

**Het eindexamen natuurkunde voor
VWO en HAVO;
schoolonderzoek en CSE**

**verslag van de conferentie
Woudschoten 1977**

werkgroep natuurkunde_didaktiek

WERKGROEP NATUURKUNDE-DIDAKTIEK

Laboratorium voor Vaste Stof
Princetonplein 1
3508 TA Utrecht.
tel.: 030-531179

BESTUUR:

voorzitter : H.P.Hooymayers
sekretaresse : J.E.Geuzebroek-Frederik
penningmeester: H.A.Créton
leden : A.A.M.Agterberg
C.Floor
W.J.G.Schraven

Organisatie konferentie + verslaggeving:

H.A.Créton
J.E.Geuzebroek-Frederik
H.P.Hooymayers
Jenny Andriese
Giselle van der Linde

VOORWOORD

Na een jarenlange traditie van Woudschoten conferenties, die in het conferentieoord Woudschoten plaatsvonden, bleek twee jaar geleden, dat de belangstelling voor de natuurkunde didaktiek zo gegroeid was, dat naar een groter conferentieoord uitgeweken moest worden. Twee jaar Evert Kupersoord hebben we erop zitten en alweer blijkt dat er onvoldoende plaats is voor het nog steeds groeiende aantal leraren, dat in zijn vrije tijd aan conferenties voor natuurkunde leraren wil deelnemen. Volgend jaar zullen we weer verhuizen. In Noordwijkerhout is ruimte voor veel méér conferentiedeelnemers, terwijl ook voldoende zaaltjes beschikbaar zijn voor de groepsdiskussies.

Vóór u ligt het verslag van de conferentie 1977:

"Het eindexamen natuurkunde voor vwo en havo; schoolonderzoek en C.S.E."

Deel I bevat de teksten van de voordrachten en de verslagen van de diskussies naar aanleiding van deze voordrachten.

Deel II geeft informatie over de werkwijze van een 17-tal natuurkunde sekties die al in een of andere vorm gewerkt hebben met een praktisch schoolonderzoek. Een deel van de materiaalvoorbeelden heeft u al op de informatiemarkt op vrijdagavond kunnen zien; de rest werd ons later toegezonden.

Deel III bevat de verslagen van de diskussiegroepen.

Zou dit het verslag vól praktische informatie zijn, waar tijdens de zaterdagmiddagdiskussie om werd gevraagd? Zou dit verslag de in de diskussie genoemde grote afstand van "veld tot veld" of van "veld tot verzorgingsinstituut" overbruggen? Het is aan ú om dat te beoordelen... Zeker is dat het samenstellen van dit verslag heel wat arbeidsuren heeft gekost. Tijd van de inleiders, die hun voordracht uitschreven, tijd van de materiaalontwikkelaars, tijd van de samenstellers van de voorinformatie, van de verslaggevers van de diskussiegroepen. Tijd van Jenny, Gisela en Tineke die alle ingezonden produkten tot een orde-lijk geheel maakten.

Allen die meewerkten aan de totstandkoming van dit verslag hartelijk dank.

Namens de werkgroep natuurkunde didaktiek,
J.E. Geuzebroek-Frederik
secretaresse.

PROGRAMMA 'Woudschoten' konferentie 1977

vrijdag 16 december:

14.00 - 14.55	Ontvangst konferentiedeelnemers
14.55 - 15.05	Opening door de voorzitter van de werkgroep natuurkunde-didaktiek (H.P.Hooymeyers). Programmaoverzicht door de konferentievoorzitter J.S.ten Brinke
15.15	Binnenkomst laatkomers
15.15 - 15.45	Het schoolonderzoek op het Carolus Borromeus College - Helmond door W.P.A.G.Ottevanger (leraar natuurkunde)
15.45 - 16.15	Thee
16.15 - 16.45	Schoolonderzoek op het Goese Lyceum door S.H.Wijnobel (leraar natuurkunde)
16.45 - 17.40	Paneldiskussie. In deze diskussie kunnen aan de scholen die ervaring hebben opgedaan met praktikum in het schoolonderzoek vragen worden gesteld.
17.40 - 18.00	Informatie over het avondprogramma + organisatie
18.00	Diner
19.30 - 21.00	Diskussiegroepen
21.00 - 22.00	Markt van de materialen die bij de diverse schoolonderzoeken in gebruik zijn
22.00 -	Informeel samenzijn (bar open vanaf 21.00 uur)

zaterdag 17 december:

8.00 - 9.00	Ontbijt
9.00 - 9.45	Hoeveel ruimte kan een goed examen aan het onderwijs geven ? door H.F.van Aalst (PLON-medewerker)
9.45 - 10.30	Het eerste PLON-examen na 3 jaar onderwijsvernieuwing door S.O.Ebbens (PLON-medewerker)
10.30 - 11.00	Koffie
11.00 - 12.15	Diskussiegroepen
12.15 - 13.15	Lunch
13.15 - 14.00	Ontwikkeling van praktikumproeven in het CITO: stand van zaken en mogelijkheden door A.W.Buffart-Gravesteyn, C.Hellingman in samenwerking met W.Molendijk
14.00 - 14.30	Thee
14.30 - 15.15	Examens op twee niveau's in een geïntegreerde bovenbouw door Th.G.A.Hoogbergen (voorzitter van de vereniging van schoolleiders)
15.15 - 15.50	Plenaire diskussie over totaal verkregen informatie, hoe moet het verder ?
15.50 - 16.00	Sluiting

ALGEMENE INHOUDSOPGAVE

DEEL I: *Voordrachten*

- 1.1. Het schoolonderzoek op het Carolus Borromeus College - Helmond
door W.P.A.G.Ottevanger
- 1.2. Het praktikum schoolonderzoek vwo en havo op de RSG 'Het Goese Lyceum'
door S.H.Wijnobel
- 1.3. Verslag van de paneldiskussie
- 1.4. Hoeveel ruimte kan een goed examen aan het onderwijs geven ?
door H.F.van Aalst
- 1.5. Het eerste PLON-examen na 3 jaar onderwijsvernieuwing
door S.O.Ebbens
- 1.6. De ontwikkeling van praktikumtoetsen bij het CITO
door A.W.Buffart-Gravesteijn en C.Hellingman in samenwerking met
W.Molendijk
- 1.7. Diskussie
- 1.8. Examens op twee niveau's in een geïntegreerde bovenbouw
door Th.G.A.Hoogbergen
- 1.9. Diskussie

DEEL II: *Informatie over de aanwezige schoolonderzoeken; Materiaal voorbeelden*

- 2.1. Inleiding
- 2.2. Voorinformatie bij de markt van materialen door D.van Genderen
en J.F.Schröder
- 2.3. Bisschop Bekkers College - Eindhoven
- 2.4. SG Snellius - Amstelveen
- 2.5. Develstein College - Zwijndrecht
- 2.6. RSG - Leeuwarden
- 2.7. Carolus Borromeus College - Helmond
- 2.8. RSG Petrus Hondius - Terneuzen
- 2.9. Philips van Horne SG - Weert
- 2.10. Erasmus College - Zoetermeer
- 2.11. RSG 'Het Goese Lyceum' - Goes
- 2.12. CSG Oostergo - Dokkum
- 2.13. Praedinius Gymnasium - Groningen
- 2.14. RSG Harderwijk - Harderwijk
- 2.15. OSG van Oldenbarnevelt - Rotterdam
- 2.16. RSG - Gouda
- 2.17. Revius Lyceum - Doorn
- 2.18. Marnix College - Ede

- 2.19. Nassau SG - Breda
- 2.20. Uitgave schoolonderzoek natuurkunde 1976 Carolus Borromeus College in samenwerking met de groep vakdidaktiek - afdeling der technische natuurkunde; TH-Eindhoven

Deel III: *Verslagen van de discussie*

- 3.1. Discussieonderwerpen
- 3.2. Voorinformatie bij discussieonderwerp I
- 3.3. Verslag groep Römgers (I en VIII)
- 3.4. Verslag groep Scherrenburg (I)
- 3.5. Voorinformatie bij discussieonderwerp II
- 3.6. Verslag groep Lijnse (II)
- 3.7. Verslag groep Agterberg (III en za.)
- 3.8. Verslag groep Van Genderen (III)
- 3.9. Verslag groep Schraven (III)
- 3.10. Verslag groep Verkerk (III)
- 3.11. Verslag groep Groen (IV en za.)
- 3.12. Verslag groep Holvast (IV en za.)
- 3.13. Verslag groep Vervoort (VI en za.)
- 3.14. Verslag groep Ellermeijer (VII)
- 3.15. Verslag van de plenaire vergadering
- 3.16. Bijlage bij de plenaire vergadering: kredietaanvraag
- 3.17. Muurkrant: een selectie
- 3.18. Deelnemerslijst

deel I:

Voordrachten en aansluitende discussies

INHOUD:	blz.
1.1. Het schoolonderzoek op het Carolus Borromeus College te Helmond door W.P.A.G.Ottevanger	1
1.2. Het praktikum schoolonderzoek vwo en havo op de RSG 'Het Goese Lyceum' door S.H.Wijnobel	10
1.3. Verslag van de paneldiskussie	16
1.4. Hoeveel ruimte kan een goed examen aan het onderwijs geven ? door H.F. van Aalst	21
1.5. Het eerste PLON-examen na 3 jaar onderwijsvernieuwing door S.O.Ebbens	33
1.6. De ontwikkeling van praktikumtoetsen bij het CITO door A.W.Buffart-Gravesteijn en C.Hellingman in samenwerking met W.Molendijk	38
1.7. Diskussie	46
1.8. Examens op twee niveau's in een geïntegreerde bovenbouw door Th.G.A.Hoogbergen	48
1.9. Diskussie	53

1.1. Het schoolonderzoek op het Carolus Borromeus College - Helmond

W.P.A.G.Ottevanger

De sectie natuurkunde op het Carolus Borromeuscollege te Helmond, die bestaat uit M.Penninx, F.Swinkels en mij, organiseert dit jaar voor de vijfde keer een praktisch SO. Swinkels heeft daarover al een keer bericht op een congres in Groningen. Sindsdien hebben we al weer het nodige veranderd. Het is nog altijd niet naar onze zin, en dat zal waarschijnlijk ook wel nooit helemaal het geval zijn. U krijgt dus nu niet hetzelfde te horen als indertijd in Groningen, maar ik zal er noodzakelijkerwijs wel iets op terug moeten grijpen.

