

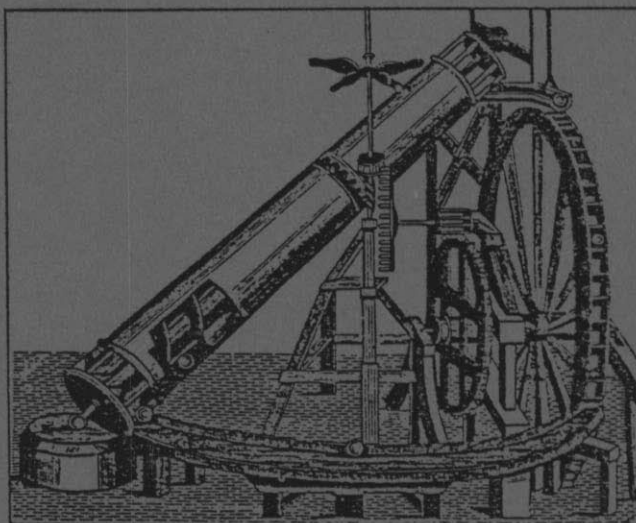


Aantekeningen voor de leerkracht en Apparatuurgids

Machines en Energie

Een lessenserie waarin leerlingen:

- leren over arbeid, vermogen en rendement
- leren over energie-soorten en energie-omzettingen
- rendementsberekeningen maken
- onderzoek doen naar de rendementen van versnellingsbak, elektromotor en andere machines



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



© Rijksuniversiteit Utrecht

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

Voorwoord	3
Verantwoording	4
1. Achtergronden en uitgangspunten	4
2. De plaats van "Machines en Energie" in het PLON-curriculum	4
2.1. in de 4e klas mavo met PLON-examen	4
2.2. in de 4e klas mavo met regulier examen	4
2.3. in de 3e klas havo/vwo	5
3. De natuurkunde in "Machines en Energie"	6
4. "Machines en Energie" in het PLON-mavo examenprogramma	6
5. "Machines en Energie" en het reguliere examenprogramma	7
6. "Machines en Energie" en de "lijnen" van de PLON-leergang	7
Het lesmateriaal	8
1. Het themaboek	8
2. Apparatuur en werkmateriaal	8
Didaktische opzet	9
Het lessenplan	10
Didaktische aanwijzingen	12
1. Het oriëntatiedeel	12
2. Het leerstofdeel	12
3. Het onderzoeksdeel	13
4. De afsluiting	14
5. Het schoolonderzoek	14
Boeken en audio-visuele media	15
Lerarenvragenlijst	21
Bijlagen:	
D1 Mogelijke opdrachten bij hoofdstuk 3 van het basisdeel	27
D2 Open onderzoek	28
D3 Demonstratiepraktikum "Machines en Energie"	29
D4 Schoolonderzoek "Machines en Energie" (Maasveld-mavo)	31
D5 Schoolonderzoek "Machines en Energie" (Regina Pacis streekschool Oudewater)	34
D6 Een leerlingverslag: "Het rendement van een brommer"	38
Apparatuurgids	41

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

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

De prijs is f 5,=

Deze aantekeningen voor de leerkracht (AVOL) en apparatuurgids horen bij het thema "Machines en Energie". Dit thema is bedoeld voor gebruik in de vierde klas MAVO en de derde klas HAVO/VWO.

We hopen dat deze aantekeningen u zullen helpen bij het voorbereiden en geven van uw lessen "Machines en Energie".

Deze AVOL is zowel bestemd voor hen die dit thema voor het eerst geven als voor hen die er al ervaring mee hebben. Er staat informatie in over de didactische opzet van het thema en geeft een lessenplan met bespreking van verschillende fasen daarin.

In de bijlagen zijn voorbeelden van toetsen opgenomen. Een lijst met films maakt het gemakkelijker het werken met het thema audiovisueel aan te kleden.

Het laatste deel is een gids voor de apparatuur en bevat ook de details over de proeven. U kunt uw reactie geven in de vragenlijst op blz. 21.

We stellen het zeer op prijs als u die lijst wilt invullen en opsturen als u het thema in de klas hebt gedaan.

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

Januari 1984.

VERANTWOORDING

1. ACHTERGRONDEN EN UITGANGSPUNTEN

In "Machines en Energie" worden de energie-omzettingen in machines behandeld, ten einde te komen tot een bepaling van het rendement van een machine. Daarvoor is het nodig, dat de soorten energie die al eerder in het PLON-curriculum ter sprake zijn gekomen - onder andere in "Energie Thuis", "Energie in de Toekomst" en "Verwarmen en Isoleren" - op een kwantitatieve manier worden behandeld. Arbeid wordt gezien als de omzetting van de ene soort energie in andere soorten, waarvan er meestal slechts één soort gewenst is. Dat leidt tot het in dit thema centraal staande begrip *rendement*.

2. DE PLAATS VAN "MACHINES EN ENERGIE" IN HET PLON-CURRICULUM

2.1. *In de vierde klas mavo voor scholen met PLON-eindexamen*

In de vierde klas mavo is "Machines en Energie" het op één na laatste thema, voorafgegaan door "Schakelen en Regelen". Na "Machines en Energie" volgen "Kernwapens" en het "Repeteerthema", dat samen met het examenboekje voor de mavo de laatste voorbereidingen geeft op het eindexamen.

Uit "Machines en Energie" blijkt al de "eindexamensfeer". In vrij korte tijd wordt vrij veel formele natuurkunde behandeld. De nadruk ligt meer op het verwerven van inzicht in een onderdeel van de natuurkunde en het krijgen van routine in het maken van vraagstukken, en minder op een centraal thema uit de omgeving of de samenleving.

2.2. *In de vierde klas mavo voor scholen met het "reguliere" eindexamen*

Het thema "Machines en Energie" kan ook gebruikt worden om naar het reguliere mavo-eindexamen toe te werken. De nadruk zal daarbij iets moeten verschuiven van niet-ideale situaties waarbij wrijving en rendement een rol spelen, naar ideale situaties, met name waar het gaat om de valbeweging. De wet van behoud van mechanische energie zal daarbij geïntroduceerd moeten worden.

In de kaders zijn de jaarprogramma's voor de vierde klas mavo weergegeven:

Jaarprogramma vierde leerjaar PLON-mavo		Jaarprogramma vierde leerjaar reguliere mavo	
Instructieboek Krachten	7	Instructieboek Krachten	8
Verkeer en Veiligheid	18	Verkeer en Veiligheid	18
Natuurkunde in de Samenleving/Stoppen of Doorrijden	7	Machines en Energie	16
Verwarmen en Isoleren	16	Examen doen: zie aparte AVOL	
Schakelen en Regelen	16	Repeteerthema	16
Machines en Energie	14		
Natuurkunde in de Samenleving/Kernwapens en/of Veiligheid	7		
Repeteerthema			
Examenboekje }	20		

2.3. In de derde klas havo/vwo

Voor de 3e klas havo/vwo is "Machines en Energie" een thema dat gekozen kan worden als er 3 of meer lessen natuurkunde per week gegeven worden. De ervaring is echter dat slechts weinig scholen dit thema in de 3e klas kiezen, omdat het zo sterk de formele natuurkunde behandelt. Voor een sectie die wat meer nadruk wil leggen op de rekenvaardigheid aan het eind van de 3e klas havo/vwo kan dat juist een voordeel zijn. Het thema zou dan het beste passen helemaal op het einde van de 3e klas, na "Energie Thuis" en "Energie in de Toekomst". We zouden wel willen suggereren om dit thema niet voor iedereen verplicht te stellen maar de leerlingen te laten kiezen tussen bijvoorbeeld "Machines en Energie" en "Schakelen en Regelen". Het argument voor het kiezen is dat dit thema vrij weinig aantrekkingskracht zal hebben voor leerlingen die geen natuurkunde kiezen in de 4e klas. Voor hen zal het maken van een werkend knipperlicht bevredigender zijn als afsluiting van hun natuurkundeonderwijs dan het rekenen aan een versnellingsbak.

VERANTWOORDING

3. DE NATUURKUNDE IN "MACHINES EN ENERGIE"

Bij het werken met een machine is een interessante vraag, hoeveel werk de machine kan verrichten met een gegeven hoeveelheid brandstof (of andere vorm van energie). Om die vraag te beantwoorden, moet je gaan rekenen met energie en arbeid.

Daarom draait dit thema vooral om het begrip rendement, een onderwerp dat niet of slechts zijdelings in de huidige leerstoflijsten mavo of havo/vwo-onderbouw voorkomt.

De wet van behoud van mechanische energie - een wet, die in de praktijk weinig betekenis heeft omdat er vrijwel altijd wrijvingskrachten optreden - wordt niet behandeld. Wel wordt de relatie tussen arbeid en kinetische energie uitgewerkt. Daarin kan de arbeid van de wrijvingskracht meegenomen worden. Bovendien komt die wet ook voor in "Verkeer en Veiligheid" als de tweede bewegingswet.

Het optreden van wrijvingskrachten - bij de sleeprol - wordt als uitgangspunt gekozen bij het meten van het rendement van allerlei machines. In zekere zin nemen we op die manier een weg die precies tegenovergesteld is aan de traditionele weg: we nemen niet de geïdealiseerde (wrijvingsvrije) situaties, maar de complexe reële situaties als uitgangspunt om natuurkunde te leren.

4. "MACHINES EN ENERGIE" IN HET PLON-MAVO-EXAMENPROGRAMMA

Het gewijzigde examenprogramma¹⁾ op basis waarvan een aantal PLON-scholen gedurende enkele jaren een apart PLON-mavo-eindexamen mogen doen, bevat de volgende onderwerpen die in (onder andere) "Machines en Energie" aan de orde komen (de onderwerpen waar een x achter staat, zijn nieuw: ze komen niet in het reguliere programma voor):

- wrijvingskracht
- arbeid verricht door een constante kracht
- vermogen
- kinetische energie
- verband tussen arbeid en kinetische energie (x)
- energie ten gevolge van het zwaartekrachtsveld dicht bij de aarde
- de mogelijkheid van het in elkaar omzetten van soorten energie (kinetische-, gravitatie-, elektrische-, chemische-, stralings-kernenergie en warmte)
- rendement (x)
- energie en vermogen van een elektrische stroom.

¹⁾ Het gewijzigde PLON-mavo-examenprogramma is bij het PLON aan te vragen (PLON BL-80-0209) en is voor de periode van 1981 tot 1985 als experiment door het Ministerie van Onderwijs goedgekeurd voor zestien scholen.

5. "MACHINES EN ENERGIE" EN HET REGULIERE MAVO-PROGRAMMA

"Machines en Energie" kan goed gebruikt worden bij het opleiden voor het reguliere mavo-eindexamen. Het accent dat op rendement wordt gelegd, is daarbij niet zo nodig, maar ondersteunt wel de samenhang tussen de verschillende energie-onderwerpen.

Behalve de hierboven in 4. genoemde onderwerpen zonder (x) zijn er voor het reguliere mavo-programma nog enkele onderwerpen die min of meer gemakkelijk in het kader van dit thema aangeleerd kunnen worden (niet omdat ze in dit thema passen, maar omdat ze fysisch verwant zijn).

Daarbij valt te denken aan:

- valbeweging
- wet van behoud van mechanische energie
- warmte als vorm van energie
- de term: potentiële energie (in het zwaartekrachtsveld)

Deze onderwerpen worden verder niet in PLON-thema's behandeld en kunnen hier worden aangevuld of worden behandeld in het kader van het instructieboek "Examen Doen". Voor verdere aanwijzingen: zie de AVOL bij dat instructieboek.

6. "MACHINES EN ENERGIE" EN DE "LIJNEN" VAN DE PLON-LEERGANG

In "Machines en Energie" worden een aantal lijnen die door het hele PLON-curriculum heen lopen, doorgezet.

Lijnen die in "Machines en Energie" doorlopen zijn:

- werken met verschillen (keuze-onderzoeken)
- sociaal leren (via groepswork en rapporteren)
- zelf doen van natuurkunde
- de leerstof, gericht zowel op het examen als op de interesse van de leerling. Omdat voor 4-mavo het examen zo dichtbij is, valt de nadruk nogal sterk op het examen
- het rekenen heeft vrij grote nadruk; terwijl in de thema's van de tweede en derde klas mavo het semi-kwantitatieve overheerst, staan hier de formules en berekeningen op de voorgrond
- doorstroming naar het vervolgonderwijs
- uitvoeringsvariëteiten: elke school maakt zijn eigen lessenplan
- technische natuurkunde.

Lijnen die slechts zwak of niet in "Machines en Energie" doorlopen (als gevolg van de nadruk op de leerstof) zijn:

- omgevingsnatuurkunde (zit er nog een beetje in, bijvoorbeeld de bromfiets)
- samenlevingsnatuurkunde (bijvoorbeeld het nadenken over de functie van machines) ontbreekt, maar kan door de leerkracht ingebracht worden.
- vakoverschrijdende natuurkunde (alleen naar de technische kant zit dat er wel in).

HET LESMATERIAAL

1. HET THEMABOEK

Het themaboek "Machines en Energie" kan worden besteld bij:

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

Het themaboek is bestemd voor alle leerlingen.

