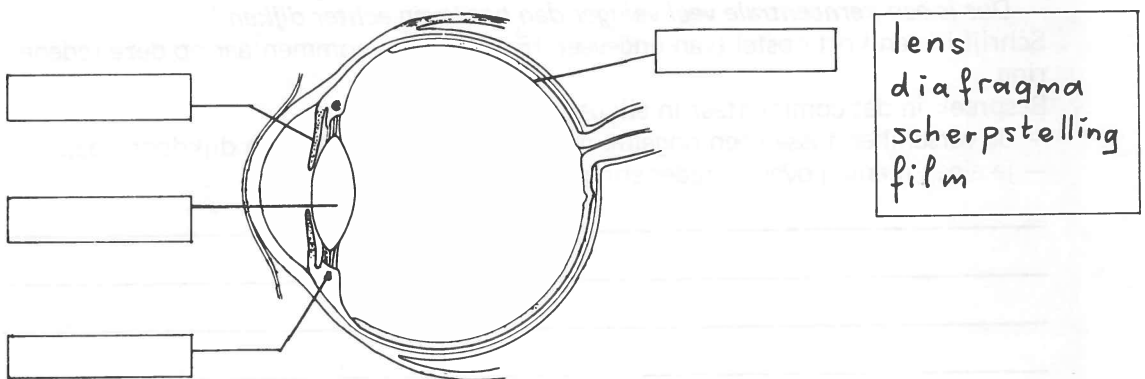
---

93. De getekende schakeling dient om de achterlichten van de auto te controleren. Als één van de achterlichten kapot gaat, moet het controlelampje gaan branden.

Er zit echter een fout in de schakeling. Spoor deze op en teken de verbeterde verbinding met een kleur (rood, blauw of groen) in het schema.



94. Een fototoestel en een oog hebben veel 'onderdelen' die je met elkaar kunt vergelijken. Hieronder zie je een tekening van het menselijk oog, daarnaast een lijstje met onderdelen van een fototoestel.



Schrijf in elk van de hokjes bij de oogtekening het bijbehorende onderdeel van het fototoestel.

95. Jet blaast in een fles met water waaraan een lange slang is vastgemaakt. Het water komt 1,5 meter hoog in de slang. Jet zegt: *'Ik kan niet hoger want ik heb niet genoeg lucht in mijn longen.'*

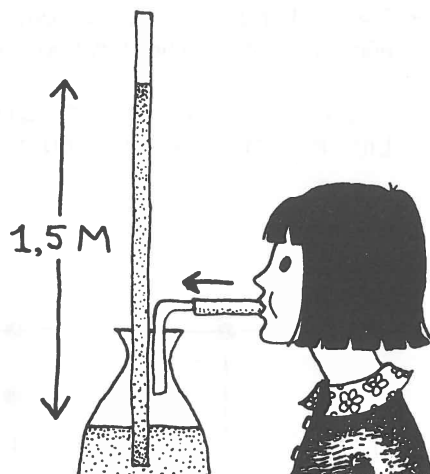
Dit is niet zo'n goede conclusie.

- a. Geef een betere conclusie die je uit de proef kunt trekken.

---

---

---



- b. Bedenk een proef waarmee je kunt laten zien dat jouw conclusie beter is dan die van Jet. Beschrijf deze proef.

---

---

---

96. Om aan te tonen hoe veilig kerncentrales zijn, heeft de kernfysicus professor Goedkoop op de TV eens de volgende redenering gehouden (verkort weergegeven):

*'In onze moderne samenleving lopen we allerlei risico's. Zo heeft men berekend dat:*

- de kans op een grote dijkdoorbraak (zoals bij de watersnoodramp in 1953) is: één keer in de 10 000 jaar.*
- de kans op een groot ongeluk met een kerncentrale is: één keer in de 1 000 000 jaar.*

*Dus is een kerncentrale veel veiliger dan het leven achter dijken.'*

Schrijf in een kort opstel (van ongeveer 15 regels) een commentaar op deze redenering.

Bespreek in dat commentaar in elk geval:

- de verschillen tussen een ongeluk met een kerncentrale en een dijkdoorbraak
- je eigen mening over de redenering van professor Goedkoop.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

97. Het afwegen van de voor- en nadelen van kernenergie vormt een ingewikkeld probleem. Dat is goed te zien aan de discussie over het plutonium dat in alle kernreactoren ontstaat.

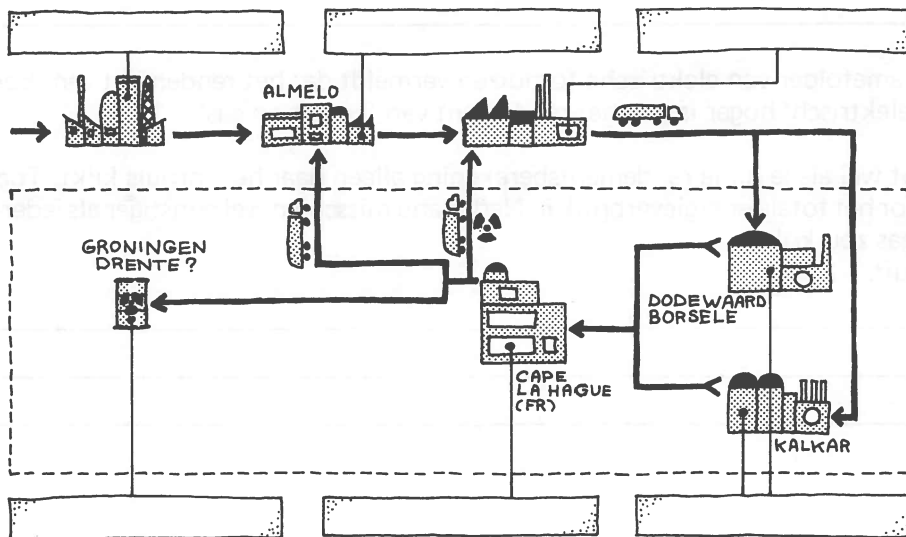
**Voorstanders** van kernenergie vinden het ontstaan van plutonium een voordeel.