VWO.

De generatie die nu op de zesde klas zit heeft aan natuurkunde het volgende gehad :

LESSENTABEL

2 ^o	2 uur
3 ^o	3 uur
4 ^o	4 uur
5 ^o	4 uur
6 ^o	4 uur
	<hr/>
	17 uur

Deze groep is opgegroeid met Schweers en Van Vianen, met een behoorlijke hoeveelheid praktikum in de onderbouw, en vrijwel geen praktikum in de bovenbouw tot klas 6. We hebben er steeds voor gezorgd, aan het eind van klas 5 bijna klaar te zijn met de voorgeschreven examenstof, wat met de methode van S.V. goed lukt.

Voor we met het uitgebreide bovenbouwpraktikum startten, werd de ruimte in 6 VWO voor een belangrijk deel gevuld met herhaling en het inoefenen van vraagstukken. Hoewel we het gevoel hadden, dat dit een goede voorbereiding was op het examen, bleek het een moeilijke zaak, leerlingen met dit soort lessen te motiveren. Dat uitte zich op de bekende manier : neiging tot absentisme, desinteresse, zich onvoldoende prepareren op opgaven, omdat de leraar ze uiteindelijk toch wel voor doet. Het uiteindelijk nuttig effect op het resultaat van het eindexamen bleef dan ook beneden mijn verwachting.

We besloten toen, het voortaan over een andere boeg te gooien : We probeerden een praktikum in te richten, dat ervoor zou moeten zorgen, dat

1- een belangrijk deel van de stof wordt herhaald via de proeven.

2- leerlingen natuurkunde sterker als realiteit, en minder als grote trucsverzameling gingen zien.

3- leerlingen met apparatuur kunnen omgaan.

4- leerlingen beter beslagen ten ijs komen in hun vervolgstudie, vooral als die de natuurkunde als bijvakstudie zou inhouden.

Een probleem bij het inrichten van het praktikum was, dat we jarenlang een zeer laag, of soms zelfs helemaal geen budget hadden. Wel hebben we gelukkig een oud en versleten schoolgebouw, met sfeer en twee ver uit elkaar gelegen natuurkundelokalen, waarvan één in een noodlokaal. Daardoor hebben we 2 amanuenses voor natuurkunde. IJverige.

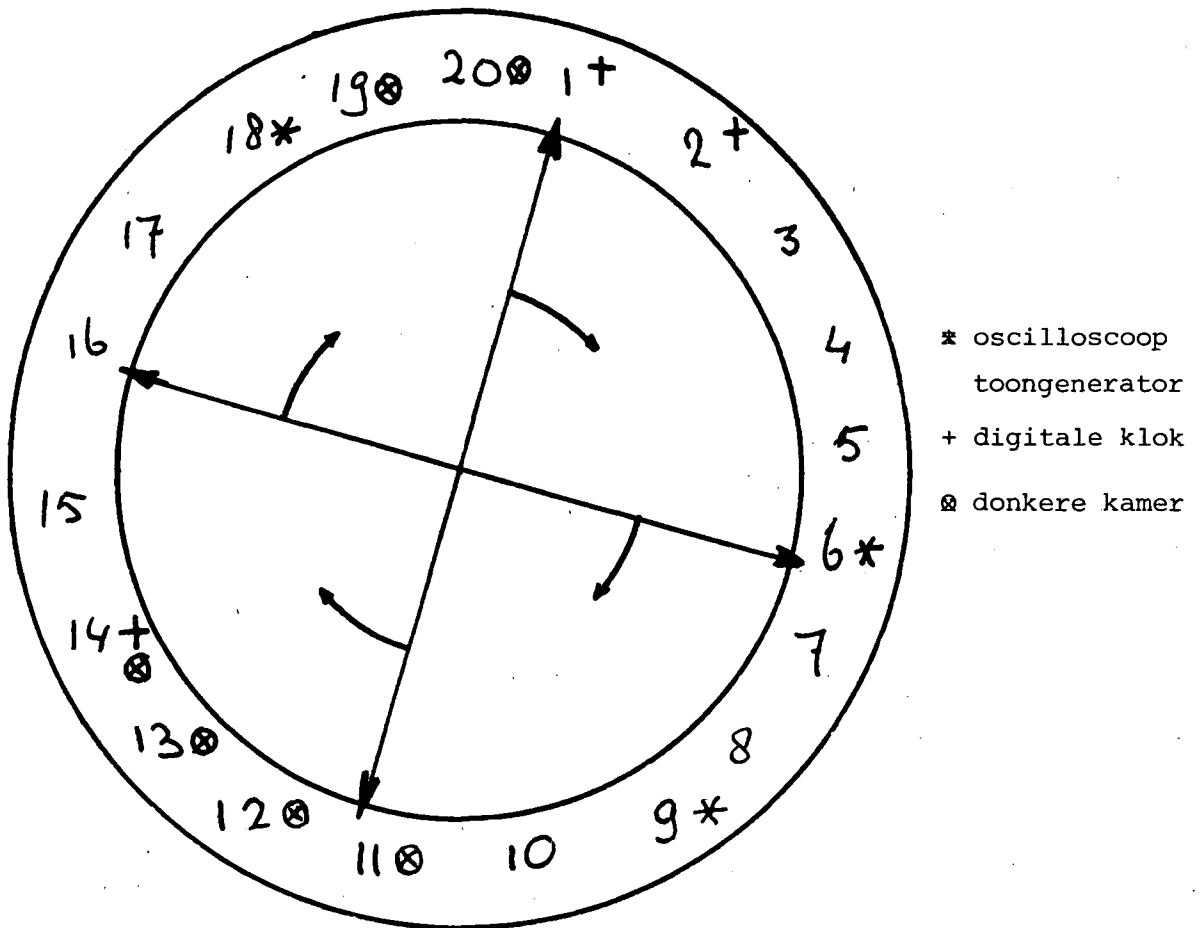
Al bij al ontbrak het ons ten enen male aan de middelen, om een praktikum te maken op bovenbouwnivo, dat de hele klas tegelijk zou kunnen doen. De oplossing lag voor de hand : we bedachten een roulatiesysteem waardoor de leerlingen bij toerbeurt konden werken met onze

demonstratieapparatuur. We hebben uiteraard wel even gearzeld, of dat wel verantwoord was : we zouden geen geld hebben voor vervanging, als er zelfs maar weinig kapot gemaakt zou worden.

Na 5 jaar ervaring kunnen we U dat nu wel verzekeren : dat is echt wel verantwoord. In al die tijd is 2 keer een kwiklamp kapot gegaan, en pas na 4 jaar ontstond het eerste defect aan onze oscilloscoop, ondanks vrijwel dagelijks gebruik door onze leerlingen, alle keren overigens buiten hun schuld.

Het roulatiesysteem is intussen elk jaar aangepast aan de examen-groepenindeling van dat jaar. Dit jaar ziet het systeem er als volgt uit

ROULATIE SYSTEEM



VWO klassikaal praktikum

1. Trage massa $m = \frac{F}{a}$
Zware massa
2. Hellend vlak zonder wrijving
3. Wrijving; ook op hellend vlak
4. Botsingen. Elastisch en onelastisch
5. Trillingen aan veren (luchtkussenbaan)

6. Oscilloscoop; werking; bediening
7. Wet van Ohm; serie-schakeling
parallel-schakeling
8. Nulmethoden: Wheatstone
Poggendorff
9. Diode; gelijkrichten en afvlakken
10. Triode: statische + dynamische
Karakteristiek. Weerstandslijn
Versterking
11. Meten aan lijnenspectrum (tralie)
12. Fotograferen van dit spectrum
13. 'Halfwaarde'-begrip, toegepast op lichtabsorptie
14. Kwadratenwet: Bij licht en radioactieve straling
15. Condensatoren: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$
+ RC-kring

16. Boyle . Gay-Lussac
17. Meten van $e_{\max, T}$
Dauwpunt
18. Resonantie; Quincke; Melde
19. Buiging + interferentie bij licht
20. Meten met prisma spectroscop

Nog altijd is het noodzakelijk , de klas te splitsen in tweeën, zodat steeds de helft van de klas per middag aanwezig is. De andere helft van de klas doen we op een andere middag in deweek, onbezoldgd. Het resultaat van dit alles is vrijwel altijd :

- 1-veel meer gemotiveerde leerlingen, ook tijdens theorie. Als de rest van de leerlingen vrij heeft op een middag vanwege weer eens een vergadering, zeggen wij, dat het praktikum uiteraard moet doorgaan, De leerlingen zijn het er zonder mopperen mee eens.
- 2-Ll. worden door hun proeven gedwongen, stukken theorie op te sporen en te bestuderen.
- 3-Een veel sterker persoonlijk contact met de ll. Het is eigenlijk ontzettend gezellig, zo'n praktikum.
- 4-De eindexamenresultaten zijn doogaans gunstiger dan het landelijk gemiddelde. Dat schijnt niet zoveel te zeggen overigens, daar het landelijk gemiddelde nogal gedrukt schijnt te worden door de slechte resultaten in het westen des lands.

We halen in ieder geval geen trucjes uit met het schoolonderzoek om resultaten te verbeteren : We houden onze SO cijfers gemiddeld gelijk aan de CS cijfers.

Bij een praktikum hoort uiteraard een pr. SO. De cijfers, die door het jaar werden gescoord voor de pr. verslagen, telden in de eerste jaren in het geheel niet mee. Dit, omdat we uitgingen van het idee, dat de ll. het verslaggeven nog moest leren. Voor de ll. was dit toch niet goed te pruimen : Ze leverden vaak een behoorlijke prestatie, en wensten, dat die meetelde bij hun eindbeoordeling. Vorig jaar hebben we uiteindelijk toegegeven.

SAMENSTELLING PUNT PRAKTIKUMSCHOOLONDERZOEK

Pr.	door 't jaar	in pr. S.O.	in mond.
t/m '76	0	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$
'77	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	-
	individueel schriftelijk verslag	ind.	
'78	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-
	mondeling groeps- verslag	ind.	

Al snel bleken er twee nadelen.