2. APPARATUUR EN WERKMATERIAAL

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

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

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

Voor aanschaf van practicummateriaal kunt u zich richten tot diverse firma's. Met Breukhoven BV te Rotterdam heeft PLON een samenwerkingsovereenkomst, waarbij Breukhoven BV de levering van PLON-apparatuur op zich neemt. Deze heeft apparatuur voor de tweede klas vanaf 1982 beschikbaar. Voor de derde en vierde klas zo spoedig mogelijk daarna. Voor inlichtingen daarover:

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

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

DIDAKTISCHE OPZET

Voor "Machines en Energie" zijn circa 14 lessen van 50 minuten nodig. Er zijn vier delen in deze lessenserie te onderscheiden: het oriëntatiedeel, het leerstofdeel, het onderzoeksdeel en de afronding. Het thema is opgezet als afronding van het energiebegrip. Het begint dan ook met een samenvatting van de belangrijke punten uit voorafgaande energie-thema's.

De belangrijkste themavragen zijn:

- hoe kun je vormen van energie in of van voorwerpen herkennen?
- hoe kun je een bepaalde soort energie gebruiken om iets gedaan te krijgen (bijvoorbeeld verlichting, iets optillen); met andere woorden: om arbeid te verrichten?
- hoe kun je het rendement daarbij zo hoog mogelijk maken?

Om deze themavragen te kunnen beantwoorden wordt in het basisdeel het begrip arbeid ingevoerd en toegepast op verschillende situaties.

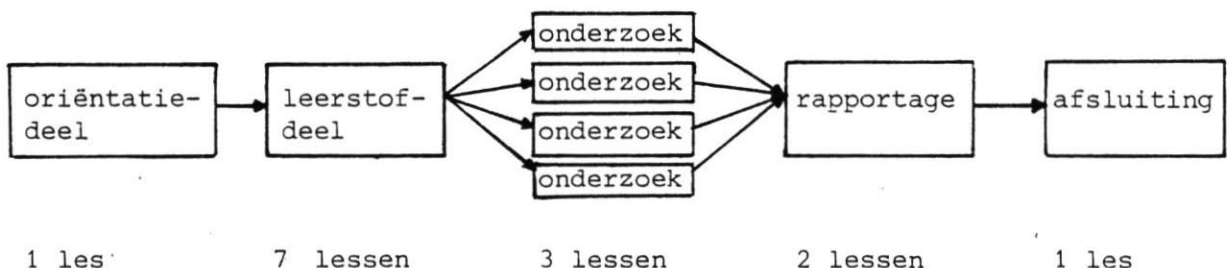
De versnellingsbak neemt daarbij een bijzondere plaats in: je stopt er aande ene kant arbeid in, maar er komt aan de andere kant minder arbeid uit. Dat leidt tot het begrip rendement. Nade introductie van verschillende energie-vormen en de eventueel bijbehorende formule wordt arbeid gepresenteerd als het omzetten van één soort energie in een aantal andere soorten, waarvan er eventueel één in het bijzonder gewenst wordt.

Bij het ophijzen van een gewicht met een elektromotor wordt aangetoond, dat het zinvol is een versnellingsbak als toerentalomzetter (ondanks het "arbeidsverlies") in te zetten, omdat het rendement van het systeem als geheel daardoor groter wordt.

Het basisdeel wordt afgerond met een aantal oefenopdrachten.

In het onderzoeksdeel kunnen de leerlingen een onderzoek kiezen, dat aansluit op eigen interesses (bijvoorbeeld bromfietsmotor, elektromotor-dynamo) of behoeften (bijvoorbeeld rendementsberekeningen extra oefenen).

De leesteksten die achterin staan, kunnen daarbij gebruikt worden. Het onderzoeksdeel kan worden afgerond met demonstraties door de leerlingen van het verrichte onderzoekswerk. Daarna kan een toets volgen.



LESSENPLAN

Hieronder staat een voorbeeld-lessenplan voor 14 lesuren van 50 minuten uitgewerkt:

	les	het gaat over	er is nodig	werkvorm
oriëntatie-deel	1	machines energie	inleiding enkele door de leraar te maken opdrachten (zie blz. 13 van deze AVOL)	klassegesprek in groepjes doorlezen en maken van enkele opdrachten van de leraar
leerstof-deel	2	arbeid	basisdeel hfst. 1 practicummateriaal	leergesprek groepsproeven korte rapportage
	3	arbeid	basisdeel hfst. 1 en opdrachten hfst. 7	bespreking van de proeven, opdrachten maken
		verlies van arbeid in de versnellingsbak; rendement	basisdeel hfst. 2 practicummateriaal	leerlingenproef of demonstratieproef; leergesprek
	4	vormen energie; formules E_{kin} en E_{grav}	basisdeel hfst. 3 door leraren bedachte opdrachten (voor suggesties zie bijlage 1)	leergesprek beantwoorden van de opdrachten
	5/6	rendement energie-omzettingen	basisdeel hfst. 4, 5 en opdrachten uit hfst. 7	leerlingenpracticum of demonstratie (proef 4.1 en 4.2); groepsleergesprek; opdrachten maken in groepjes; klassikale samenvatting
	7	vermogen en rendement/samenvatting	basisdeel hfst. 6 en opdrachten uit hfst. 7	in groepen opdrachten maken; klassikale samenvatting
	8	korte toets/kiezen	basisdeel	individuele opdrachten kiezen; oriëntatie op de rapportage
	9 t/m 11	onderzoek de keuze-onderzoeken evt. aangevuld met zelfbedachte onderzoeken	vervolgdeel evt. extra onderzoekssuggesties	groepswerk
rapportage	12 13	de onderzoeken, samenvatting	eisen aan de rapportage in verband met de beoordeling	leerlingendemonstraties/ rapportages beoordeling
afronding	14	de stof voor het so/proefwerk	(huiswerk-) proefwerk	individuele opdrachten (nabespreking)

Leraren die met hun klas naar het reguliere eindexamen toe moeten werken kunnen ervoor kiezen de extra te behandelen onderwerpen (zie blz. 7) te behandelen ten koste van de keuze-onderzoeken. Het is wel aan te raden enkele proeven uit de keuze-onderzoeken te demonstreren en er berekeningen mee te doen, met name de keuze-onderzoeken 1 (eventueel in combinatie met de "vrije" val), 3, 4 en 5.

DIDAKTISCHE AANWIJZINGEN

1. HET ORIENTATIEDEEL

In het oriëntatiedeel wordt het thema nader toegelicht.

Het begrip "machines", wat voor de leerling beperkt is tot dingen als hijskranen, draaibanken en elektrische boren, wordt uitgebreid tot alle werktuigen waarmee (bijzondere soorten) werk verricht kunnen worden, zoals een nijptang, ophaalbrug, fiets of molen. Eventueel kan er een onderscheid gemaakt worden tussen "krachtomzetters" (nijptang, katrol), toerentalomzetters (versnellingsbak) en energie-omzetters (windmolen, benzinemotor, elektromotor). In één machine zijn meestal onderdelen van alle drie de soorten te vinden.

Het begrip energie wordt opgehaald uit "Energie Thuis" en "IJs-Water-Stoom". Verder komen de joule, het vermogen en het rendement (van een CV) aan de orde.

Als werkvorm voor dit deel kan een inleidend klasgesprek genomen worden en daarna het doorwerken van de inleiding van het leerlingenboek aan de hand van enkele opdrachten van de leraar.

Voorbeelden van die opdrachten kunnen zijn:

- noem minstens drie "machines" waarbij je eigen inspanning in een vorm wordt omgezet die beter geschikt is om het werk te doen
- idem, maar dan voor de inspanning van dieren
- noem minstens drie machines die op olie (wind, waterkracht, kolen, etc.) draaien
- schrijf een kort verhaaltje (bijvoorbeeld van een halve bladzijde) over een machine waarin de volgende woorden voorkomen (in de betekenis zoals ze in inleiding voorkomen!): energie, vermogen, rendement, joule.

2. HET LEERSTOFDEEL

Het leerstofdeel van de lessenserie gaat over het basisdeel van het leerlingenboek.

Eerst wordt het begrip "arbeid" en de formule daarvoor ingeleid aan de hand van de proeven 1.1 t/m 1.6. De proeven 1.2 t/m 1.6 lenen zich voor een groepspracticum met een korte verslaggeving.

De opdrachten over arbeid uit hfst. 7 kunnen in groepjes gemaakt worden en in de klas worden besproken.

In hfst. 2 wordt het begrip (arbeids-)rendement ingeleid door te kijken naar de arbeid die je in een versnellingsbak stopt en die je eruit krijgt. De proeven 2.1 en 2.2 kunnen klassikaal gedaan worden (bijvoorbeeld versnellingsbakken); 2.2 is ook geschikt als demonstratieproef.

In hfst. 3 wordt de relatie tussen arbeid en energie-omzettingen uitgelegd.

DIDAKTISCHE AANWIJZINGEN

De formules voor kinetische- en gravitatie-energie worden zonder afleiding gegeven. De wet van arbeid en kinetische energie (tweede bewegingswet uit "Verkeer en Veiligheid") wordt aangegrepen om te laten zien dat de eenheid van energie (joule) het zelfde is als de eenheid van arbeid (newtonmeter).

Als werkvorm kan hier de klassikale uitleg of het leergesprek genomen worden. Ter verwerking daarvan kan de leraar een aantal opdrachten geven. Een voorbeeld van die opdrachten vindt u in bijlage 1 van deze AVOL.

In hfst. 4 worden twee proeven gedaan waarbij energie-omzettingen en arbeid aan elkaar gekoppeld worden, en vervolgens het rendement uitgerekend wordt. Het is mogelijk één deel van de klas proef 4.1 te laten doen en het andere deel proef 4.2. Hoofdstuk 4 kan dan vrij zelfstandig door de groepen doorgewerkt worden met daarna een korte rapportage over de ervaringen met beide proeven (die elkaars "omgekeerden" zijn: elektromotor $\longleftrightarrow$ dynamo).

Hoofdstuk 5 gaat dieper op de energie-omzettingen in. Dit hoofdstuk kan, samen met de bijbehorende vraagstukken uit hfst. 7, vrij zelfstandig in groepen worden doorgewerkt en kort in een klassegesprek worden samengevat. Dat zelfde geldt voor het berekenen van het rendement uit het ingangs- en uitgangsvermogen in hfst. 6 en de sommen daarover in hfst. 7.

Als afsluiting van het leerstofdeel kan een samenvatting gemaakt worden met de klas. Een korte toets over de basisbegrippen energie, arbeid, vermogen en rendement lijkt hier op zijn plaats. De opgaven kunnen beter nog niet te ingewikkeld zijn. Het berekenen van het rendement in ingewikkelde situaties komt pas in de onderzoeken aan de orde.

3. HET ONDERZOEKSDEEL

De onderzoeken 1, 2 en 3 hebben vooral het karakter van een herhaling en een verdieping van de theorie van het leerstofdeel. Deze zijn dus geschikt voor de zwakkere leerling die alles nog eens moet overdenken.

De onderzoeken 4 en 5 gaan op een nieuw aspect in: het omzetten van mechanische energie in warmte. Begrippen uit "Verwarmen en Isoleren" (onder andere soortelijke warmte) worden hier toegepast. Onderzoek 6 is waarschijnlijk het moeilijkste. Hier worden hoge eisen gesteld aan de leerling zowel wat betreft practicum-vaardigheden (onder andere het meten van de verbruikte benzine bij de bromfiets) als wat betreft de theoretische uitwerking van de metingen: de geleerde begrippen uit het leerstofdeel moeten in een geheel nieuwe situatie worden toegepast.

DIDAKTISCHE AANWIJZINGEN

Bij de inleiding tot het kiezen van onderzoeken is het goed om de leerlingen op deze verschillen te oriënteren, zodat zij een onderzoek kiezen dat niet alleen interessant, maar dat ook zo goed mogelijk aansluit bij wat de leerling op dat moment nodig heeft: verdieping van de stof of uitbreiding tot een nieuwe situatie; de nadruk op technisch-instrumentele vaardigheden of op berekeningen.

De onderzoeken worden zoals gebruikelijk in groepjes gedaan, ener volgt een rapportage/demonstratie van de groepen voor de klas, zowel ter evaluatie van het onderzoek als om de leden van de andere groepen te informeren. De leraar moet aangeven welke stukken van de rapportage iedereen voor het proefwerk of schoolonderzoek moet leren. De rapportage kan worden beoordeeld door de leraar, eventueel in samenspraak met de groep of de klas. Voor 4-mavo-klassen kan die beoordeling meegenomen worden in het schoolonderzoekcijfer op een van te voren te bepalen manier. Ook de eisen waaraan een rapportage moet voldoen, moeten van te voren bekend zijn. Suggesties daarvoor staan in het boek "het toetsen van praktische vaardigheden", dat bij het PLON verkrijgbaar is.

4. DE AFSLUITING

Als afsluiting van het thema kan een samenvatting van de belangrijkste punten voor het proefwerk/schoolonderzoek/cse gemaakt worden en volgt het proefwerk. Voor mavo-4-klassen kan dat proefwerk als huiswerk meegegeven worden en daarna besproken worden. Dat proefwerk kan de moeilijkheid van een schoolonderzoek hebben (bijvoorbeeld oude schoolonderzoeksopdrachten of vraagstukken over "Machines en Energie" uit het Repeteerthema of het examenboekje).

5. SCHOOLONDERZOEK

In bijlage 3 vindt u enkele demonstratiepractica die voor een schoolonderzoek gebruikt kunnen worden. In bijlage 4 vindt u een schriftelijk schoolonderzoek over "Machines en Energie".