**Tegenstanders** van kernenergie vinden het ontstaan van plutonium een nadeel.

Geef een argument, waarom het ontstaan van plutonium voordelig kan zijn:

Geef een argument, waarom het ontstaan van plutonium nadelig gevonden wordt:

98. Je ziet hier schematisch getekend, hoe de brandstof voor een kerncentrale wordt verkregen en verwerkt.



- a. Plaats de volgende namen bij de bijbehorende installaties:

- kerncentrale
- mijn
- opslag van radioactief afval
- opwerkingsfabriek
- splijstofelementenfabriek
- verrijkingsfabriek

Alle installaties en transporten zijn beveiligd tegen diefstal van radioactief materiaal. Enkele punten zijn extra kwetsbaar voor diefstal. Eén van deze punten is aangegeven met: ♣

- b. Noem een reden waarom juist dit transport (bij het teken ♣) beter beveiligd moet worden dan de andere transporten of de verschillende installaties.

---

---

Sommige veiligheidsdeskundigen denken dat het onmogelijk is om deze transporten echt voldoende te beveiligen. Zij concluderen dat je ervoor moet zorgen dat deze transporten (bij het teken: ♣) helemaal niet plaatsvinden.

- c. Welke maatregel kan een regering nemen, zodat het kwetsbare transport niet meer plaats hoeft te vinden?

---

Aan de maatregel die je nu genoemd hebt, zitten waarschijnlijk bezwaren (anders hadden alle regeringen van landen met kernenergie dit al besloten).

- d. Noem één bezwaar tegen de maatregel die je onder c hebt genoemd.

---

---

99. Een reclamefolder van elektrische fornuizen vermeldt dat het rendement van 'koken op elektrisch' hoger is dan het rendement van 'koken op gas'.

Dit klopt wel als je bij je rendementsberekening alleen naar het fornuis kijkt. Toch is het voor het totale energieverbruik in Nederland misschien wel gunstiger als iedereen op gas zou koken.  
Leg dit uit.

---

---

---

## Bijlage

### Antwoorden bij de meerkeuze- en rekenopgaven

| vraag | antwoord                                                                |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|
| 3     | D, B, C, D                                                              |
| 6     | A                                                                       |
| 8     | a. 1,28 J<br>b. 0,93 J<br>c. 73%                                        |
| 9     | B                                                                       |
|       | 1,7 A                                                                   |
| 16    | a. 23%<br>b. hoger                                                      |
| 17    | A                                                                       |
| 19    | trek                                                                    |
| 21    | a. redelijk<br>b. bijna geen<br>c. doorbranden                          |
| 23    | a. B                                                                    |
| 26    | a. $4 \text{ m/s}^2$<br>b. 50 m                                         |
| 27    | 3                                                                       |
| 28    | kort                                                                    |
| 29    | a. touwtje 2<br>b. niets te zeggen                                      |
| 32    | 3                                                                       |
| 33    | 150 m                                                                   |
| 34    | 0,375 m                                                                 |
| 35    | evenveel                                                                |
| 36    | 1500 N                                                                  |
| 38    | $b = 3 \text{ cm}$                                                      |
| 39    | B                                                                       |
| 40    | b. $1,5 \text{ m/s}^2$<br>c. 14-16 s<br>$2,7 \text{ m/s}^2$<br>d. 190 m |

| vraag | antwoord                                               |
|-------|--------------------------------------------------------|
| 43    | d. ja                                                  |
| 45    | ander lampje                                           |
| 47    | A                                                      |
| 49    | onderin                                                |
| 53    | — te bolle ooglens<br>— te holle brillens              |
| 56    | 2100 N                                                 |
| 57    | c. 60 W                                                |
| 60    | 33 m/s                                                 |
| 61    | a. 21 m<br>b. $16 \text{ m/s} \approx 58 \text{ km/h}$ |
| 63    | vier keer                                              |
| 64    | a. 1,3 kN<br>b. 0,05 s<br>c. 1000 N<br>d. 0,1 s        |
| 73    | 1                                                      |
| 75    | I                                                      |
| 76    | c. 2000 Hz                                             |
| 77    | a. $56^\circ\text{C}$                                  |
| 80    | 2, 4, 6                                                |
| 82    | B                                                      |
| 85    | B                                                      |
| 86    | A                                                      |
| 88    | c                                                      |
| 90    | 4                                                      |
| 91    | A                                                      |
| 92    | B + C                                                  |