1-De ll.gingen nog meer tijd besteden aan hun verslag.Het kon voorkomen,dat het schrijven van een verslag 12 uur of meer kostte, terwijl zo'n uur of 6 heel normaal was.Hier en daar gingen onze collega's zich afvragen of onze ll.nog ooit iets anders deden dan natuurkunde,en zelfs de staf waagde eens een kritische vraag in die richting.

2-In de loop van het jaar kregen we steeds meer standaardverslagen. Ik heb meer dan eens bezorgd aan een leerling gevraagd,of ik deze keer wel hetzelfde punt voor het verslag gaf als aan de oorspronkelijke versie.

Dit jaar bestaat het SO (pr) uit 2 gedeelten die allebei even zwaar meetellen :

-de verslaggeving door het jaar

-een massaal praktikum aan het eind van het jaar.

Om de nadelen van vorig jaar te ondervangen,laten we het schriftelijk verslag in de oude vorm achterwege.We verlangen alleen nog maar overzichtelijke tabellen en grafieken van de waarnemingen,en het beantwoorden van schriftelijk gestelde vragen.Verder praten we per groep 10 à 15 min over de proef van de vorige week,aan de hand waarvan dan het punt wordt vastgesteld.Over dat punt is discussie mogelijk,maar dat gebeurt vrijwel nooit.Ik geloof,dat dat punt nogal wat willekeur bevat,dat de ll.dat ook menen,en er best begrip voor hebben.

De uiteindelijke beslissing over het punt berust bij de docent.

De verslaggeving door de groepjes van 3 gebeurt bij toerbeurt. Om toch te benadrukken,dat de groep verantwoordelijk is voor het resultaat,wordt het punt gegeven aan de groep als geheel.Alleen wordt dit punt dubbel toegekend aan de verslaggever van het moment. Heel aardig is telkens te zien,hoe zich een hiërarchie instelt met als leider de verslaggever van de week.

Nu het pr.SO aan het eind van het jaar.

OP het congres in Groningen hebben we al uiteengezet,hoe de organisatie van dat praktikum in elkaar stak.De ll.kwamen,gewapend met al hun fysische literatuur,gevierden aan,en kregen hun opdracht.

Pr.	S.O.	t/m	'76
vanaf:	prep.	uitvoering	verslag
8.30	A(1,2,3)	-	-
9.00	-	A	-
9.30	B(1,2,3)	A	-
10.00	-	B	A
10.30	C(1,2,3)	B	A
11.00	-	C	B
11.30	-	C	B
12.00	-	-	C
12.30	-	-	C

's middags mondeling
iedere 15 min.

Die moest worden geprepareerd, uitgevoerd, en verslagen. Preparatie gebeurde onder toezicht in het voorbereidingslokaal voor de talen, zodat dat geen extra surveillance kostte. De uitvoering gebeurde onder toezicht van 2 docenten en 2 amanuenses. Het schrijven van het verslag gebeurde in een apart lokaal, niet onder toezicht. De termijn van 1 uur bleek steeds aan de krappe kant zodat onder hoogspanning werd gewerkt, en zodat het van overleg niet kon komen. We zouden overigens geen bezwaar hebben gehad tegen enig overleg.

Omdat we vonden, dat elke ll. een even onbekende situatie voorgeschoteld moest krijgen, kon één proef maar 3 keer worden gebruikt. Met 4 proeven die parallel worden uitgevoerd, zijn zo 12 ll. dag te verwerken.

Zodra alle ll hun proef hadden uitgewerkt, konden we, brood etend, de verslagen vlug nakijken. Van de amanuensis kregen we intussen koffie. Voor zelf halen was geen tijd, want om half twee gingen we weer verder met het tweede deel van het SO : het mondeling.

Elke ll moest een kwartier lang onder het mes over zijn proef, over de apparatuur waar hij mee werkte, en over de fysica, die in verband stond met zijn proef; een soort test van fysieke algemene ontwikkeling dus. Dit systeem had zijn nadelen :

- 1-Elk jaar moesten 16 à 20, later 32 nieuwe SO proeven worden bedacht.
- 2-De docenten waren elke dag van 8.30h tot 17h intensief bezig, zonder pauze, met bovendien een intensieve voorbereiding.
- 3-Toen het HAVO ook eenmaal meedeed aan het systeem, duurde het totale SO 8 werkdagen.
- 4-Ll waren bang voor het SO. Zij wisten niet, wat voor proef hen boven het hoofd hing, en zij hebben een broertje dood aan mondeling.
- 5-Mijn beide collega's hadden nogal grote bezwaren tegen de rechtsongelijkheid voor leerlingen. Het is nu eenmaal onmogelijk, alle proeven dezelfde moeilijkheidsgraad te geven.

Ondanks dit alles hebben we de tentamens op deze manier steeds met genoegen afgenomen. De afdeling didactiek van Eindhoven heeft ons pr. SO van 1976 gebundeld, en wat netter uitgevoerd voor intern gebruik uitgegeven. *)

De genoemde bezwaren hebben er echter toe geleid, dat vorig jaar een nieuw systeem is ingevoerd, dat het mogelijk maakt, alle VWO ll te examineren in één dag. We hebben ons wat dat betreft laten inspireren door één van de bijlagen van het eindverslag van het Groninger congres, die handelde over de Engelse praktische examens.

De organisatie verloopt aldus

*) zie 2.20 van dit verslag

Pr. S.O. '77 en '78

Ieder doet 5 gelijke proeven van ¼ uur

	proef 1	proef 2	proef 3	proef 4	proef 5	verslag
9.00	A	-	-	-	-	-
9.15	B	A	-	-	-	-
9.30	C	B	A			
9.45	D	C	B	A		
10.00	E	D	C	B	A	
10.15	F	E	D	C	B	A
10.30	G	F	E	D	C	BA
10.45	H	G	F	E	D	CBA
11.00	I	H	G	F	E	....CDA
11.15	J	I	H	G	F	....CBA
11.30	K	J	I	H	G	....CBA
11.45	-	K	J	I	H	....CBA
12.00	-	-	K	J	I	etc
12.15			-	K	J	
12.30	-	-	-	-	K	etc

Alle proeven in 5-voud

In één dag 5 x 11 = 55 leerlingen 'verwerkt'

Wel zijn 2 natuurkundelokalen nodig.

De 5 proeven in het Pr. S.O.'77 vwo

1. Elektrische schakeling met 1 schakelaar, 2 V-meter, 2 A-meter, 3 lampjes, schuifweerstand.
Opdracht: verschijnselen verklaren
schema tekenen
2. Balkje, dat kan bewegen aan torsieslinger
Opdracht: T meten als f. van aantal gewichten aan balk.
Hieruit J (balk) bepalen.
Idem uit afmetingen balk
3. Schatten van de lengte van een metaaldraad die verborgen is. (Nuffield)
4. Glazen staaf op mm-papier.
Opdracht: o.a. f. bepalen
5. Kogel over gebogen rail; daarna vrije val, met $v_0 =$ horizontaal

Ook in dit systeem kunnen de 11 alle materiaal meenemen, dat ze wenselijk achten, en dat gebruiken bij het schrijven van het schriftelijk verslag.

We hebben geprobeerd, dit SO te objectiveren, d.w.z. we hebben als verslagvorm gekozen voor het doen beantwoorden van zo concreet mogelijke vragen. Verder meenden we het beoordelen van praktische vaardigheden alleen te kunnen doen, voorzover die bleken uit meetresultaten in het verslag. Dit ook weer terwille van grotere objectiviteit, en omdat het onmogelijk is, 25 proevenuitvoerders tegelijk te beoordelen in praktische vaardigheid.

Zoals in het begin al gezegd: We zijn nog steeds niet tevreden. Het SO van vorig jaar zat organisatorisch wel goed in elkaar, maar het had teveel weg van een gewoon schriftelijk onderzoek, met een paar spelletjes vooraf.

Omdat we voor het eerst werkten met dit systeem, hebben we, ook al op aandrang van de schoolleiding, ervoor gezorgd, dat iedereen elk proefje ruim binnen de tijd kon uitvoeren; de vereiste praktische vaardigheid stond dan ook op een bedroevend laag nivo. Hij stond ook bij lange na niet op het nivo van de 20 proeven, die in de loop van het jaar zijn uitgevoerd. Dit heeft geleid tot klachten van de 11 van tweeërlei aard:

a-dit is veel te eenvoudig voor ons (de uitvoering)

b-dit is een gewoon proefwerk (het verslag).

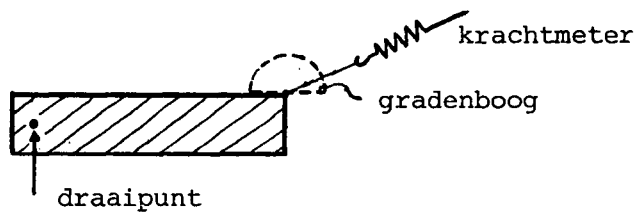
En zoals zo vaak hebben de 11, onze meest kritische en meest competente beoordelaars, weer gelijk. Het komende SO zal dan ook beslist weer veel sterker de nadruk moeten leggen op het testen van van praktisch kunnen. We streven er wel naar, dezelfde organisatie-methode te hanteren.

HAVO klassikaal praktikum

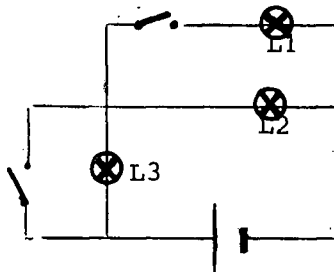
1. Boyle
2. Gay-Lussac
3. Calorimetrie
4. Smeltwarmte
5. Ohm
6. Soortelijke weerstand
7. Loep; microscoop
8. $Q = I^2 R t$
9. Melde
10. Trillingen aan veer
11. Wrijving. Hellend vlak
12. Diodes
13. Horizontale worp
14. Breking

Pr.S.O.'77 HAVO

1. Boyle (bekend)
2. Veer; met onbekende massa eraan.
Tot 5x50 g. toevoegen
m bepalen uit metingen van T.
3. Statica



4. Meten van f bij 2 lenzen en bij combinatie van die 2.
5. Verklaring van verschijnselen en schema tekenen bij deze elektrische schakeling:



1.2. Het praktikum schoolonderzoek vwo en havo op de R.S.G. "Het Goese Lyceum".

S.H. Wijnobel.