SAMENWERKING MET HET NBLC EN HET NIAM

In samenwerking met het PLON heeft het NBLC lijsten gemaakt met boeken, dia's, films, tijdschriftenartikelen en dergelijke, die bruikbaar zijn als aanvulling op de thema's.

Inlichtingen bij:

Het Nederlands Bibliotheek- en Lectoriumcentrum
t.a.v. M. Bartling
Taco Scheltemastraat 5
Postbus 93054
2509 AB Den Haag
Tel. 070-264351.

Verdere informatie en adressen vindt u in de AVOL's "Een Eerste Verkenning" en "Bruggen".

In samenwerking met het NIAM heeft PLON-proefschoolleraar Theo Boks een aantal films uitgezocht bij verschillende thema's. Hieronder vindt u zijn lijst voor het thema "Machines en Energie". Daarbij geeft hij een korte omschrijving en gebruikssuggesties van enkele toepasselijke films.

INLEIDING

Bij elk PLON-thema is een lijst gemaakt van mogelijk te gebruiken films en/of video-banden, die te verkrijgen zijn bij:

NIAM
Sweelinckplein 33
Postbus 63426
2502 JK Den Haag
tel. 070-600924

TFC
Arnhemsestraatweg 17
6881 NB Velp (Gld)
tel. 085-629188.

BOEKEN EN AUDIO-VISUELE MEDIA

De nummers voor de titels zijn die van het NIAM; staat er achter de titel de opmerking - video -, dan betekent dit dat de film ook op video beschikbaar is. De nummers van het TFC zijn achter de titels vermeld.

De volgorde waarin de films/video-bandens staan vermeld, geven een voorkeur voor het gebruik aan. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat de keuze, bij het nastreven van bepaalde doeleinden, niet automatisch op de eerste films/banden hoeft te vallen.

In de catalogus van het NIAM is van elke film een uitgebreide beschrijving en/of toelichting te vinden.

Voor de films van het TFC raadpleegt men de catalogi "educatie en informatie" en "techniek", de omschrijving van de films is daar vrij summier.

MACHINES EN ENERGIE

1862	De industriële revolutie in Engeland		
1563	James Watt		
VC 40707	Energie-omzetting	(alleen video)	
3212	Elektriciteit op tijd	(video)	TFC 311001
1764	Energie voor de toekomst		
1559	Energie uit materie	(video)	
3147	Temperatura	(video)	TFC 120559
1741	Raderwerk	(video)	TFC 111144
	Het ABC van de verbrandingsmotor		TFC 142043
1704	De dieselmotor	(video)	TFC 111033
1648	De Philips Stirlingmotor	(video)	
	Het ABC van de straalaandrijving		TFC 142015

1826 De industriële revolutie in Engeland.
16 mm film-kleur-geluid-23 min. - 1975

Inhoud:

Alle gebruiksvoorwerpen worden aan het begin van de 18e eeuw nog met de hand gemaakt. De stoommachine veroorzaakt een revolutionaire verandering. De machines gaan de spierkracht vervangen. Er ontstaat een bloeiende metaal- en textielindustrie, het vervoer van de industrieproducten maakt een goed wegennet noodzakelijk. De trek naar de stad, met alle gevolgen van dien, vindt plaats.

Toepassing:

De film kan goed dienen als een historische inleiding op het onderwerp machines; energie is reeds vele malen bekeken.

1563 James Watt.

16 mm film-zwart/wit-geluid-12 min. - 1962.

Inhoud:

Zie de AVOL van het thema "IJs-Water-Stoom"

Toepassing:

Als inleiding op dit thema. De ontwikkeling van de stoommachine heeft het handwerk veranderd in machinaal werk, met alle gevolgen voor het energiegebruik die daaruit voortvloeien.

VC 40707 Energie-omzettingen.

video-kleur-geluid-30 min. - 1974

Inhoud:

Zie de AVOL van het thema "Energie Thuis"

Toepassing:

Het meest interessante gedeelte bij dit thema is het begrip "perpetuum-mobile", in strijd met de wet van behoud van energie. Deze film is goed bruikbaar als afsluiting van het basisdeel.

3212 Elektriciteit op tijd.

16 mm film-kleur-geluid-25 min. - 1979

Inhoud:

Zie de AVOL van het thema "Energie Thuis"

Toepassing:

Basisdeel hoofdstuk 5 - energie-omzettingen

1764 Energie voor de toekomst.

16 mm film-kleur-geluid-22 min. - 1977

Inhoud:

Zie de AVOL van het thema "Energie in de Toekomst"

Toepassing:

Basisdeel hoofdstuk 5 - energie-omzettingen

1559 Energie uit materie.

16 mm film-zwart/wit-geluid-18 min. - 1961

Inhoud:

Zie de AVOL van het thema "Energie in de toekomst"

Toepassing:

Basisdeel hoofdstuk 5 - energie-omzettingen; kernenergie

BOEKEN EN AUDIO-VISUELE MEDIA

3147 Temperatura.

TFC 120559

16 mm film-kleur-geluid-21 min. - 1970

Inhoud:

Warmte is beweging, koude is de afwezigheid van beweging. In het gebied daartussen zijn warmte en koude een vorm van energie die de mens ten dienste staan. We volgen de temperatuuraanduiding bij het stijgen; de hitte van de gasvlam; de warmte ontwikkeld bij weerstanden in de elektriciteit; de elektrische vlamboog en de warmte-ontwikkeling door inductie; tot 30.000 graden van de plasmavlam. Daarna volgen we het werkterrein van de koeltechniek met het vloeibaar maken van gasen en de supergeleiding.

Toepassing:

Extra informatie over een bijzondere vorm van energie; het betreft een voor de meeste leerlingen volledig onbekend gebied.

1741 Raderwerk.

TFC 111144

16 mm film-kleur-geluid-20 min. 1976

Inhoud:

Het leven wordt sterk vereenvoudigd door de kracht van de motor. De wijze waarop wij gebruik maken van deze kracht is erg verschillend. Om er gebruik van te kunnen maken zijn raderen noodzakelijk. De film geeft een beeld van de ontwikkeling van het rad in de loop van de eeuwen tot en met de moderne toepassingen.

Toepassing:

De film is vrij "technisch" maar toepasbaar bij het keuzeonderzoek 1 - het rendement van de versnellingsbak.

Het ABC van de verbrandingsmotor

TFC 142043

16 mm film-kleur-geluid-11 min. -

Inhoud:

De film geeft een duidelijke uitleg van de werking van de verbrandingsmotor.

Toepassing:

Onderzoek 6 - het rendement van de bromfietsmotor; leestekst 1, par. 4 - energieverlies, benzinemotoren. Het is een mogelijkheid voor extra informatie over een machine die dagelijks gebruikt wordt.

1704 De dieselmotor.

TFC 111033

16 mm film-kleur-geluid-20 min. - 1972

Inhoud:

De grote voordelen van de dieselmotor zijn de eenvoudige konstruktie en bediening en het hoge rendement. Deze eigenschappen heeft de dieselmotor tot de meest gebruikte motor gemaakt. De film toont de diverse toepassingen in de praktijk en het principe van de werking van de motor (zowel twee- als viertakt).

Toepassing:

Zie "Het ABC van de verbrandingsmotor".

1648 De Philips Stirlingmotor.
16 mm film-kleur-geluid-18 min. - 1969

TFC

Inhoud:

De Stirlingmotor is misschien een motor van de toekomst. Het principe is duidelijk anders dan bij de verbrandingsmotor: in de zuigerruimte vindt géén verbranding plaats. De motor is daardoor geschikt voor vrijwel elk soort van "brandstof". De motor heeft een hoog rendement en werkt praktisch geruisloos.

Toepassing:

Het is duidelijk een nieuwe machine die voor het energieverbruik een positief resultaat kan opleveren door zijn groter rendement en minder belasting van het milieu. Afsluiting van het thema.

Het ABC van de straalaandrijving
16 mm film-kleur-geluid-16 min. - 19

TFC 142015

Inhoud:

Het principe van de werking van de straalmotor wordt uiteengezet met zijn voor- en nadelen in vergelijking met de andere verbrandingsmotoren. De verschillende onderdelen van de straalmotor worden getoond met hun functies.

Toepassing:

Zie "het ABC van de verbrandingsmotor".

LERARENVRAGENLIJST

We zijn benieuwd naar uw ervaringen met het thema "Machines en Energie".
Uw opmerkingen, commentaar en ervaringen kunnen wij mogelijk verwerken
in de volgende versie van deze AVOL.

Wij zouden het daarom erg op prijs stellen als u onderstaande vragen-
lijst ingevuld zou willen toesturen naar het PLON

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

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

Datum

OVER DE LERAAR EN DE SCHOOL

Naam leraar

Naam school Plaats

Leservaring natuurkunde: jaar, waarvan jaar met PLON

In welke klassen hebt u met het thema "Machines en Energie" les gegeven
(leerjaar/schooltype)

Hoeveel leerlingen waren dit in totaal? leerlingen

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

ALGEMENE VRAGEN OVER HET ONDERWIJS

Hoe kwam u "Machines en Energie" op het spoor?
.
.
.

.....

.....

.....

[illegible]

Heeft u toetsen/proefwerken gegeven? ja/nee

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

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

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

KRITIEK OP HET MATERIAAL

Hieronder kunt u uw positieve en negatieve opmerkingen over de afzonderlijke delen van het materiaal kwijt (te lang, te kort, weglaten, inkorten, te moeilijk, voorstellen voor verbetering, etc.)

Themaboek inleiding:

.

.

.

.

.

Themaboek basisdeel:

.

.

.

.

.

Themaboek keuze-onderzoeken:

.

.

.

LERARENVRAGENLIJST

Themaboek leesteksten:

.....
.....
.....
.....
.....

De apparatuurgids:

.....
.....
.....
.....

De AVOL:

.....
.....
.....
.....

KRITIEK OP HET TOTAALCONCEPT

Welke leerstof was te moeilijk?

.....
.....
.....

Welke leerstof was te makkelijk?

.....
.....

Welke leerstof moet vervallen?

.....
.....

Waarom moet ze vervallen?

.....
.....

LERARENVRAGENLIJST

Welke leerstof moet worden toegevoegd?

.

Waarom?

.

Welke onderdelen van het lessenplan uit de AVOL (blz.10) zou u willen veranderen?

.

.

.

Noemt u a.u.b. drie bijzondere voordelen van "Machines en Energie"

.

.

.

Noemt u a.u.b. drie bijzondere nadelen van "Machines en Energie"

.

.

.

Gaat u "Machines en Energie" volgend jaar weer gebruiken? ja/nee

MOGELIJKE OPDRACHTEN BIJ HOOFDSTUK 3 VAN HET BASISDEEL

1. Hoeveel energie wordt gebruikt door een boormachine die drie minuten op de netspanning van 220 volt draait en twee ampère stroom gebruikt.
2. Hoeveel chemische energie verbruikt een motorpomp die een hele dag werkt en per uur 0,25 liter brommerbenzine verbruikt?
3. Hoeveel bewegingsenergie heeft een trein van 26.000 kg, die 140 km/uur rijdt?
4. Hoeveel gravitatie-energie bezit een vogel van 50 gram op 25 meter hoogte?
5. Hoeveel arbeid verricht een liftmotor die een lift van 100 kg met drie mensen van 75 kg van de begane grond naar de 20ste verdieping (75 meter hoogte) tilt?
6. Hoeveel gram water van 20°C kan je met behulp van zonnestraling op de evenaar aan de kook brengen op een oppervlak van 1 m^2 in één seconde? Gegeven is, dat de soortelijke warmte van water $4.200\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ is.
Neem aan (wat onwaarschijnlijk is!), dat alle energie van de zonnestraling in het water gaat zitten .
7. Nederland gebruikt per jaar J energie. Hoeveel kilogram uranium - 235 zou er nodig zijn om die energie te leveren? Waarom zou die hoeveelheid in de praktijk veel groter zijn?
8. Geef één proef waaruit blijkt dat warmte een vorm van energie is.

BIJLAGE D2

OPEN ONDERZOEK (suggestie van Jan Roelofs uit Blerick)

Bij het aanbieden van onderzoeksmogelijkheden kun je als leraar steeds toevoegen:

"Of een ander leuk/nuttig/interessant onderzoek op dit gebied, naar eigen keuze".

Als een groep hierop reageert, dan is "mijnheer, wij zouden wel 'ns" de inleiding van een gesprekje waarin die vrije keuze gewogen kan worden. Die weging heeft betrekking op 1) de inhoud van het experiment 2) de haalbaarheid ten aanzien van leerlingen, leraar, tijd, materiaal

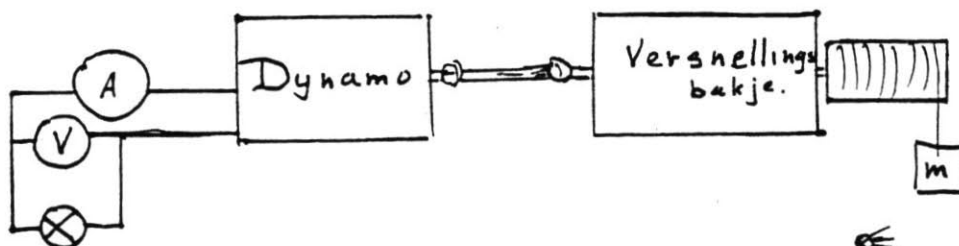
Het is wel prettig om een idee achter de hand te hebben om eventueel een tegenvoorstel te doen of om een groep uit te dagen wat anders aan te pakken.