Onder het motto "Verdeel en beheers" hebben we de examenstof verdeeld in 5 à 6 stukken, (zie tabel 1).

	ongeveer de groepen
Elektriciteit I en II	15 en 17
Mechanica I	A, B, C
Mechanica II	13, 14, E
Elektrische velden, magnetische velden)) en de beweging daarin van geladen deeltjes) I en II	16, 18, 19, 26, 27
"Moderne" natuurkunde	11, 12, 23, 28, 29, 30
Rest	

We denken dat we de leerlingen een eerlijke kans geven om een goed resultaat te behalen bij het eindexamen als we:

- 1e: de stof in kleinere stukken te verdelen;
- 2e: royaal de tijd geven, zeker bij het praktikum.

De elektriciteit is in de derde klas redelijk grondig behandeld. Het is bij veel stof in 5 en 6 nodig, zodat het goed is een s.o. hierover aan het begin van de cursus te laten vallen.

Voor de mechanica die in 4 en 5 grondig is behandeld, geldt ongeveer hetzelfde.

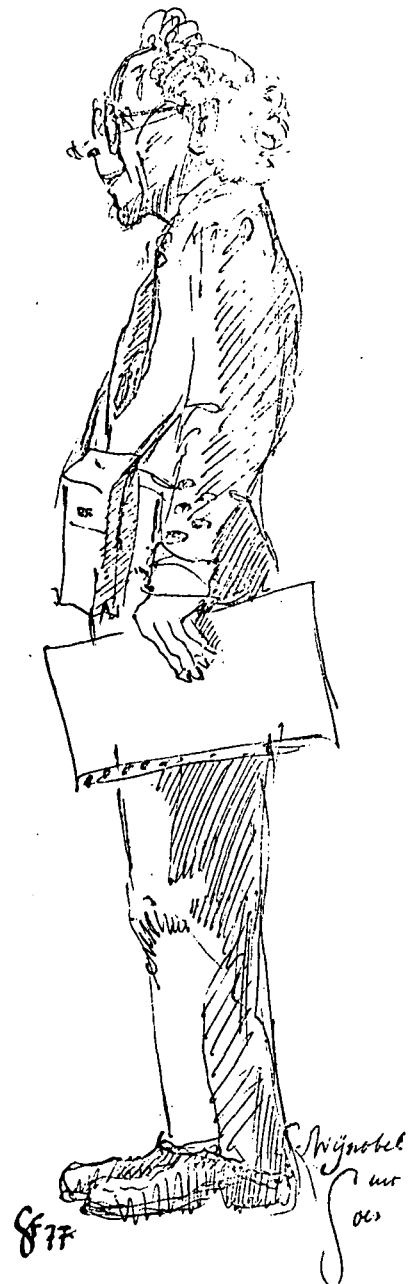
Elektriciteit en mechanica zijn bij ons verwisselbaar. In beide gevallen besteden we 2 à 3 lessen klassikaal aan het onderwerp om enkele zaken wat op te frissen. Voor het maken van schakelingen, meten, opstellingen maken kunnen de leerlingen in tussenuren terecht. En daar elk praktikum s.o. 2 à 3 weken na het theorie s.o. komt, is daar ruim gelegenheid voor.

"Moderne" natuurkunde en Rest doen wij als het maar even mogelijk is als praktikum.

In tabel 2 zijn de resultaten verzameld van de afgelopen jaren. Het praktikum s.o. geeft soms een hoger gemiddelde dan het theorie s.o., maar het omgekeerde komt ook voor. Bij de afzonderlijke leerlingen komen grote en kleine verschillen voor. Het lijkt nauwelijks mogelijk een konklusie te trekken.

Bij het praktikum s.o. moet de leerling aan de hand van gegeven materiaal (om een schakeling te bouwen) of een gegeven opstelling (Melde, lichtproef, inductieproef) een konkreet onderzoekje uitvoeren. Dat kan (een deel van) een proef zijn die zij zelf eens gedaan hebben of gedemonstreerd hebben gezien. Maar er zit ook altijd een stuk nieuwe situatie in.

De leerlingen werken uitsluitend individueel.



TABEL 1

VERDEEL EN (BE)HEERS

Datum 1977/78	Onderwerp:		Laagste en hoogste cijfer	
12-09	Elektriciteit I	TH	4,0	10
03-10	Elektriciteit II	PR	3,8	9,5
07-11	Mechanica I	TH	5,2	9,8
21-11	Mechanica II	PR	3,9	10
16-01	E + B Veld I	TH		
13-02	E + B Veld II	PR		
20-03	Moderne natuurkunde	T.P.		
24-04	Rest	T.P.		

TABEL 2

Gemiddelde cijfers S.O. Theorie
en S.O. Praktikum

T
P

	E.L.	Mech.	E + B velden	Mod. Rest	Nat.	
73/74 V.W.O. 13 leerlingen	6,2	5,3	6,1			T
74/75 HAVO 22 leerlingen	7,2	6,9				P
75/76 V.W.O. 16 leerlingen	6,0	5,4	5,4	6,1		T
76/77 HAVO 23 leerlingen	5,6	5,3	5,1	7,5		P
77/78 V.W.O. 14 leerlingen	7,6	6,3	6,2	6,1		T
	7,0	6,5	6,7	5,8		P
	6,1	4,7	4,5	5,5		T
	5,7	6,5	5,4	5,6		P
	6,8	7,8			1	T
	6,6	6,7				P

<u>Eisen, te stellen aan praktikum s.o.</u>	
opdrachten:	gelet wordt op:
<ol style="list-style-type: none"> 1. een eenvoudige schakeling maken /herkennen 2. 7 à 10 metingen 3. metingen in overzichtelijke tabel 4. uit tabel grafiek 5. verwerking meetresultaat met theorie. 6. metingen van een andere, aange- wezen leerling (= buur) in eigen grafiek verwerken en konklusie trekken. 7. één der grootheden op andere manier meten en beide meetresultaten vergelijken en kritisch kommentaar leveren. 	<p>aantal zinvolle metingen, nauwkeurig- heid, aantal cijfers.</p> <p>overzichtelijkheid, netheid, eenheden.</p> <p>assen niet verwisseld, handige schaal- verdeling, punten juist ingezet, groot- heden en eenheden bij de assen, vloei- ende lijn, juiste lijn, extrapolatie, voldoende waarnemingen, netheid.</p> <p>vb) 1) $R = \frac{V}{I}$; $R = \rho \frac{l}{O}$; R via brug van Wheatstone</p> <p>2) R lampje in koude toestand met kleine V en I idem via scoop als zeer snelle meting.</p> <p>3) Melde m/l via snelbalans en lengte m/l via schroefmikrometer en s.m. koper</p> <p>4) dikte luchtig bij interferentie via λ en afstand interferentie lijnen en met schroefmikrometer.</p>

Van twee praktische schoolonderzoeken zijn de opdrachten gegeven en de resulta-
ten verzameld in tabellen 3 en 4, beiden V.W.O..

Bij de proef van Melde (tabel 3) was 3c interessant. De gebruikte koperdraden
 $\varnothing = 0,37$ mm en 0,22 mm, waren geïsoleerd met een dun laagje email (circa
0,010 mm dik). In voorgaande lessen was er wel eens op gewezen dat bij het me-
ten van de dikte van koperdraad voor het berekenen van de elektrische weerstand
met de dikte van deze isolatielaag rekening moet worden gehouden. De meeste
leerlingen herinneren zich wel iets daarvan, anderen hebben het "geleerd" en
voeren het isolatielaagje aan om grote verschillen in m/l, -zelfs wel een
faktor 2 - goed te praten!

Bij vraag 6a was de m/l van de ene groep leerlingen circa 3x zo groot als de
m/l van de andere groep. Dat komt heel goed tot uiting wanneer voor beide ge-
vallen de grafiek van v^2 tegen F_s in eenzelfde assenstelsel getrokken wordt.
Toch waren er maar weinig leerlingen die in de verschillende helling het ver-
band met m/l herkenden en slechts een paar leerlingen haalden de faktor 3 eruit.

TABEL 3

MELDE	M II	Norm.	Gem.
1	Metingen bij 100 Hz	10	8,0
2	Metingen bij 50 Hz	5	4,5
3a	M/L Schroefm. m.	10	5,4
3b	M/L Balans	2	1,0
3c	Toelichting	3	1,5
4a	Grafiek	20	16
4b	Melde?	5	4,6
5	Buur	5	4,3
6a	Melde?	20	4,1
6b	Kritiek Buur	3	1,7
7	50 Hz	2	1,6
8	Plaats Magneet	5	4,5
9	Cadeau	10	10

TABEL 4

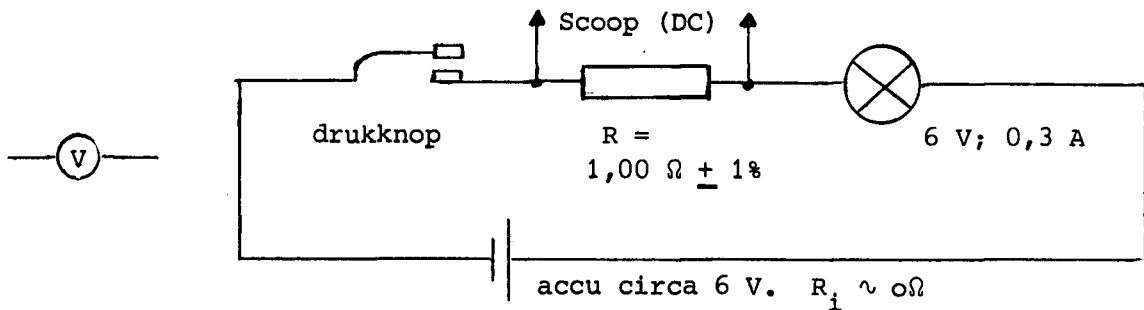
	R LAMPJE KOUD E II	Norm.	Gem.
2-3	Schakeling	5	5
4	Metingen	10	6,4
5	Grafiek	10	5,1
6	W. 2500 K	2	1,6
7	Rendement	2	1,1
8	Fysisch beeld	5	4,1
9	Schakeling	5	5,0
10	Scoop. snel	3	1,6
11	Scoop. met. + ber.	20	14
12	Vergelijken → 5	5	1,9
13	Snel na elkaar	3	2,6
14	T Gloeidraad	10	4,1
15	Dikte Gloeidraad	10	5,0
16	Cadeau	10	10

Verdeling van de cijfers (afgerond)

1 x 10	3 x 7	2 x 4
2 x 9	3 x 6	
1 x 8	2 x 5	

De moeilijkheid voor ons is de vraag anders, duidelijker, te stellen, zonder dat de oplossing gegeven wordt.

Bij de bepaling van de weerstand van een fietslampje (tabel 4) boden de eerste 8 opdrachten geen nieuws. Het schema bij (9) was als volgt:



De waarneming kan goed gebeuren zowel bij tijdbasis uitgeschakeld als bij langzaam lopende tijdbasis. Ook bij een normaal scherm duurt het nalichten lang genoeg om de waarnemingen te doen, zeker als de schaalverlichting uitgeschakeld is. Vaak werd vergeten het potentiaalverschil van de accu te meten, hoewel er voor dat doel als hint een voltmeter bij de opstelling stond.

Bij een lampje van 6V; 0,3A werd bijvoorbeeld gevonden:

scoop, vert. gevoeligheid 0,5 $\frac{\text{V}}{\text{hokje}}$ dus 4,4 hokjes = 2,2 V over een weerstand van 1 Ω .

Dus I direkt na het inschakelen = $\frac{V}{R} = \frac{2,2}{1} = 2,2 \text{ A}$.

Bij gebruik van batterijtjes gaat de R_i een onaangename rol spelen, waardoor het experimentje lastiger wordt, daarom een accu.

Vraag 13. Het effect is uitstekend te zien. Sommige leerlingen laten de tijdbasis lopen en bepalen de tijd waarin het lampje op zijn normale temperatuur komt ($t = \text{circa}$). Een volgende keer zullen we eens een heel lage voedingsspanning nemen.

Vraag 14 leverde blijkbaar nogal wat moeilijkheden omdat niet gezien werd dat $\frac{1}{0}$ vrijwel konstant blijft, waaruit dan volgt $\frac{R_{20}}{\rho_{20}} = \frac{R_t}{\rho_t}$, daaruit ρ_t berekenen

en met behulp van een grafiek uit de tabel gemaakt, de temperatuur bepalen.

Als variatie op het echte praktikum s.o. wordt ook wel een proef gedemonstreerd (als de proef te veel instrumenten vereist of te veel handigheid vraagt of enig risico met zich meebrengt). Meters en eventueel scherm van de scoop zijn zo nodig via de T.V.camera duidelijk af te lezen. Soms wordt een foto of een daarvan afgeleid tekeningetje uitgereikt, bijvoorbeeld bij de proef met een stel magneten, die langs een spoel of één winding vallen (zie ook Faraday December 1975 blz. 76).

Er staan bijvoorbeeld ook 2 niet werkende opstellingen waar de leerlingen maten van de spoel, aantal windingen, afmetingen van een luchtspleet, instellingen van instrumenten enz., kunnen bekijken.

Het praktikum s.o. kost heel veel tijd. Tijd die gaat zitten in de inspiratie en de realisering daarvan. Is er voldoende materiaal? Is er iets in voorraad voor het geval er iets defekt raakt? Moet er wat door de amanuensis gemaakt worden?

De afwijkingen in de instrumenten zoals voltmeters, ampèremeters, veerbalansen en in de gebruikte materialen zoals fietslampjes, maken het vrijwel onmogelijk om de nauwkeurigheid van het meten door de leerlingen juist te waarderen.

Er komt pas rust als alle opstellingen klaar staan en goed werken en de uitkomsten redelijk kloppen. En als dan de leerlingen de opdrachten redelijk vonden en de cijfers kloppen met de indrukken die we in vele jaren van de leerlingen hebben gekregen, dan is de tijdrovende korrektheid dus ook voorbij, dan valt er een pak van 't hart.

Tenslotte:

- a) een ruimer budget zou heel wenselijk zijn, zodat een leuk idee niet blijft steken omdat er bijvoorbeeld geen 2e of 3e echte scoop is, enz.;
- b) hoe komen we aan ideeën? De ouderen onder ons hebben veel gehad aan de vroeger bestaande tijdschriftenportefeuille van Velines. Ik herinner mij de namen van Bouma, Zandstra en Koene als beheerders van die portefeuille. Daar zaten bladen in als:
 - De Physics Teacher, circa f 80,-- per jaar, 9 nummers;
AAPT Executive Office Graduate Physics Building SUNY at Stony Brook,
Stony Brook N.Y. 11794 U.S.A.
 - School Science Review, circa f 30,-- per jaar, 4 nummers
A.S.E. College Lane, Hatfield, Herts AL 10 9AA
 - Praxis der Naturwissenschaften, circa f 60,-- per jaar, 12 nummers,
Aulis Verlag Deubner & Co., 5 KOLN 1, Antwerpenerstrasse 6-12, B.R.D.

Wat stonden en staan daar voor ons interessante dingen in. Ik kan mijn jonge kollega's van harte aanraden een abonnement te nemen op deze bladen.

1.3. Verslag van de paneldiskussie.

- Den Braber heeft een vraag aan de heer Wijn Nobel; de cijfers voor het praktisch s.o. stemmen overeen met de verwachting. Waarom neemt U dan nog praktisch s.o. af? 't Kost immers erg veel tijd.
- Wijn Nobel vindt dit een moeilijke vraag, op zulk soort vragen weet hij eigenlijk geen goed antwoord. Een argument is volgens hem dat de leerlingen het leuk vinden en dat ze op deze manier natuurkunde doen, meer nog dan bij de theorie bij het c.s.
- Biezeveld informeert of de leerlingen onvoorbereid komen.
- Ottevanqer: vroeger kregen de leerlingen bij het laatste schoolonderzoek een half uur voorbereidingstijd. Bij de korte proefjes tegenwoordig is dit niet nodig. De aard van de proefjes is anders, de voorbereidingstijd is niet meer nodig en er wordt meer strikt richting vaardigheid getoetst.
- Wijn Nobel: de proeven gaan over een beperkt stuk stof. De leerlingen krijgen in alle rust de tijd het verslag te maken en kunnen eventueel de proef overdoen na 1 uur. Ze krijgen geen voorbereidingstijd.
- Steller wil toch graag het antwoord op de vraag van Den Braber horen: 'Waarom neem je praktisch s.o. af als het toch hetzelfde cijfer oplevert?' In de voorinformatie staat bij vraag 4.b. als antwoord vaak/zelden/regelmatig.
- v. Genderen vraagt of één van de informanten die 'vaak' ingevuld heeft daarop een toelichting wil geven. Hiermee zou een indruk verkregen kunnen worden van de verschillen in vaardigheden die bij het praktikum en bij de theorie aan de orde komen. Het praktisch s.o. aksentueert het belang van de praktische kant van de fysika; het zou enigszins onbevredigend zijn als de cijfers altijd hetzelfde zouden zijn.
- Dennenbroek geeft les aan de Snellius S.G. De leerlingen bij ons op school doen soms de proef samen; soms alleen. De uitwerking en het beantwoorden van vragen gebeurt altijd alleen. Op deze manier herhalen de leerlingen rustig en via het praktikum de stof nog eens. In de verhouding 1:4 tellen de cijfers voor praktisch en voor schriftelijk werk mee voor het s.o. Zo krijgt de iets meer praktisch ingestelde leerling de kans om zwakheden bij het schriftelijk werk te compenseren.
- Zijlmans (Bisschop Bekkers College Eindhoven) onderscheidt 3 typen leerlingen.
1. ijverige leerling die zich veel moeite getroost formules in het hoofd te stampen
 2. leerling met inzicht, die goed scoort als er veel inzicht-vragen voorkomen
 3. leerling met veel vaardigheid, die praktisch is met zijn handen en vlug de theorie in de praktijk kan brengen
- De ijverige, onzekere leerling scoort bij het praktisch s.o. van alles.
- Stumpel informeert naar de rol van het praktisch s.o. in het geheel van het natuurkunde onderwijs. Hij heeft in het bijzonder een vraag aan de

docenten van het Develstein College: hun opdrachten zijn weinig gestructureerd en weinig schools; de resultaten zijn erg goed en getuigen van zeer groot enthousiasme. Hoe komt dat? Is jullie voorbereiding zo goed of zijn de leerlingen van nature zo goed? Welke voorbereiding krijgen de leerlingen in de 4e en 5e klas?

- Ruig (Develstein College) meent dat de leerlingen van nature tot dergelijk goed werk in staat zijn, maar ze doen er wel erg lang over. Een voordeel van onze werkwijze is dat de leerlingen de tijd hebben zichzelf te corrigeren.
Als praktische voorbereiding krijgen de leerlingen in 4 en 5 een roulatie-praktikum. In 6 worden ze opgepept: lees dit eens door; kijk daar nog eens naar. Ze ontvangen verder geen gerichte voorbereiding voor wetenschappelijk denken.
Deze werkwijze kost de leerlingen veel tijd zodat er inderdaad klachten binnengekomen zijn van de kant van scheikunde en wiskunde
- Heimerikx verwondert zich over de vreemde konstruktie op de school van Ottevanger waar de leerlingen in 4 en 5 nauwelijks praktikum hebben terwijl ze toch aan een praktisch schoolonderzoek deelnemen in 6 atheneum.
- Ottevanger: Onze werkwijze is historisch gegroeid; oorspronkelijk bereidden de leerlingen zich tijdens het jaar voor op het praktisch s.o. na pasen. Op aandrang van de leerlingen werden de resultaten tijdens het jaar ook meegenomen. Er zit wat in dat de konstruktie nu wat raar geworden is: in de loop van het jaar wordt er echter rekening mee gehouden dat de praktische vaardigheid van de leerling toegenomen moet zijn. Een proef die een leerling helemaal niet begrepen heeft mag hij de volgende dag nog eens opzoeken en overdoen.
- Heimerikx Ik begrijp dat U rond Pasen individueel toetst, terwijl men op het Develstein college groepjes van leerlingen beoordeelt.
Hoe doet U dat?
- Ottevanger: Door het jaar werkt men met groepjes van 2 of 3 en krijgt het groeps-lid het groeps-cijfer; rond Pasen toetsen we individueel.
- Ruig Naar aanleiding van de bespreking van de skriptie krijgen de leerlingen een cijfer dat $\frac{1}{10}$ deel van het totale cijfer vormt.
Voor het beoordelen van de skriptie gebruiken we een aantal rubrieken. In het gesprek daarna ontvangen de leerlingen een individuele beoordeling. Dit mondelinge cijfer blijkt hoogstens 2 punten af te wijken van het cijfer voor de skriptie.
- Botterweg wil graag weten hoeveel van de 4h/week de leerlingen van Ottevanger aan het praktikum besteden. Maken ze de verslagen tijdens schooltijd?
- Ottevanger: Ja, voor het praktikum is 1h/week in het rooster aan het eind van de dag gereserveerd. 3h/week wordt besteed aan de voorbereiding van het centraal schriftelijk.
- Vervoort: Heeft U het bevoegd gezag om extra geld voor het inrichten van het praktisch schoolonderzoek gevraagd?
- Ottevanger: Via de docenten hebben we dat wel eens gevraagd. Het opknappen van de school kost echter ook geld en dat scheen een hogere prioriteit te hebben.