1. Het rendement van de versnellingsbak in de eerste tot en met de zesde versnelling. P_{motor} en zijn toerental gelijk houden door de belasting van de versnellingsbak te variëren.
2. Het rendement van een motor bij diverse toerentallen en een belasting van 3 N.
3. Het rendement van een motor die constant 40 r/s draait en waarvan de belasting van 1 t/m 6 N gevarieerd wordt. (In de samenvatting kunnen conclusies getrokken worden uit opdracht 1, 2 en 3).
4. Het rendement van een bromfietsmotor.
Meet het benzineverbruik bij het optrekken vanuit stilstand tot 30 km/h en meet
$$F_{\text{gem.}} = F_{\text{wrijving}} + F_{\text{weerstand lucht}}$$

bij een snelheid van 21 km/h.
5. Wanneer krijg je het hoogste rendement uit dit motortje (variatie van toerental en belasting).
Let op de organisatie van dit experiment.

DEMONSTRATIEPRAKTIKUM "MACHINES EN ENERGIE"

Opstelling van proef I



Gegeven s en m .

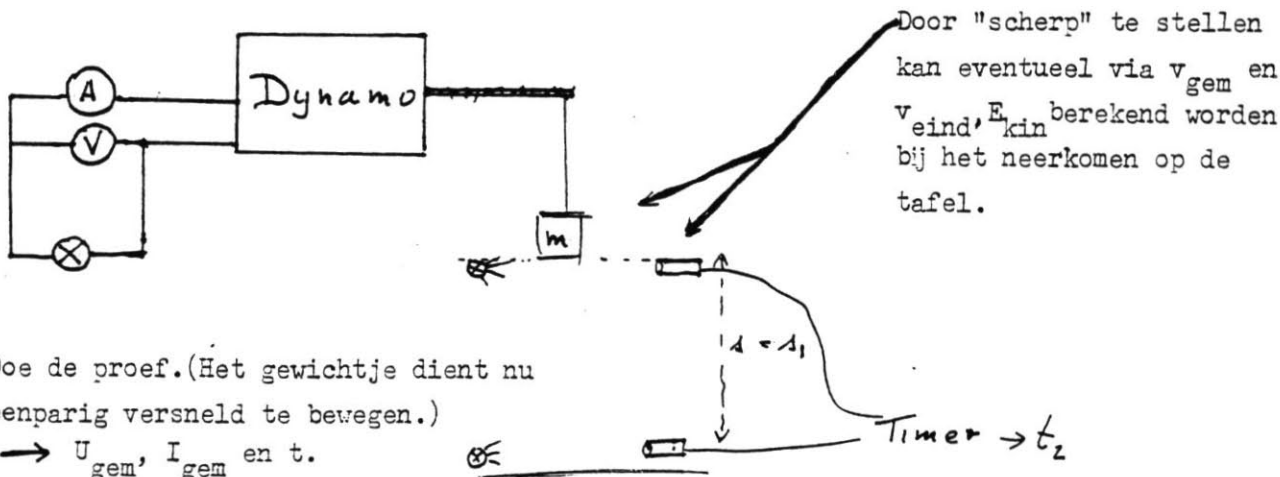
Doe de proef. (Hierbij moet het gewichtje over afstand s eenparig bewegen.) $\rightarrow U, I$, en t

- A Met welk rendement werd hier electriciteit opgewekt?
- B Welke energieomzettingen hebben bij deze proef plaats gehad?
- C Het rendement van de versnellingsbak bedroeg bij deze proef 55 %
Bepaal nu het rendement van de dynamo.

D Bereken E_{kin} waarmee het gewichtje op de tafel belandde.

Misschien kunnen we het rendement bij proef I vergroten door de versnellingsbak weg te laten. We zullen zien...

Opstelling van proef II



Doe de proef. (Het gewichtje dient nu eenparig versneld te bewegen.)

$\rightarrow U_{gem}, I_{gem}$ en t .

- E Verklaar waarom de opbrengst aan elektrische energie (en dus het rendement) nu veel lager is. (Denk aan de plof die je hebt gehoord!)

P.S. Zo een timer (in honderste seconden) hoeft maar $\frac{1}{10}$ 60,- te kosten.

BIJLAGE D3

Laat een (met zorg uitgekozen) balpen van ongeveer 15 cm hoogte op de werktafel stuiten. (Het indruk-knopje moet zo loodrecht mogelijk de tafel treffen.)

Opdr. A Beschrijf de energie-omzettingen die bij deze proef plaats hebben gehad.

We gaan deze proef nu een aantal keren herhalen en we vullen deze tabel in.

METINGEN :

valhoogte in cm	terugveerhoogte in cm
0	-
10	-
20	-
30	-
40	-
50	-

De massa van de balpen is 10 g .

Hé, ik kan er mee schrijven.

Opdr. B Zet in een diagram de terugveerhoogte uit tegen de valhoogte van de pen.

Opdr. C Bepaal de energie die nodig is om het knopje in te drukken.

Opdr. D Beschrijf een andere (liefst betere) manier om de arbeid te bepalen die nodig is om het knopje in te drukken.

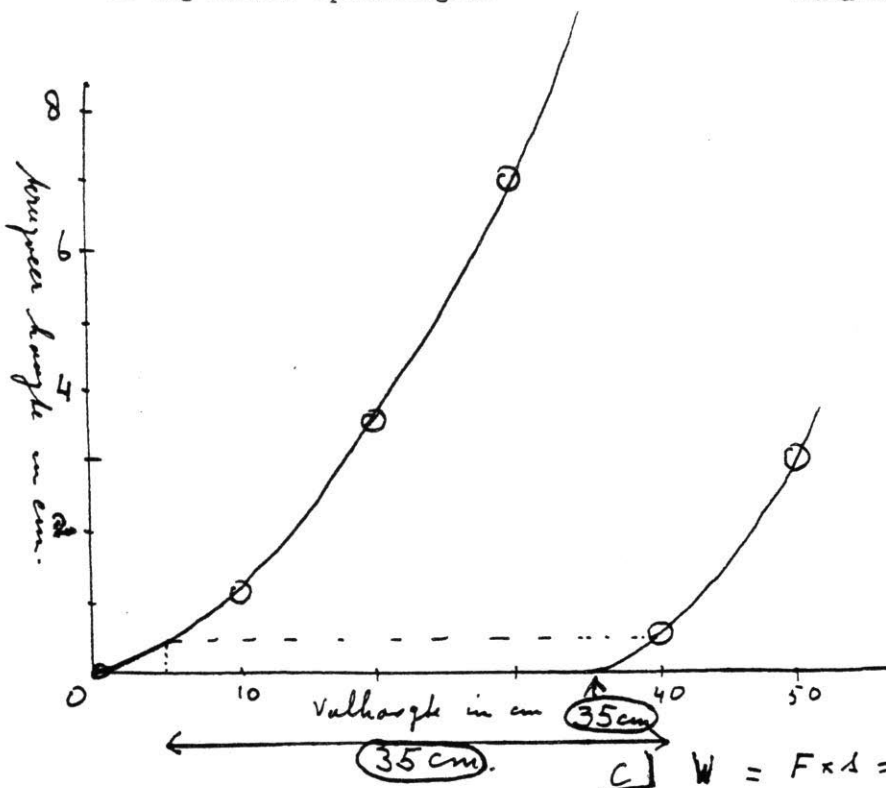
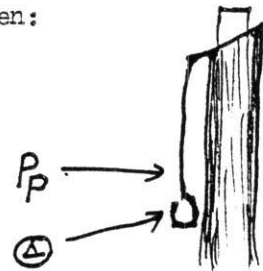
De proefresultaten zijn sterk afhankelijk van het type balpen en de ondergrond.

Meetresultaten:

cm	cm
0	0
10	1
20	3½
30	7
40	½
50	3

Twee erg fraaie oplossingen:

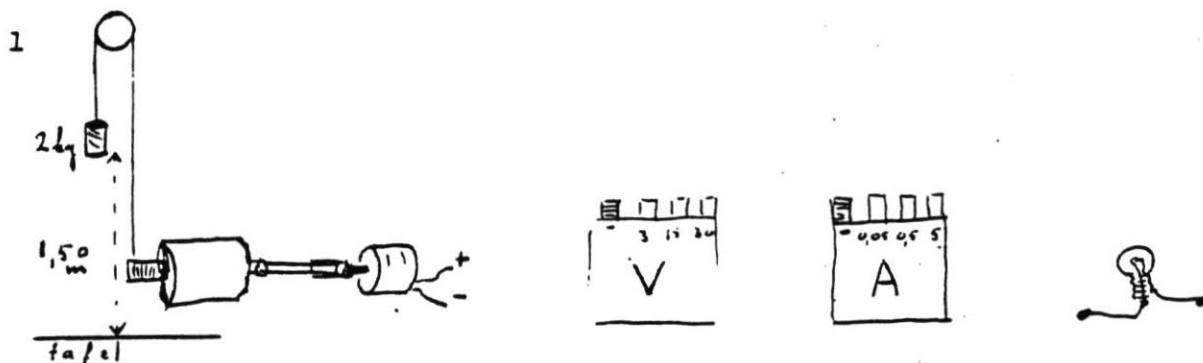
Gehanteerde balpen:



Jan Ruelke

$$W = F \times d = 0,1 \text{ N} \times 0,35 \text{ m} = 0,035 \text{ Nm}.$$

SCHOOLONDERZOEK "MACHINES EN ENERGIE"
(MAASVELD MAVO)



In bovenstaande proef wordt door een zakkend gewicht een dynamo aangedreven. De dynamo wordt belast met een lampje.

a Teken in de figuur de elektrische aansluitingen. In die schakeling dien je ook de V en de A meter op te nemen.

b Welke energie omzettingen kun je in deze proef aanwijzen ?

.
.
.

Het massa stuk van 2 kg zak met een constante snelheid in een tijd van 6 seconden over de afstand van 1,50 m. De meters wijzen gedurende die tijd de waarden : 6,0 V en 0,15 A aan.

c Bereken het rendement bij deze proef.

.
.
.

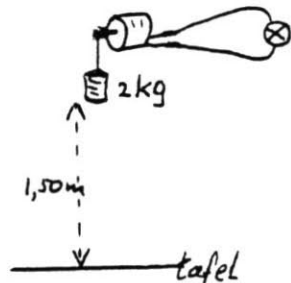
d Wat is de functie van de versnellingsbak in deze opstelling ?

.
.

e Bereken de kinetische energie die het gewicht had, toen dat gewicht - na 6 seconden lang het lampje gevoed te hebben - op de tafel belandde.

.

f



Een leerling maakt met hetzelfde motortje de nevenstaande proefopstelling en ziet nu het gewicht een (eenparig) versnelde beweging maken. De "valtijd" (pas op; geen vrije val!) bedraagt 0,6 s . Gevraagd:

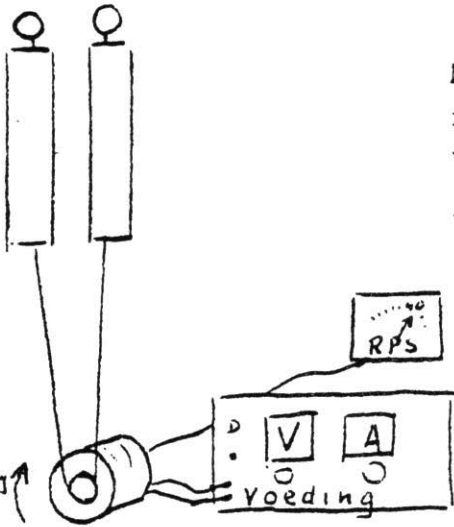
v_{gem}
 v_{eind}
 E_{kin} .waarmee het gewicht op de tafel komt

.

BIJLAGE D4

g Maak een goed beredeneerde schatting van de electr.energie die nu aan het lampje wordt geleverd

2



Met de hier geschetste proefopstelling werd het rendement van een motor bepaald. De meetgegevens :
Volt-meter 9,0 V
Ampere meter 0,30 A
Toerenteller 40 /s

De omtrek van het aandrijfwieletje is 2 cm.

De veerunsters wijzen 0,8 en 0,3 N aan. Gevraagd :

- Teken in de veerunsters de gegeven waarden. Let daarbij op de gegeven draairichting van de motor.
- Beschrijf in het kort hoe je tot de keuze in vraag a bent gekomen.

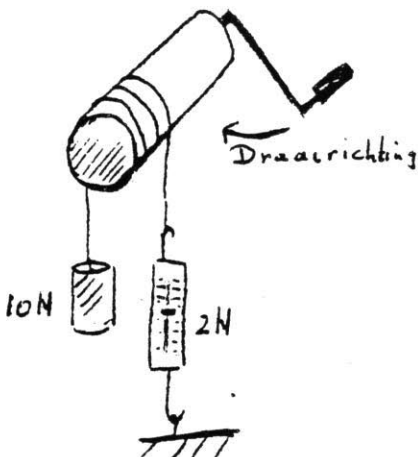
c Bereken het rendement van de motor.

d Vind je deze motor goed, matig of slecht. Geef een toelichting bij je keuze.

e Bereken hoeveel warmte in 1 minuut tussen aandrijf wiel en touw ontstaat.

f Hoeveel warmte zal er dan in 1 minuut in de motor zelf ontstaan ?

3



Om een koperen cylinder is een touw geslagen.