- Vervoort raadt aan om net als de scheikunde kollega's daar aan te kloppen waar het geld zit: bij het bevoegd gezag (het bestuur, de gemeente of het Rijk). Een verzoek om een éénmalige subsidie van f 15.000,- bij het bevoegd gezag van zijn school had indertijd effect gesorteerd. Als argument werd gebruikt dat de situatie veranderd was: in 1982 wordt het praktisch s.o. verplicht en daar moeten de leerlingen tijdig op voorbereid worden.
- Sanders geeft les op een katholieke school. Per jaar wordt f 20.000,-- tegemoetkoming in de exploitatiekosten ontvangen. De besteding van dit bedrag en de prioriteiten hierin worden aan de school overgelaten.
- Goede is verbonden aan een christelijke school. Met zijn sektie heeft hij de directeur weten te overtuigen van het feit dat de situatie veranderd was. Deze is naar het bestuur gegaan en gaf het bestuur de verantwoordelijkheid voor het resultaat van het natuurkundeonderwijs als een verzoek om extra geld niet gehonoreerd zou worden. Eerder was een sektieverzoek om extra geld afgewezen. Door tussenkomst van de directeur werden nu wel financiële middelen verkregen.
- v.Dodeweerd geeft les aan een samenwerkingsschool. De beslissing die meestal genomen moet worden is hoe de exploitatiegelden besteed moeten worden: aan overheadprojectoren of aan een talenpraktikum. Hoe de school aan het geld komt weet ik niet, maar wij krijgen geld !
- Vervoort heeft nog een tweede vraag. Geld vormt één probleem; het andere probleem wordt gevormd door tijd. Merk je dat je na verloop van tijd minder tijd kwijt bent met het praktisch s.o. ?
- Wijn Nobel heeft weinig hoop op vermindering van de arbeidsinvestering.
- Ottevanger merkt wel dat het langzamerhand minder tijdrovend wordt.
- v.Genderen: Uit het overzicht blijkt dat de schattingen over de tijdsinvestering zeer variëren: van 5x zoveel tijd tot minder tijd. Het is interessant te horen hoe scholen op de tijd hebben weten te bezuinigen.
- Hanewald: (S.G.-leeuwarden) In het laatste jaar laten we de leerlingen 20 proeven uitvoeren. Op het schoolonderzoek komt één van die proeven met daarin een kleine variatie aan de orde. Bij de proef van Melde kan dit bijvoorbeeld het gebruik van een ander koord zijn. De harde werker, die de zaak serieus nakeken heeft kan hiermee zijn cijfer omhoog halen.
De luie leerling heeft in het algemeen te weinig ervaring in het schrijven van een verslag.
In het begin was er erg veel tijd nodig, nu komt er elk jaar nog eens een enkele proef bij. Het praktisch s.o. vraagt zo minder tijd aan een gewoon s.o.
- v.Genderen merkt op dat in 4 en 5 geen praktikum gedaan wordt en in 6 opeens wel. U neemt wel een praktisch s.o. af waaruit blijkt dat u dit wel belangrijk vindt. Dit duidt op een inkonsekwentie. Is hiervoor een speciale reden; bijvoorbeeld geldgebrek ?
- Hanewald: Geld hebben we inderdaad helemaal niet. Maar ook tijd vormt een praktisch probleem. In 6 vwo hebben we groepen van 28 leerlingen die 20 à 30 h. praktikum doen. Dit betekent elke week 28 verslagen nakijken.

We zouden liever eerder starten b.v. in 5 atheneum en 1/14 dagen of 1/4 weken al deze verslagen nakijken.

- Wisse (Erasmus College-Zoetermeer). In de samenvatting staat ook iets over de tijd. De voorbereidingstijd is enorm; wij hebben 65 verschillende experimenten. Ook het nakijken van de verslagen vraagt naar schatting 2½ uur per verslag. Die tijdinvestering neemt gelukkig enigszins af. Ook in het voorlaatste leerjaar zijn we veel voorbereidingstijd kwijt. We vinden het volmaakt onverantwoord om de leerlingen voor de wolven te gooien in 6 vwo en 5 havo zonder dat zij in de voorlaatste klas de kans hebben gehad een redelijk aantal experimenten te doen. Zij leren daar meten, verslagen maken en oefenen een beetje met grafieken, Wij achten dit noodzakelijk als voorbereiding op het praktisch schoolonderzoek.
- Op het ogenblik staan we dan ook met het zweet in onze handen. In 5 vwo zitten 100 leerlingen die allemaal 2 proeven gedaan hebben en er het komende semester nog 3 moeten doen. Ook zogenaamde 'goed lopende proeven' geven altijd onverwachts problemen. Deze sektor 'onvoorzien' vreet enorm veel tijd, toch hebben we het er graag voor over
- v.d.Elst Wij merken dat we in de 5e klas geen tijd hebben voor praktikum. Bij het ons toegemeten aantal uren is het onmogelijk een praktisch s.o. af te nemen. Vooral op de havo. Hoe doen anderen dat ?
- Ottevanger:Op onze school hebben we 1 uur/week meer. Ook wij merken dat we op de havo krapper zitten dan op het vwo. In 4 scheppen we de ruimte voor het praktisch s.o. in 5.
- v.d.Elst: Eerst praktikum doen en dan pas toetsen zou konsekwenter zijn.
- Ottevanger:ik wil best meemopperen. Ook wij vinden het niet reeël om enerzijds het praktisch s.o. verplicht te stellen en anderzijds te beknibbelen op middelen en amanuensis.
- Wijn Nobel: Bij ons is het doen van praktikum ook op de havo goed mogelijk. Bij het schoolonderzoek kunnen we dan eventueel ook eenvoudige proefjes herhalen.
- v.d.Kooij: We moeten konstateren dat de tijd die de leraar in het praktisch s.o. steekt meer is dan normaal en dat het de leerling meer tijd kost dan normaal.
- Een onderzoek naar de tijd die een leerling per vak besteedt afgenomen in 5 vwo geeft dan ook te zien dat natuurkunde op de 3e plaats komt na latijn en grieks. Hoe lang zou het nog duren voordat dat elders wrijvingen geeft ?
- Ottevanger:Wij laten het uitgebreid schriftelijk rapporteren achterwege en hebben het vervangen door een mondelinge toelichting.
- Steller wil graag enkele opmerkingen maken.
- U heeft in Leeuwarden 20 proeven en laat de leerlingen in het praktisch s.o. één of enkele proeven herhalen. Mijns inziens is dat een kwalijke ontwikkeling: het praktikum wordt zo een excercitie met stekkers en stekers.
- Ottevanger en Wijn Nobel doen eenvoudige proeven. Volgens Ottevanger vinden de leerlingen dit beneden hun standing. Hij suggereert dat de

leerlingen altijd gelijk hebben. Ik ben het daarmee oneens. Ook bij een eenvoudige proef kan een spitse vraag gesteld worden die zeker niet beneden de standing van de leerling is. Vinden de leerlingen het doen van dit soort proeven beneden hun 'standing' dan hebben ze nu eens ongelijk. Dat mag ook !

Hanewald: Ook bij ons praktisch s.o. moeten de leerlingen logisch weergeven wat ze doen. Zonder het praktikum zouden ze lang zoveel gelegenheid niet hebben gehad om ervaring op te doen met apparatuur, om ermee te spelen.

Voorzitter:dankt allen die hun bijdrage aan de levendige discussie geleverd hebben.

1.4. Hoeveel ruimte kan een goed examen aan het onderwijs geven ?

H.F. van Aalst

Zijn eindexamens een steun voor goed onderwijs, of een hinder ? Dat is de uitgangsvraag voor deze lezing.

De titel suggereert al dat nadenken over examens tegelijk nadenken over onderwijs betekent. Een standpunt innemen over examens betekent een standpunt innemen over onderwijs. Toch zal ik het hier vooral over examens hebben en de erachter liggende standpunten over onderwijs niet steeds uitwerken.¹⁾

Mijn lezing zal uit twee delen bestaan. Eerst zal ik wat preciezer nagaan welke functies eindexamens feitelijk hebben. Ik zal proberen bij elk van die functies kenmerken te geven waaraan een examen moet voldoen, wil het die functie goed tot z'n recht laten komen. Geleidelijk zal ik in mijn verhaal enkele ideeën aan U voorleggen over de vorm en de inhoud van een goed eindexamen, de rol van het examenprogramma en meer algemeen de regels waaraan bij de konstruktie van eindexamens zou moeten worden voldaan.

Selektie van leerlingen

Een belangrijke functie van eindexamens is selektie. We zien dat in heel konkrete gevallen. Het resultaat van het eindexamen v.w.o. telt mee bij de loting om toegelaten te worden tot de universiteit: hoe hoger je cijfer, hoe groter de kans om toegelaten te worden. Nog rigoreuzer komt de selektieve functie van het examen tot uiting bij de doorstroming mavo-havo. Heel wat scholen eisen tenminste een 7 op het eindexamen mavo voor die vakken die de leerling in z'n havo-pakket mag kiezen.

Warries (1971) wijst erop dat selektie is te beschouwen als een institutionele aktiviteit, die de toelating regelt tot onderwijs, waarbij het belang van de onderwijsinstelling eerder de aandacht krijgt dan dat van de individuele kandidaat die toegelaten wil worden. Het instituut (in de voorbeelden hierboven de universiteit, de havo) wil het peil van het onderwijs handhaven en probeert kandidaten te weren die stagnerend zullen werken.