Aan de ene kant hangt een gewicht van 10 N . Aan de andere kant is een veerunster bevestigd. De veerunster wijst gemiddeld 2 N aan. De cylinder wordt met de hand rondgedraaid.

- Hoe groot is de wrijvingskracht tussen touw en cylinder ? . . . De zwengel wordt 100 x rondgedraaid. De omtrek van de cylinder is 13 cm .
- Hoeveel arbeid is er door het draaien geleverd ?

De koperen cylinder heeft een massa van 0,2 kg . De soortelijke warmte van koper is 39 J/kg.K . De koperen cylinder steeg 4 K in temperatuur.

c Bereken het rendement bij dit experiment.

d Waarom zal een hoger rendement verkregen worden als er sneller gedraaid wordt ?
.

e Om de proef sneller te kunnen uitvoeren moet de persoon die aan de zwengel draait :
A Een grotere massa hebben. C meer arbeid verrichten.
B een groter vermogen leveren D met grotere kracht draaien.

BIJLAGE D5

SCHOOLONDERZOEK "MACHINES EN ENERGIE" (REGINA PACIS STREEKSCHOOL VOOR MAVO)

Een gedeelte van dit school-onderzoek zal bestaan uit een praktische opdracht. Je kunt maximaal een kwartier met de opstelling werken om je meetresultaten te verkrijgen. In de tijd daarna heb je nog wel de mogelijkheid om de meetresultaten te verwerken tot een verslag.

practische opdracht:

Hijsen met de elektromotor. *

Je vindt een opstelling, waarin een elektromotor een gewicht 1 meter omhoog moet hijsen.

Maak de opstelling zo, dat je het arbeidsrendement van dit hijswerktuig kunt bepalen.

- a Beschrijf de opstelling, die je gemaakt hebt m.b.v. een tekening. (alleen die veranderingen die jij hebt aangebracht)
- b Welke energie omzettingen vinden hier plaats?
- c Welke metingen ga je verrichten?
- d Je gaat achtereenvolgens
 - a) een gewicht van 1N
 - b) een gewicht van 2N 1 meter omhoog hijsen.

Voer elke meting minstens twee keer uit en zet je meetresultaten in een tabel.

- e Bereken het arbeidsrendement van dit hijswerktuig voor de verschillende massa's.
- f Geef een verklaring voor het eventuele verschil in rendement bij het hijsen met een gewicht van 1N en een gewicht van 2N.
- g Hijs nu nogmaals het gewicht van 2N op en laat nadat je de stroom hebt uitgeschakeld het gewicht uit zichzelf naar beneden zakken. Doe hier ook metingen aan.
- h Bepaal in de situatie van g) het arbeidsrendement.
- i Geef kort je commentaar op de meetresultaten als je het hijsen en het vallen van het gewicht van 2N gaat vergelijken.

* NB vanwege de grote hoeveelheid gelijktijdige metingen kan deze praktische opdracht het beste in groepjes van 2 leerlingen gedaan worden.

theoretisch gedeelte:

- ① Een machine is een energie omzetter, ieder proces is te beschrijven als:

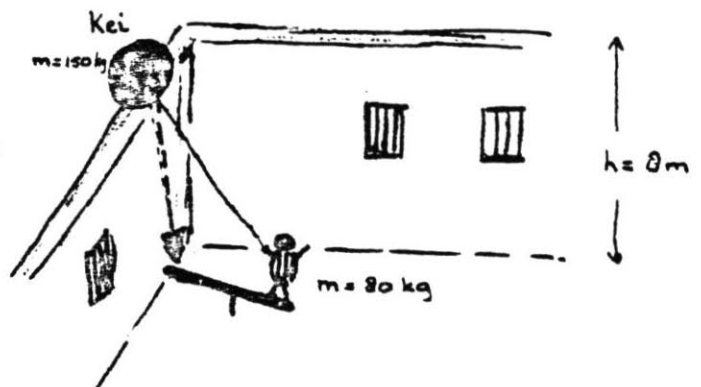
energie $\rightarrow$ arbeid $\rightarrow$ energie

Beschrijf de volgende processen of systemen zo volledig mogelijk met behulp van bovenstaande gegevens:

- het remmen van een auto
- het fietsen met constante snelheid en met brandend voor en achterlicht.
- een kerncentrale
- bedenk een machine of systeem dat gravitatie energie omzet in elektrische energie.

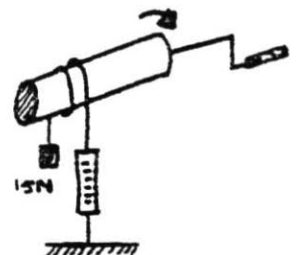
- ② Een gevangene voert een ontsnappings poging uit m.b.v. een wip-toestel.

Door middel van een touw laat hij op de ene zijde van de wip een kei vallen met een massa van 150 kg. terwijl hij zelf op de andere kant van het toestel staat. Als gegeven is dat het arbeidsrendement van het wip-toestel 55% bedraagt en dat de gevangene een



massa van 80 kg. heeft, laat dan door berekening zien of de gevangene ontsnappingskansen heeft, de hoogte van de gevangenis muur bedraagt 8 meter.

- ③ Om een koperen cilinder is een touw geslagen. Aan de ene kant hangt een gewicht van 15N en aan de andere kant is een veerurnster bevestigd. De cilinder wordt met constante snelheid rondgedraaid, zodat de veerurnster 0.N aanwijst.



- Welke energie-omzettingen vinden er plaats ?
- Hoeveel bedraagt nu de wrijvingskracht tussen touw en zwengel ?
- De zwengel wordt 100 keer rond gedraaid, de straal van de cilinder is 4 cm. Hoeveel bedraagt nu de wrijvings-energie ? ($\pi = 3,14$)
- De koperen cilinder heeft een massa van 0,2 kg. de soortelijke warmte van koper is $390 \text{ J / kg / } ^\circ\text{C}$. Hoeveel graden is het koper in temperatuur gestegen als alle warmte aan het koper wordt toegevoerd.

BIJLAGE D5

④ In Duitsland staat in een park een zeer bijzondere fontein.

Het bijzondere is dat de energie die nodig is om het water omhoog te spuiten, gelaverd wordt door het systeem zelf. Als alle deelsystemen een rendement van 100% zouden hebben hebben we hier te maken met een PERPETUUM MOBILE.

a In figuur 1. moet je proberen het perpetuum mobile in elkaar te zetten, met behulp van de onderdelen uit figuur 2. Teken dat!!!

b Beschrijf de werking van het apparaat.

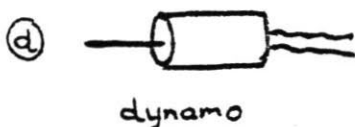
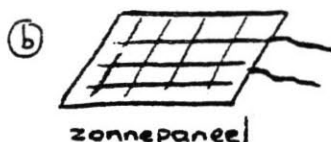
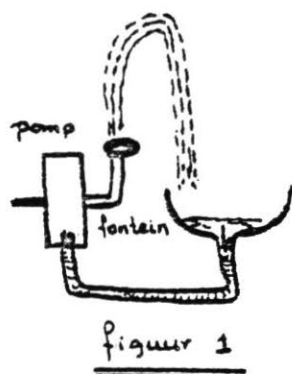
c Schrijf op bij welke energie-omzetting het gaat bij:

- de zonnecellen
- de elektromotor
- de dynamo
- de lamp

■ Helaas hebben we bij elke energie omzetting te maken met energie-verliezen, zodat ons perpetuum mobile maar een droomwens is.

Gegeven is dat: - de zonnecellen een rendement hebben van 15%, -de elektromotor een rendement van 85%, -de lamp een rendement van 5%, -dynamo rendement 85%.

d Stel nu dat de zonnecellen over een bepaalde periode 1000 J toegevoerd krijgen, bereken dan met behulp van bovenstaande gegevens hoeveel er van die 1000 J weer terug komt bij de zonnecellen in de vorm van lichtenergie.



figuur 2

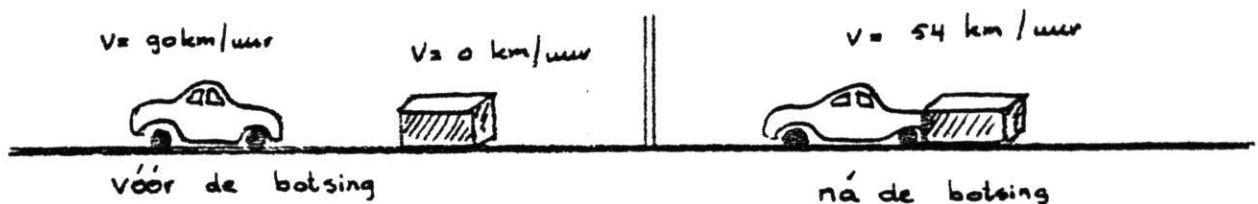
- ⑤ Een auto met een totale massa van 450 kg. rijdt met een constante snelheid van 90 km / uur.

a. Bepaal de hoeveelheid energie die de auto bezit.

Met deze snelheid botst de auto frontaal tegen een stilstaande container met massa 150 kg. Na de botsing duwt de auto de container voort met een snelheid van 54 km / uur

b. Bereken m.b.v. bovenstaande gegevens hoeveel energie er met de botsing verloren is gegaan.

c. Waar is deze energie gebleven?



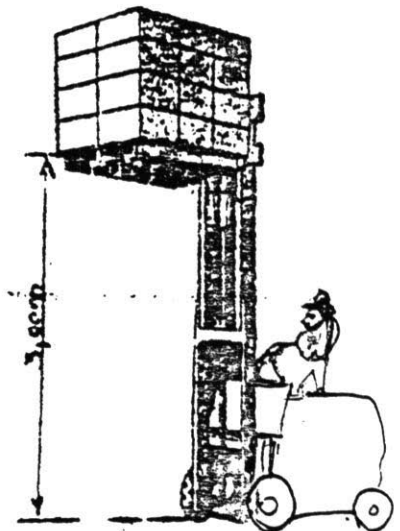
- ⑥ Op een pallet staan 24 dozen elk met een massa van 15 kg. De pallet wordt met een vork-heftruck verplaatst.

a. Hoe groot is de kracht die de vork-heftruck minimaal moet uitoefenen om de pallet vertikaal op te tillen?

b. Bereken de benodigde arbeid om dit over een afstand van 3 meter te doen.

c. Bereken het vermogen dat de heftruck levert als het 4 seconden duurt om de pallet 3 meter op te heffen.

d. Bereken het vermogen in P.K. als gegeven is dat 1 P.K. = 750 J/sec.



BIJLAGE D6

EEN LEERLINGENVERSLAG: HET RENDEMENT VAN EEN BROMMER (Maasveld Mavo 1980)

Het vermogen en het rendement berekenen van een brommer

We begonnen met het ijken van de kilometerteller die op de brommer zat. Daar hadden we drie man voor nodig: een man als vaste bestuurder en twee tijdwaarnemers. De tijdwaarnemers startten hun stop-watches precies gelijk en gingen 20 meter uiteen staan. De brommer kwam aanrijden met een constante snelheid van 40 kilometer. Als de brommer voorbij de eerste tijdwaarnemer rijdt, stopt die zijn stop-watch. Dit zelfde doet de tweede tijdwaarnemer als de brommer een paar seconden later voorbij komt. We namen het verschil van de twee tijden en we deelden het aantal meters door het aantal seconden. Dit deden we ook met 20 kilometer per uur.

Eerste snelheid - 40 km/uur (die de teller aangaf) is $40.000 \text{ m} / 3.600 \text{ s}$ is ongeveer 11 m/s.

Eerste tijd - 2 seconden.

Afstand parcours - 22 meter.

Hieruit volgt $22 \text{ m} : 2 \text{ s}$ is ongeveer 40 kilometer per uur. Dus bij 40 km/uur klopt de kilometerteller.

Tweede snelheid - 20 km/uur is $20.000 \text{ m} / 3.600 \text{ s}$ is 5,5 m/s.

Tweede tijd - 3,9 seconden.

Afstand parcours - het zelfde.

Hieruit volgt $22 \text{ m} : 3,9 \text{ s}$ is 20,3 km/uur.

Deze afwijking komt waarschijnlijk door een meetfout.