Verondersteld is dan dat de uitslag op het examen een zekere voorspelling inhoudt over het sukses bij vervolgopleiding of beroep. Het is bekend dat dat voor eindexamens maar heel gedeeltelijk het geval is. Er zijn heel andere factoren van belang voor toekomstig sukses die niet in een examenuitslag tot uiting komen. Leeftijd is een voorbeeld. Bovendien is niet of nauwelijks bekend op welke bekwaamheden leerlingen op een eindexamen eigenlijk zakken of slagen, laat staan of die bekwaamheden voor de toekomst van onderscheidend belang zijn. Kortom, er valt wel het een en ander aan te merken op de wijze waarop de huidige examens voor selektie worden gebruikt.

Ik wil vaststellen dat ik vind dat de selektieve functie van eindexamens voorlopig moet blijven bestaan. Zolang de vraag naar hoger onderwijs en naar beroepen groter is dan het aanbod (studentenstops, werkloosheid) zal er behoefte zijn aan een vorm van voorspellende meting en dus van selektie. Ik meen dat de rechtszekerheid van de leerling ermee gediend is die functie bij eindexamens te laten en niet bij toelatingsexamens te leggen. Dit neemt natuurlijk niet weg dat aan de aard van de selektie, aan de controleerbaarheid, aan de kwaliteit en vooral aan de invloed die het heeft op voorafgaand onderwijs nog wel het één en ander valt te verbeteren !

Naast de meer algemene bedenkingen tegen selektieve eindexamens, die ik hierboven noemde, is er een konflikt tussen selektieve onderwijsexamens en gangbare opvattingen over onderwijs geven. Onderwijs geven is voor veel leraren in de eerste plaats gericht op elke individuele leerling. Het institutionele belang van de vervolgopleiding staat bij hem veelal minder in de belangstelling. Ook ik meen dat een school als eerste plicht heeft alles te doen om elke leerling (die hij heeft toegelaten) ook inderdaad aan z'n eindexamen te helpen.

Internationaal wordt er veel werk gedaan om het schoolsukses omhoog te brengen door bijvoorbeeld tijdens het onderwijs meer diagnostisch en minder selektief te toetsen.

In Nederland wordt door DBK-natuurkunde van de VU in die richting een bijdrage geleverd. Ook de introductie van meer gevarieerde instructie-middelen, beter uitgedachte leerplannen en vooral meer genuanceerde beoordelings- en begeleidingsmethoden zijn er op gericht meer leerlingen met succes onderwijs te geven. Het valt buiten ons onderwerp om daar verder op in te gaan.*

Waar het hier om gaat is dat de selectieve functie van het eindexamen, gericht op institutionele belangen, konflikteert met een basisprincipe van goed onderwijs: het principe dat goed onderwijs gericht is op het onderwijzen van elke leerling die aan de leraar is toevertrouwd. Voor velen is dit conflict principiëel onoplosbaar. Zij verwerpen selectie of - andere mogelijkheid - aksepteren uitvallers in hun klas als een onontkoombaar gegeven.

Zijn er dan geen oplossingen te bedenken, waarbij het eindexamen z'n selectieve functie kan behouden, zonder dat er een beknellende werking vanuit gaat op het voorafgaande onderwijs? Om zulke oplossingen te ontwikkelen is het allereerst nodig ons te bezinnen op wat eigenlijk de kenmerken van een selectieve toets zijn. Wat zijn de karakteristieken van een toets die goed selekteert? (Ik beperk me tot onderwijsprestatie-toetsen en bespreek dus niet de testmethoden die psychologen hanteren voor het selekteren van kandidaten voor allerlei functies.)

Toetsen die selectief werken worden zó gemaakt dat ze leerlingen spreiden over een prestatie-maat: enkelen zijn 'goed', sommigen 'slecht', sommigen 'middelmatic'. Een toets die er niet in slaagt adequaat te discrimineren tussen leerlingen is een slechte selectie-test.

In de praktijk blijkt dat testen die geschikt zijn voor selectief gebruik een paar eigenaardigheden hebben (Warries '71, Kerr'74).

1. De toetsmaker heeft de neiging opgaven te kiezen die niet rechtstreeks aansluiten bij het voorafgaande onderwijs.
Hij kan dit doen omdat, behalve kennis van en inzicht in het onderwezen vak, ook eigenschappen als intelligent handelen, niet rechtstreeks op school geleerd inzicht en algemene ontwikkeling als voorspellers van later succes zijn te beschouwen.
2. Bij de konstruktie sluit de toetsmaker zich intuïtief aan bij de traditie dat vragen die gemakkelijk zijn (empirisch: door meer dan 75% voor de leerlingen goed zijn beantwoord) niet gesteld kunnen worden: hij kiest tamelijk moeilijke vragen uit.

De (klassieke) testtheorie versterkt dit intuïtieve effect: het is aannemelijk te maken dat het skore bereik van een toets het grootst is als alle vragen stuk voor stuk door circa de helft van de kandidaten fout worden gemaakt, dus tamelijk moeilijk zijn.

En, zoals we zagen, een groot skorebereik is nodig om goed te kunnen discrimineren tussen 'goede', 'middelmatic' en 'slechte' leerlingen.

Het op de Woudschotenkonferentie van '74 door Broekman geformuleerde criterium voor goede meer-keuze vragen (25-50% van de leerlingen beantwoordt de vraag fout; $r_{it} \approx .40$) berust evenzeer op de eis dat de toets moet discrimineren, zoals hij ook heeft gezegd.

3. Een derde kenmerk van selectieve toetsen is dat het uiteindelijke cijfer veelal wordt bepaald op grond van de relatieve positie van de leerling in de groep van mede-kandidaten.

(Tussen haakjes: hoewel dit voor natuurkunde-examens niet rechtstreeks het geval is, is het dat wel indirekt: De m.i. terecht kritiek op het hoge percentage onvoldoendes op het vwo-examen 1975 heeft er toe geleid dat de examens in 1976 en 1977 minder onvoldoendes opleverden: De skoreverdeling van leerlingen door de jaren heen heeft dus ook voor natuurkunde konsekwenties voor het cijfer van een leerling)

* Nadere gedachten hierover heb ik elders gepubliceerd. Zie b.v. hoofdstuk 15 in de bundel 'Beheersingsleren een leerstrategie' onder redaktie van Prof. Warries, (Tjeenk Willink, 1978)

De volgende tabel vat nog eens samen:

SELEKTIEVE TOETS

- | |
|--|
| a. <u>niet</u> erg <u>specifiek</u> voor voorafgaand onderwijs |
| b. gemakkelijke <u>vergelijking</u> tussen <u>leerlingen</u> |
| c. en dus: tamelijk <u>moeilijk</u> |

Intuïtief gemaakte toetsen hebben vaak de kenmerken a , b , c en zulke toetsen werken selektief.
--

Onder invloed van de onderwijsvernieuwingen in met name Engeland wordt er sinds de zestiger jaren veel onderzoek gedaan naar de inhoud van eindexamens. Men vraagt zich daarbij af op welke eigenschappen eindexamens eigenlijk onderscheid maken tussen 'goede' en 'slechte' leerlingen. Men wil weten waarin een kandidaat met een 8 beter is dan een met een 6, anders dan dat hij de vragen van dat ene examen beter heeft gemaakt.

Welke bekwaamheden heeft de een eigenlijk meer dan de ander? Hoewel deze vraag ook voor vervolgoopleidingen van belang is kwam in Engeland het onderzoek vooral op gang omdat men zich afvroeg of de examens nog wel aansloten bij het verbeterde onderwijs dat men had ontwikkeld. Met name in de exacte vakken was men onderwijs gaan ontwikkelen waarvan men meende dat het beter in de tijd paste en ook dat het de leerlingen beter voorbereidde op vervolgoopleidingen. Er bestaat de indruk dat de examens bij de inhoudelijke verbeteringen waren achtergebleven. Bovendien realiseerde men zich steeds meer de onrechtvaardigheid te selekteren op bekwaamheden die in het onderwijs zelf niet rechtstreeks waren aangeleerd (we zagen dat intuïtief gemaakte selektieve toetsen die eigenschap veelal hebben).

Zonder veel dieper op de aard van de engelse onderzoeken in te hoeven gaan (zie b.v. Macintosh '74, Nuttall en Willmott '72, Eggleston en Kerr '68) kunnen we vaststellen dat zulk onderzoek in Nederland ontbreekt. We hebben alleen een intuïtief idee wat eigenlijk de eigenschappen zijn waarmee we een aantal van onze leerlingen (in 1977 nog 49% onvoldoende op het CSE mavo!) de kans op vervolgonderwijs ontzeggen en in Engeland is gebleken dat veel van die intuïtieve ideeën niet kloppen. Moeilijke begripsvragen en ook numerieke vragen onderscheiden (in Engeland) niet de 'goede' en de 'slechte' leerling en dat tegen veler verwachting in! (Fairbrother '77). Het is mijn overtuiging dat, mede gezien de onderwijsvernieuwingen, maar vooral vanwege het grote belang voor de kansen van leerlingen, het dringend nodig is ook in Nederland onderzoek te doen naar de eigenschappen van onze examens.

Wil men aan een examen enigszins kunnen aflezen op welke bekwaamheden het selekteert dan is het allereerst nodig af te stappen van het systeem van 4 of 5 onafhankelijk gekozen vragen. Voor betekenisvolle resultaten heeft men veel vragen nodig die bewust en in samenhang zijn gekozen. Op één vraag kan men immers geen konklusie baseren. Als men denkt dat het onderscheid tussen leerlingen vooral tot uitdrukking moet komen in een verschil in feitenkennis, dan moet dit uit de test duidelijk kunnen blijken. Als men vindt dat het verschil betrekking heeft op rekenvaardigheid of op probleemoplossen, dan moeten er genoeg vragen in de toets zijn om zulke verschillen betrouwbaar vast te kunnen stellen. Tien vragen is een uiterste minimum voor elke bekwaamheid waarin men verschillen wil konstateren. Een examen met 40 vragen kan dan ten hoogste op vier bekwaamheden discrimineren.