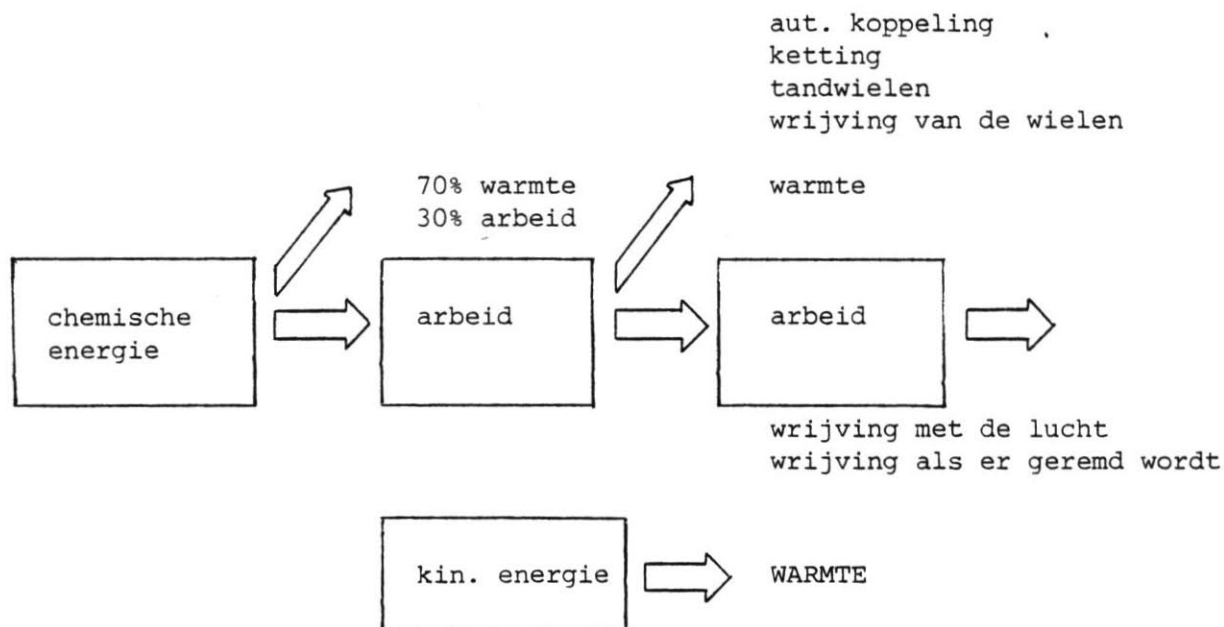
De rendementsberekening

Eerst moesten we weten wat de brommer op een bepaald parcours verbruikt. Dat deden we met een slang die we op de benzine-inlaat van de carbureteur plaatsten. Op de slang hadden we bij elke ml een streep gezet. In de slang deden we benzine en begonnen te rijden.

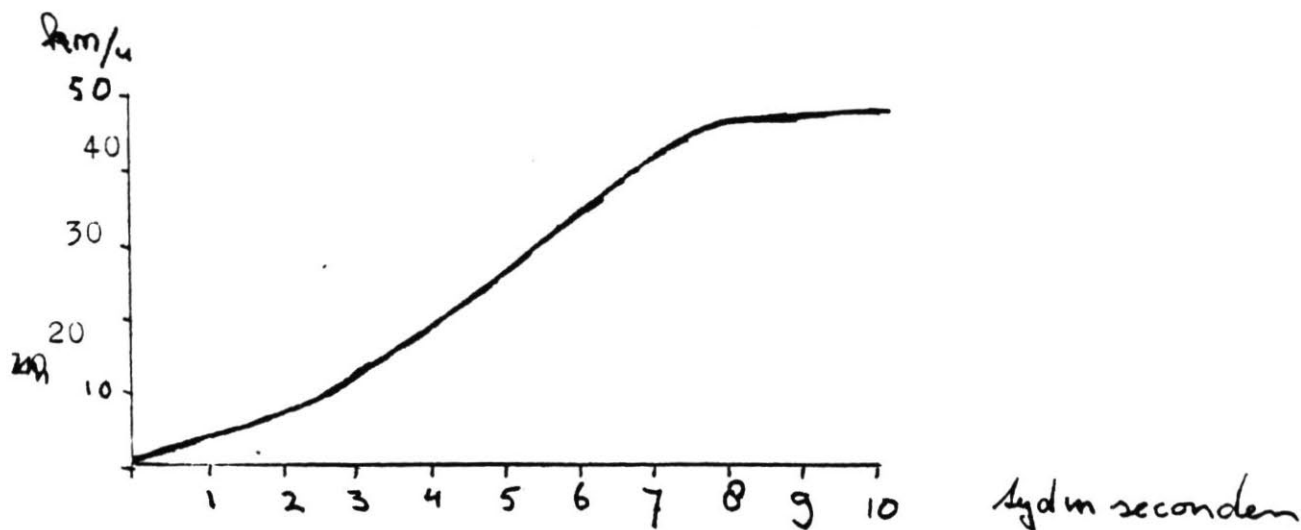
De verbrandingswarmte van benzine is 33.000.000.000 J per 1.000 liter, dus 33.000 J per ml. Het gewicht van de brommer (Puch maxi) en bestuurder was 95 kg. De snelheid 40 km/uur is $40.000 / 3.600$ is 11 m/s.

De energie die we erin stopten was 1 ml benzine, dus 33.000 J. De energie die we eruit haalden was: E_{kin} is $\frac{1}{2} mv^2$ waaruit volgt $\frac{1}{2} \times 95 \times 121 = 5748 \text{ J}$. Rendement is energie eruit, gedeeld door de energie erin. Dat maal 100%, dus $5.748 : 33.000$ is ongeveer 17%.

Fouten: - metingen niet op de eentiende nauwkeurig
- de verbrandingswarmte van benzine is niet precies.



Hier kun je zien wat er van de benzine overblijft. Het eindstation is toch warmte.



Dit is een grafiek van de versnelling van de brommer. Je kunt zien, dat er in het begin veel verloren gaat door de automatische koppeling.

BIJLAGE D6

Nu hebben we ook nog het vermogen, dat op het achterwiel komt te staan berekend. We hebben de brommer op laten trekken van nul tot veertig. Daarbij hebben we ook de tijd gemeten.

$$F \times t = \frac{1}{2} m v_e^2 - \frac{1}{2} m v_e^2$$

$$F \times 8 = \frac{1}{2} \times 95 \times 121 - 0$$

$F = 718 \text{ W}$ 750 is ongeveer een PK.

Deze 718 W komt alleen op het achterwiel; de motor heeft wel veel meer PK, maar deze worden omgezet in een kleinere kracht en een grotere weg. Dit gebeurt door tandwielen.

De kracht op het achterwiel is groter, want we hebben de wrijvingskracht verwaarloosd; dit is ongeveer twintig Newton.

Het rendement van een goede elektromotor is ongeveer 70% en van een goede verbrandingsmotor ongeveer 25%, dit zelfde, maar dan van een stoomtrein, is ongeveer 15%.

Dit verslag is gemaakt door: FRANK STOFMEEL
MARSEL LAMMERS
FRANK GRUBBEN.

MACHINES EN
ENERGIE

INHOUD

inleiding	42
benodigdheden per proef	44
bijzonderheden	50
werktekeningen	51
materiaaloverzicht	56
adressen	58

INLEIDING

Deze inleiding geeft informatie over de vorm en de inhoud van de apparatuurgids.

Deze gids bestaat uit vier delen:

1. benodigdheden per proef en onderzoek;
2. materiaaloverzicht ten behoeve van aanschaf, organisatie en berging;
3. bijzonderheden, bijv. werktekeningen, bouwbeschrijvingen en wie levert;
4. adressen van leveranciers.

1. BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

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

Iedere proef wordt apart weergegeven. Voor de proef staat een verwijsnummer (...). Het verwijsnummer is van belang voor de overzichtslijsten. Daarmee wordt het materiaal teruggekoppeld naar de proeven, zodat onmiddellijk vastgesteld kan worden hoe vaak en waar het materiaal in de diverse proeven gebruikt wordt. Voor het verwijsnummer wordt soms een B geplaatst.

B betekent dat de proef behoort tot het basis-lessenplan en beslist moet worden gedaan. Alle andere proeven worden als extra beschouwd.

In de linker kolom wordt tevens aangegeven:

- de plaats van de proef in het thema-boek
- de werkvorm, bijv. leerlingenproef, knutselproef e.d.
- korte samenvatting van leerdoelen en leerlingactiviteiten in relatie met de aard van de benodigdheden die in de rechter kolom staan
- foto's en/of tekeningen indien deze ter verduidelijking nodig zijn.

In de rechter kolom staan per proef de benodigdheden.

Indien nodig wordt door het ! teken de leraar opmerkzaam gemaakt voor een bijzonderheid bij dit onderdeel en verwijst daarvoor door naar de Bijzonderheden.

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

Tussen de regels staan vaak kleine tips en alternatieven vermeld.

2. MATERIAAL-OVERZICHT, TEN BEHOEVE VAN AANSCHAF, ORGANISATIE EN BERGING

Deze lijst is onderverdeeld in zeven rubrieken:

- specifieke apparatuur en materiaal;
- audiovisuele media;
- meten en wegen;
- algemene hulpmiddelen zoals statiefmateriaal e.d.;
- gereedschappen e.d.;
- chemicaliën e.d.;
- verbruiksmateriaal, zoals papier e.d., lijm, potjes, blikken, waarmee leerlingen zelf apparaten kunnen maken.

Het materiaaloverzicht geeft informatie over basis-aantallen materiaal en apparatuur en ook de extra's. Verder de kosten die eraan verbonden zijn. Door de verwijfsnummers te vermelden is terug te vinden in welke proeven een bepaald materiaal of apparaat wordt gebruikt.

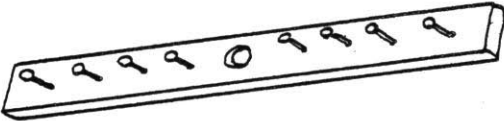
3. BIJZONDERHEDEN

Bij de bijzonderheden vinden we verdere aanwijzingen over een onderdeel uit de benodigdheden. Bijzonderheden kunnen uiteen lopen van werktekeningen tot bouwbeschrijvingen, alternatieven e.d. Verder worden ook aanwijzingen gegeven over leveranciers en bestelnummers van bepaalde onderdelen.

4. ADRESSEN

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

BENODIGDHEDEN PER PROEF

- | | | | |
|----|---|------------------------------|--|
| B1 | PROEF 1.1 | <i>Leerlingenproef</i> | - Gewicht 5 kg
- meetlint |
| | Relatie gewicht, hoogte en arbeid ontdekken. | | |
| B2 | PROEF 1.2 | <i>Leerlingenproef</i> | - tafel
- unster 0-12 kg
- meetlint
- unster 0-25 kg |
| | Relatie wrijvingskracht en arbeid ontdekken | | |
| B3 | PROEF 1.3 | <i>Leerlingenbuitenproef</i> | - unster 0-12 kg
- meetlint
- blokje hout voor onder knijp-rem-handel
- stopwatch
- plakband |
| | Relatie remkracht en arbeid ontdekken | | |
| B4 | PROEF 1.4 | <i>Leerlingenproef</i> | - botswagentje
- plank 30x150 cm
- statiefmateriaal
- veerunster 0-3 N
- meetlat
- weegschaal 0-1 kg |
| | Vergelijken of het omhoog brengen van een wagentje altijd evenveel energie kost | | |
| B5 | PROEF 1.5 | <i>Leerlingenproef</i> | - lat 40x18x300 met een gat van 12 mm in het midden en vanaf het midden om de 2 cm een spijker
- 2 gelijke unsters bijv. 0-10 N
- statiefmateriaal
- gewicht tot 5 N
- meetlat |
| | Krachten uitgeoefend op verschillende plaatsen vanaf het draaipunt vergelijken | | |
| |  | | |
| B6 | PROEF 1.6 | <i>Leerlingenproef</i> | - 2 katrollen (zie leerlingenboek)
- gewicht
- veerunster
- statiefmateriaal |
| | Krachten verkleinen d.m.v. katrollen en ontdekken dat de verrichtte arbeid hetzelfde blijft | | |
| B7 | PROEF 2.1 | <i>Leerlingenproef</i> | !- versnellingsbak/vertragingskastje |
| | De vertraging/versnellingsbak bekijken | | |

BENODIGDHEDEN PER PROEF

B8 PROEF 2.2 *Leerlingenproef*

Het rendement van de versnellingsbak bepalen

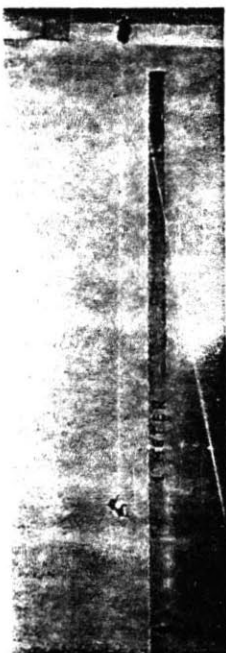
Deze proef vraagt bij de uitvoering extra aandacht



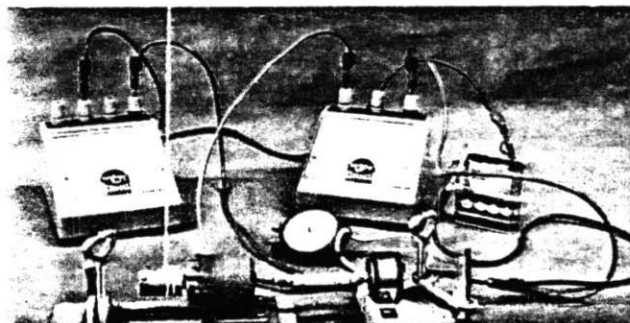
- !- versnellingbak/vertragingkastje
- !- touw (koord)
- !- pully 20 mm $\varnothing$
- !- pully 6 mm $\varnothing$
- 2 meetlatten 30 cm
- zand
- plastic beker
- statief materiaal
- gewichten 0,5 N
- weegschaal 0-1 kg

B9 PROEF 4.1 *Leerlingenproef*

Elektrische energie omzetten in mechanische energie



- !- electromotor
- !- pully 20 mm $\varnothing$
- koord
- 4,5 V batterij
- !- versnellingsbak
- katrol
- !- koppeling
- lange lat met maat verdeling (2 mtr)
- gewichtjes à 0,5 N
- spanningsmeter
- stroommeter



BENODIGDHEDEN PER PROEF

B10 PROEF 4.2

Leerlingenproef

Mechanische energie omzetten in elektrische energie

- !- electromotor
- !- pully 20 mm $\emptyset$
 - koord
- !- versnellingsbak
 - katrol
- !- koppeling
 - lampje 6V 0,04 A in lamphouder
 - lat met maatverdeling (2 meter)
 - gewichtjes à 0,5 N
 - spanningsmeter V
 - stroommeter mA
 - stopwatch

De uitkomsten van de proeven 2.8, 2.9 en 2.10 worden bij rekenopdrachten in hoofdstuk 2 voortdurend gebruikt. Het is daarom noodzakelijk dat deze proeven goed worden voorbereid.

VERVOLGDEEL: KEUZE-ONDERZOEK

11 ONDERZOEK 4.1

Leerlingenproef

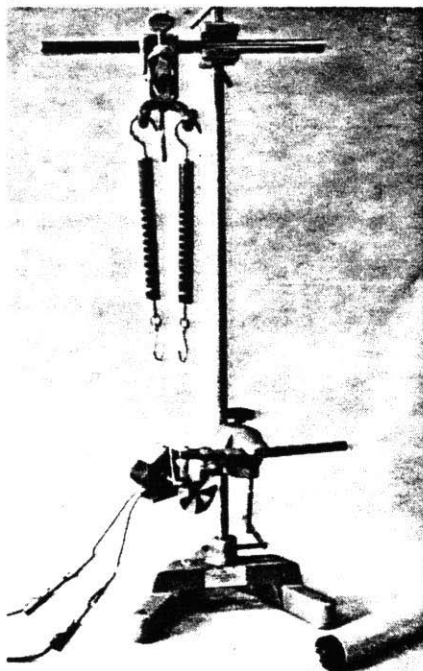
Onderzoeken of het rendement afhangt van de belasting van de versnellingsbak

- !- pully 6 mm $\emptyset$
- !- versnellingsbak
 - statief materiaal
- !- pully 200 mm $\emptyset$
 - meetlat (30 cm)
 - gewichtjes à 0,5 N
 - koord
 - veerunsters (2) 1 N
 - stopwatch

12 ONDERZOEK 4.2

Leerlingenproef

Onderzoek naar het rendement van een electromotor bij verschillende toerentallen



- !- electromotor/evt. met toerenteller
- voedingsapparaat
- koord
- veerunsters (2) 1 N
- statiefmateriaal
- !- stroboscooplampje
 - pully 20 mm $\emptyset$
- !- stroboscoop schijfje
 - spanningsmeter V
 - stroommeter mA

BENODIGDHEDEN PER PROEF

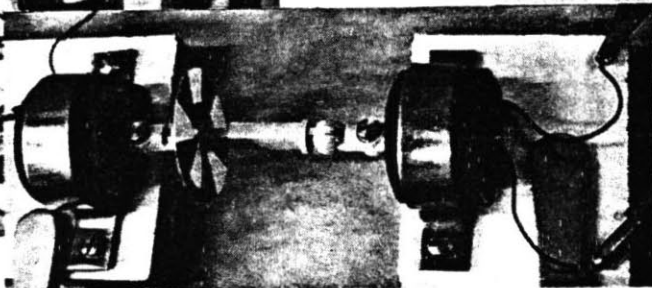
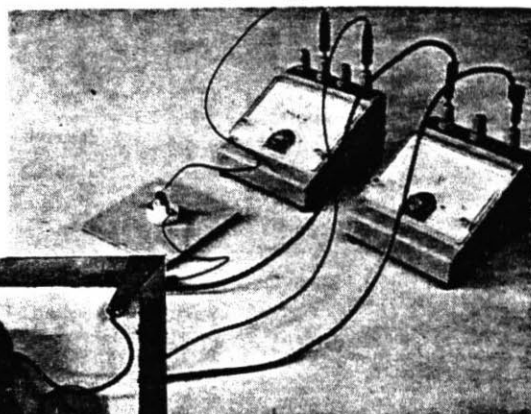
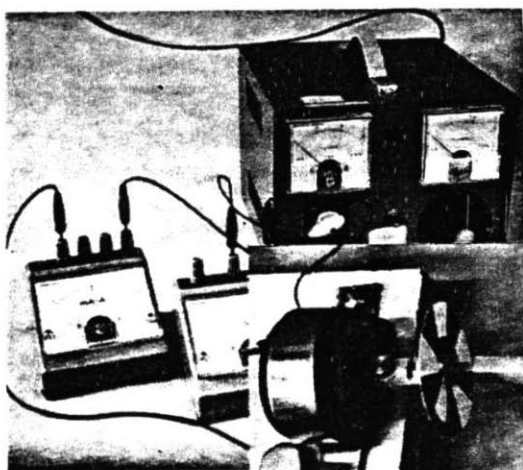
ONDERZOEK 4.3

13 PROEF 1

Leerlingenproef

Het rendement van een electromotor-dynamo systeem bepalen

- !- electromotor (2)
- !- koppeling
- batterij of voedingsapparaat
- stroommeters mA (2)
- spanningsmeters V (2)
- lampje 6V 0,04 A in lamphouder
- !- stroboscoopschijfje
- !- stroboscooplampje



14 PROEF 2

Leerlingenproef

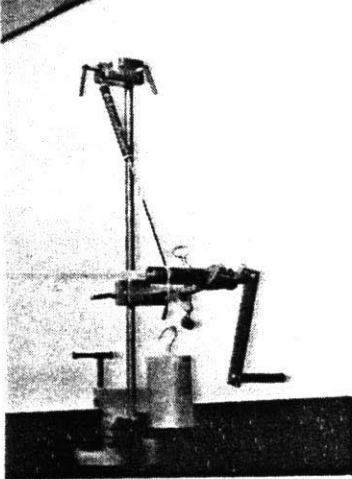
Het rendement bepalen van een dynamo-elektromotor systeem

- !- versnellingsbak
- gewicht 2,5 N
- katrol
- pully (2) 20 mm $\varnothing$
- !- koppeling
- !- electromotortjes (2)
- statiefmateriaal
- veerunsters (2) 1 N
- maatlat 2 mtr
- koord
- !- stroboscoopschijf
- !- stroboscooplampje

BENODIGDHEDEN PER PROEF

15 ONDERZOEK 4.4 *Leerlingenproef*

Aantonen dat wrijving wordt omgezet in warmte



- !- joule apparaat
- thermometer -10 — 30 °C
- statiefmateriaal
- gewicht 10 N
- veerunster 0-10 N

pas op dat de thermometer niet breekt

16 ONDERZOEK 4.5 *Leerlingenproef*

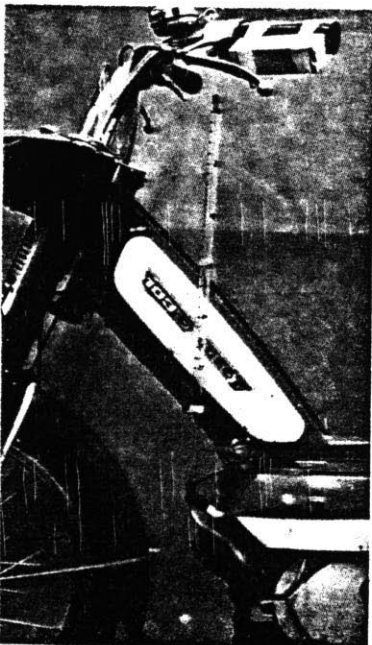
Onderzoeken of gravitatie-energie na het vallen geheel is omgezet in warmte

- 1 kg fijne loodhagel
- kartonnen- of PVCbuis, doorsnede + 8 cm
- lengte 1 mtr + insteekdiepte beide eindstoppen
- thermometer -10 — 30 °C
- 2 rubberen of kurken eindstoppen

ONDERZOEK 4.6

17 PROEF 1 *Leerlingenproef*

De remkracht van een bromfiets vaststellen t.b.v. de proef 3



- bromfiets
- perspex buis, bijv. binnendiameter 6 mm met cc schaalverdeling
- rubberslang
- houten blokje voor onder remknijper
- stopwatch
- meetlint
- kleine trechter (moet in perspex buis passen)
- bekeerglas 150 ml

BENODIGDHEDEN PER PROEF

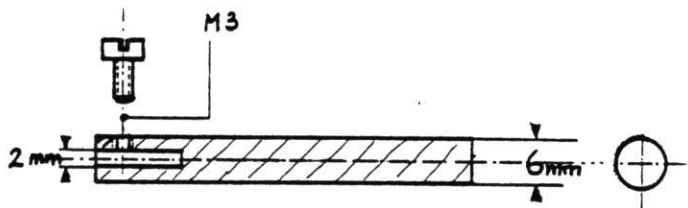
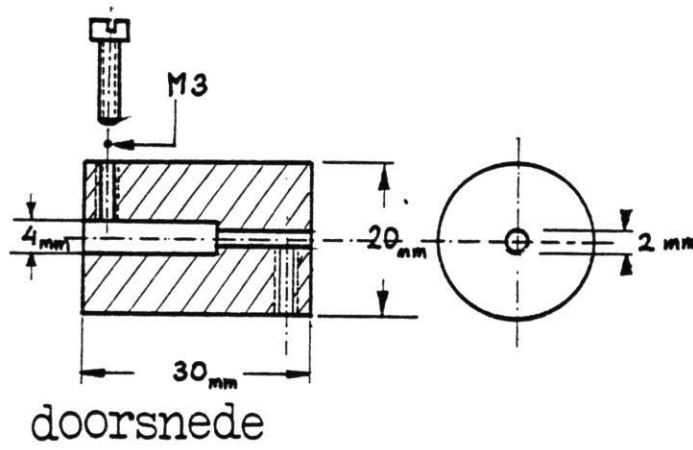
- | | | | |
|----|---|------------------------|----------------|
| 18 | PROEF 2 | <i>Leerlingenproef</i> | - idem proef 1 |
| | De rijweerstand bepalen t.b.v. proef 3 | | |
| 19 | PROEF 3 | <i>Leerlingenproef</i> | - idem proef 1 |
| | Het rendement van een brommermotor
bepalen bij verschillende belastingen | | |

BIJZONDERHEDEN

VERWIJSNUMMER	APPARAAT	SPECIFICATIE ETC.	OPMERKINGEN/VERKRIJGBAAR
7,8,9,10,14	versnellingsbak/ vertragingkastje	MARX, type Richard	verkrijgbaar bij PLON
8,9,10,11	pully 20 mm Ø	aluminium of koper	zie werktekening
8,10	pully 6 mm Ø	aluminium of koper	zie werktekening
9,10,12,13,14	electromotor	cassette recorder motortje 0-10 V	dump- of electronicahandel eventueel bij PLON
9,10,13,14	koppeling (kardan)	MARC, kardan 4	verkrijgbaar bij PLON
12,13,14	stroboscooplampje	neonlampje met diode	zie werktekening
12,13,14	stroboscoopschijfje	.	zie tekening
15	joule-apparaat	31.365 alternatief	Breukhoven zie werktekening
16	gravitatie-energie- buis		zie werktekening

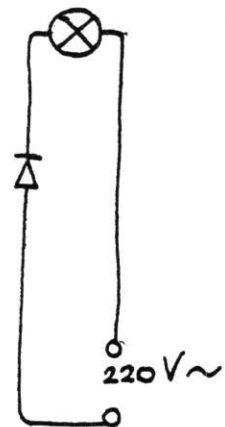
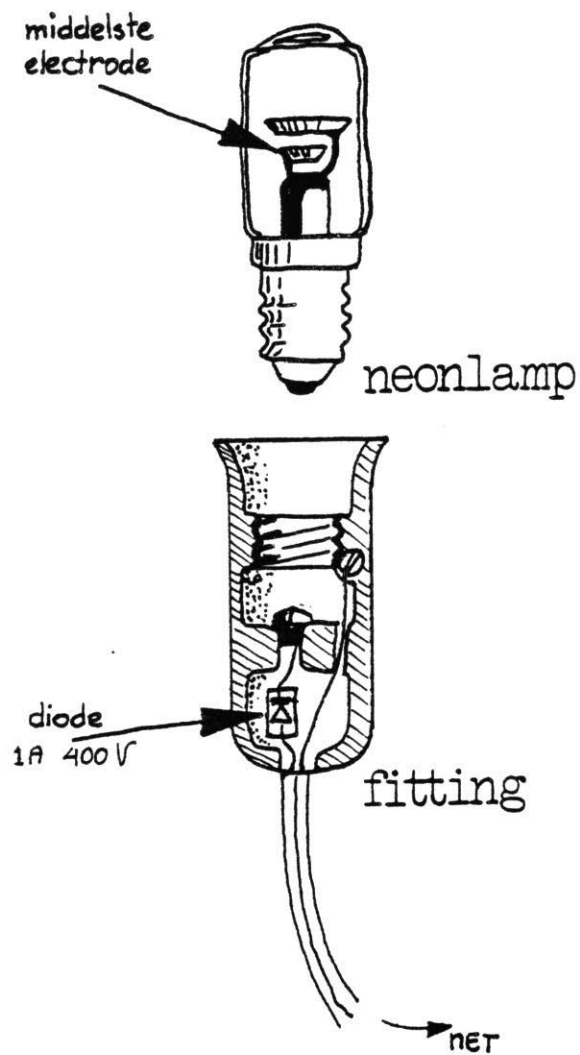
PULLY

20 mm en 6 mm ϕ

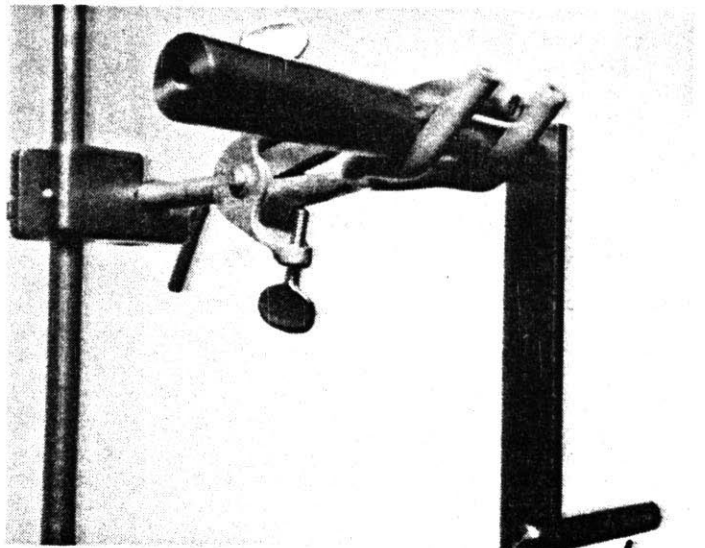
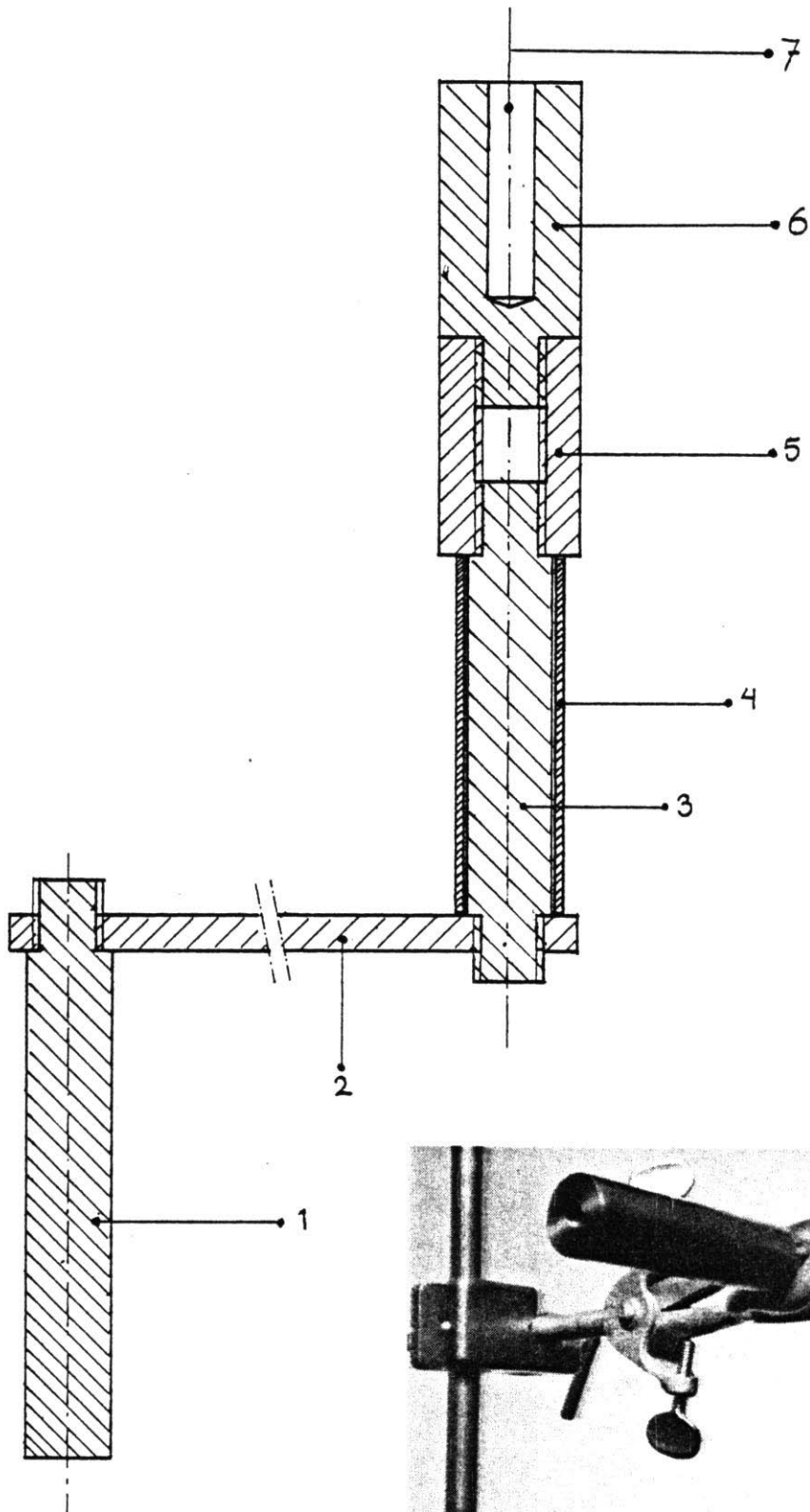


WERKTEKENINGEN

STROBOSCOOPLAMPJE en STROBOSCOOPSCHIJF



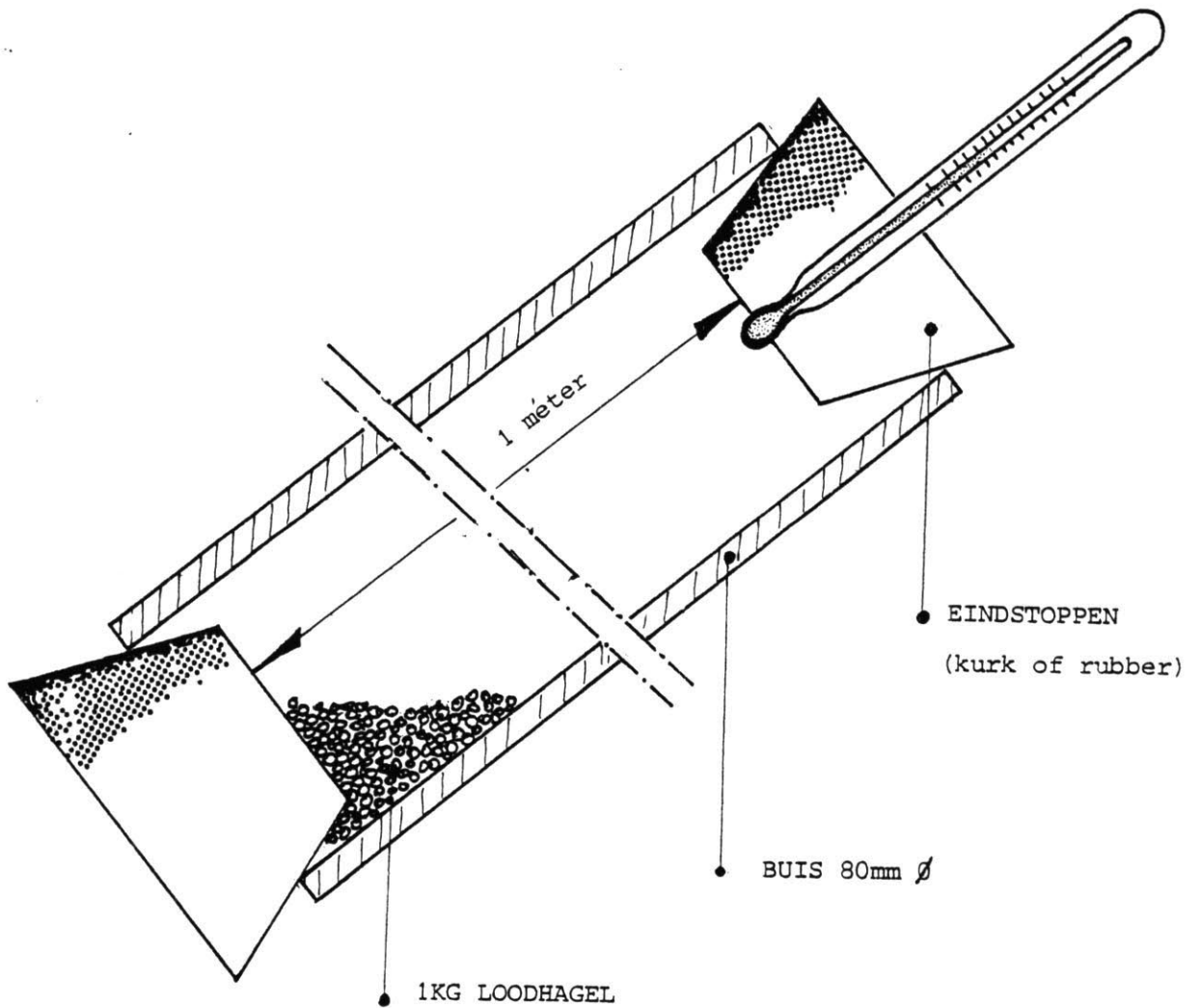
ALTERNATIEF JOULE APPARAAT



WERKTEKENINGEN

1. Draaihandel totale lengte 80 mm $\varnothing$ 12 mm één uiteinde voorzien M10 draad 10 mm lang.
2. Tussenstuk draaihandel 140x20x5 mm met 2 draadgaten M10 met een tussenafstand van 120 mm hart op hart.
3. Tussenstuk 12 mm $\varnothing$ met een totale lengte van 70 mm, beide uiteinden zijn voorzien van M10 draad lang 10 mm.
4. Buis als draaipunt lengte iets korter dan 50 mm, diameter buis 15 mm wanddikte 1 mm.
5. Isolatie tussenstuk (PVC) lengte 30 mm $\varnothing$ 20 mm met een doorlopend gat met M10 draad.
6. Koperen wrijvingsstuk 20 mm $\varnothing$ diameter met een totale lengte van 45 mm, één uiteinde voorzien van M10 draad lang 10 mm, andere uiteinde met een gat van + 7 mm $\varnothing$ (zie thermometer insteek) diep 30 mm.
7. Thermometer -10/+30 °C.

GRAVITATIE-ENERGIEBUIS



MATERIAALOVERZICHT

SPECIFIEKE APPARATUUR	Aantal		Verwijs nummer	Kosten		OPMERKING
	basis	extra		basis	extra	
botswagentje	2	1	4	...	...	
lat met spijkers op gelijke afstand	2	1	5	-	-	zelfmaken, zie tekening bij proef 2.5
versnellingsbakje/ vertragingskastje	4	4	7,8,9,10, 11,14	100,-	100,-	
pully 20 mm Ø	4	4	8,9,10,11 12,14	-	-	zelf maken? zie werktekening
pully 6 mm Ø	2	2	8,11	-	-	zelf maken? zie werktekening
electromotor/cassette recorder motortje 10V=	4	4	9,10,12, 13,14	20,-	20,-	
koppeling kardan	4	2	9,10,13,14			zie bijzonderhedenlijst
stroboscooplampje		3	12,13,14		10,-	zelf maken, zie werktekening
stroboscoopschijfje		3	12,13,14		-	zelf maken, zie werktekening
joule apparaat		1	15			evt. zelf maken, zie werktek.
gravitatie-energiebuis		1	16			zelf maken, zie werktekening
METEN EN WEGEN						
gewicht. 50 N	1		1			
meetlint 2 meter	3		1,2,3			
veerunster 0-120 N	2		2,3			
veerunster 0-250 N			2			
stopwatch	2		3,10,11, 17,18,19	-		leerlingen eigen horloge met stopwatch
veerunster 0-3 N	1		4			
veerunster 0-10 N	2	1	5,15			
meetlat 30 cm	4		4,5,8,11			
gewichtjes 0,5 N	20		5,8,9,10, 11			
weegschaal 0-10 N	1		5,8			
lat met maatverdeling (2 meter)	2	1	9,10,14			zelf maken
voedingsapparaat		1	12,13			of batterij
spanningsmeter =V	2	1	9,10,12,13			
stroommeter mA	2	1	9,10,12,13			
gewicht 2,5 N		1	14			
veerunster 0-1 N		4	12,14			
thermometer -10/+30 °C		2	15,16			Breukhoven 12611
gewicht 10 N		1	15			
meetlint 10 meter		1	17,18,19			

MATERIAALOVERZICHT

ALGEMEEN HULPMATERIAAL	Aantal		Verwijs nummer	Kosten		OPMERKINGEN
	basis	extra		basis	extra	
plank 30x150 cm	1		4			
statief materiaal	x	x	diverse			
katrol	5		6,9,20,24			
lampje 6V 0,04A	1		10,13			
lamphouder E10	1		10,13			
rubberen of kurken eindstoppen $\varnothing$ +80 mm		2	16			
rubber slang		x	17,18,19			
trechter (mini)		1	17,18,19			
bekerglas 150 ml		1	17,18,19			
VERBRUIKSMATERIAAL						
blokje hout	1		3			afval
plakband (rol)	1		3			
touw (koord) (rol)	1		8,9,10,11 12,14			
plastic beker (doos)	1		8			
batterij 4,5V	3		9,13			
loodhagel (kg)		1	16			jachtwapen handel
kartonnen of PVC buis $\varnothing$ + 80 mm, 1 mtr lang		1	16			

ADRESSEN

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

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

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

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

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

Harris
(nat. instr.)
(zie Breukhoven)

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

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

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

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

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

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

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

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

Phywe (zie Depex)

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

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

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

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