Het spreekt vanzelf dat er bij de konstruktie van een eindexamen goed bekend moet zijn welk type leerlingprestaties het examen wil meten. Het ideaal is een grote verzameling vragen die representatief zijn voor de bedoelde bekwaamheid, waaruit dan een toevallige steekproef wordt getrokken. Zo'n konstruktie wijze verloopt dus heel anders dan we in Nederland (voor natuurkunde) gewend zijn, waar veel meer wordt gelet op de kwaliteiten van een enkele opgave dan op de vraag of een kombinatie van opgaven een goede keus is uit een verzameling die aan vastgestelde eisen voldoet.

Bij de voorbereidingen voor het PLON-examen is als werkmodel uitgegaan van drie typen bekwaamheden:

- I : herinneren en toepassen van kennis
- II : hanteren van bekende begrippen en regels (wetten) in situaties waar weinig twijfel kan zijn over hun toepassing
- III : het aanpakken van problemen waarbij nieuwe kennis, nieuwe begrippen of regels ontstaan.

Voor de leerling levert de toetsopgave van het type III dus nieuwe kennis op: hij leert ervan. Juist de bekwaamheid om te leren van een probleem wordt bij modern natuurkundeonderwijs nagestreefd. Zie voor de consequenties voor proefwerken b.v. Renner: 'Teaching Science in the Secondary School', hoofdstuk 8.

Het samenwerkingsverband PLON-CITO heeft in zijn onderzoeksprogramma opgenomen onderzoek te doen naar de mogelijkheden van dit soort onderscheidingen. Er wordt op gehoopt de gelegenheid te krijgen ook de konstruktie van PLON-examens volgens dit type regels te doen verlopen. Dat betreft dan vooral de wens allèen opgaven op te nemen die volgens een vast criterium met elkaar samenhangen en daarvan een voldoende aantal. Het laatste betekent dat - gegeven een beperkte toetstijd - het antwoord op de meeste vragen kort moet kunnen zijn.

Het zal duidelijk zijn dat de hierboven geschetste eisen waaraan een examen moet voldoen ook wijzigingen vereist in het examenprogramma. Daarin behoort, veel beter dan nu gebeurt, te worden aangegeven hoe het examen wordt gekonstrueerd, met welk type vragen, hoeveel vragen voor welk type, met welke normeringskriteria en vooral: hoe vastgesteld wordt of het examen aan de gestelde eisen voldoet en wat er moet gebeuren als dat op grond van de uitslagen onverhoopt niet het geval blijkt te zijn.

Het bovenstaande heb ik onder Uw aandacht gebracht, in verband met de selectieve functie van eindexamens, waarbij het beoordelen van *leerlingen* centraal staat. De volgende functie die ik wil bespreken heeft betrekking op het beoordelen van het gegeven *onderwijs*.

Evaluatie van de leergang

Eindexamens worden gebruikt om een waarde-oordeel uit te spreken over gegeven onderwijs. Ik noem dat leergang-evaluatie. De leraar ervaart b.v. het gemiddelde examen-cijfer als een maat voor de kwaliteit van z'n onderwijs; hoe hoger dat cijfer, hoe beter zijn onderwijs.

Het aantal gezakten op het examen wordt ook als waardering gebruikt: hoe minder gezakten, hoe tevredener hij is; omgekeerd zal een groot aantal gezakten tot zelfbezinging leiden. Ik wees er al op dat het evaluatief gebruiken van examenuitslagen voor de leraar vrij frusterend is als de examens een selectief karakter hebben.

Bij selectieve toetsen moeten er afvallers zijn, onwillekeurig worden de opgaven iets te moeilijk gemaakt. Voor de leraar die er naar streeft elke leerling zo goed mogelijk onderwijs te geven, betekent dat dat z'n onderwijs nooit 'goed' is, er zullen altijd weer afvallers zijn.

Niet alleen leraren gebruiken het eindexamen als waarde-meter voor gegeven onderwijs, ook z'n kollega's en de schoolleiding doen dat. Van de man (of vrouw) die weinig of geen onvoldoendes heeft bij het centraal schriftelijk wordt gezegd dat hij (of zij) goed les geeft. De overheid ontleent zelfs het bestaansrecht van eindexamens (mede) aan een evaluatief gebruik ervan. In de examennota van 1975 (Diskussienota examenproblematiek in het Voortgezet Onderwijs, 29 april 1975) staan (onder andere) deze twee functies:

'(....) het examen biedt de mogelijkheid de kwaliteit van het op elke school gegeven onderwijs te evalueren (....); het examen levert gegevens op die een landelijke evaluatie van de doelstellingen van het onderwijs in zijn geheel mogelijk maken (....)' Deze twee stellingen zijn interessant omdat ze alleen waar zijn als het eindexamen een goede representatie zou zijn van het op elke school gegeven onderwijs. Dat nu is zeker niet zomaar het geval, en dat om praktische zowel als om principiële redenen.

Meer principiële argumenten zijn samen te vatten in de stelling dat onderwijs mede door een aantal niet doel-gerichte elementen wordt gekenmerkt, en dat het zo wie zo niet mogelijk is alle onderwijsdoelen in eindeffecten te beschrijven, laat staan

kontroleerbaar te meten op een tevoren vastgesteld tijdstip. Meer praktisch gerichte argumenten komen er op neer dat het onmogelijk is in een vrij beperkte toetstijd het effect van jaren onderwijs betrouwbaar vast te stellen.

Minder vaak genoemd, maar minstens zo belangrijk is een praktisch argument van technische aard: de techniek en de procedure van examenkonstruktie (althans voor natuurkunde) houdt nauwelijks verband met de wetenschappelijke kennis die er op dit gebied van examenkonstruktie bestaat. Natuurkunde examens worden vooral op ervaring en intuïtie gebaseerd.

In vergelijking met wat er wordt geschreven - en wat er gebeurt - op het gebied van het ontwikkelen van een bewuste en een effectieve didaktiek is het probleem van examenkonstruktie een onderontwikkeld gebied.

Het is dan ook geen wonder dat door het ontbreken van uitgedachte technieken en procedures het maken van examens niet erg controleerbaar wordt geleid door principes gericht op representativiteit van de toets voor gegeven onderwijs. Zoals het nu gaat lijkt het meer op het verzamelen van, min of meer losstaande, leuke opgaven.

Als voorbeelden van een examensysteem waarbij veel aandacht aan de wijze van konstruktie, afname en normering wordt besteed en waarbij steeds de representativiteit een centraal element vormt noem ik de engelse 0-level-examens van het SCISP en de Nuffield-A-level examens voor de drie exacte vakken en voor Physical Science. Van het A-level-examen natuurkunde zal ik straks een overzicht geven ²⁾.

Eerst wil ik nu de voornaamste kenmerken van toetsen die voor leergang-evaluatie geschikt zijn aan U voorleggen.

(Voor een uitgebreidere lijst, zie b.v. Warries 1971 en voor een grondiger behandeling b.v. Popham, 1974).

Het eerste kenmerk kwam al aan de orde:

1. Zo'n toets is representatief voor gegeven onderwijs, hij sluit nauw aan bij de leergang van de school, ook wat terminologie betreft. Hij evalueert deelaspekten van de leergang en maakt het mogelijk daaraan afzonderlijk waarde toe te kennen ('profiel-meting')
2. De vragen worden door leerlingen en leraren als niet te moeilijk ervaren.
3. De toets is niet zozeer gekonstrueerd om individuele leerlingen te vergelijken, maar moet vergelijkingen tussen groepen mogelijk maken (b.v. ten behoeve van het vergelijken van overeenkomstige vakken op verschillende schooltypen, zoals natuurkunde op lbo met natuurkunde op mavo of idem havo met vwo).

TOETS VOOR LEERGANG-EVALUATIE

- a. representatief voor voorafgaand onderwijs; meet deelaspekten;
- b. niet erg moeilijk;
- c. maakt vergelijking tussen groepen mogelijk

Toetsen voor leergang-evaluatie zijn moeilijk te maken vooral aan a en b wordt zelden voldaan.

De kenmerken a en b zijn niet onafhankelijk van elkaar. Voor veel leraren te het maken van "gemakkelijke" opgaven echter een hele kunst - we zijn er meestal op uit onze leerlingen net iets méér te vragen dan we ze hebben geleerd. De inhoud van een evaluatieve toets dient geheel bepaald te zijn door de kenmerken van de leergang die hij afsluit: de toets moet "leergang-valide" zijn. ³⁾ Leergang-validiteit is een hoge eis, vooral als het een moderne natuurkundeleergang betreft: je zal niet alleen alle leerstof moeten toetsen, maar ook de onderwezen praktische vaardigheden, het zelfstandig en in groepen kunnen oplossen van problemen, het kritisch kunnen denken, het kunnen onderscheiden van hypothesen en konklusies van waarnemingen, de persoonlijke inventiviteit, enz., enz.. Het betekent voor de examinerator dat hij gebruik moet maken van allerlei verschillende testmethoden, dat er veel toetstijd nodig is en dat niet alle leerlingen noodzakelijk dezelfde opgaven maken. Als voorbeeld noem ik hier het examen van de Nuffield A-level leergang; een examen, waarbij bijzondere aandacht wordt besteed aan leergang-validiteit.

Het Nuffield A-level examen (dat toegang geeft tot de Universiteit) bestaat uit zes verschillende testmethoden en tenminste zes uur en drie kwartier officiële testtijd, plus twee maal een week lestijd. De eis die aan de examineratoren wordt gesteld is dat alle leerstof wordt getoetst, en niet een steekproef daaruit. Bovendien wordt er heel precies op gelet dat alléén doelen worden getoetst die in de leergang waren ontwikkeld. Tenslotte kunnen individuele verschillen tussen leerlingen, waar van belang, tot hun recht komen. De verschillende testmethoden zijn: *

<u>Type:</u>	<u>tijd:</u>	<u>gewicht:</u>
a. vragen met voorgecodeerd antwoord	40 items in 75 min.	23%
b. korte antwoord vragen	9 vragen 90 min.	23%
c. lange antwoord vragen	3 vragen uit 6 90 min.	23%
d. een test over een wetenschappelijk artikel	6 vragen 60 min.	11%
e. experimenteel werk	8 proeven 90 min.	10%
f. zelfstandig onderzoeken	2x één week lestijd	10%
g. een speciale lange antwoord test voor de knappe koppen (vrijwillig, kan je cijfer verhogen)	deel A geheel, deel B een keuze uit 2 vragen, deel C een keuze uit 3 vragen.	

Dit overzicht geeft een goed beeld van de diversiteit van examensommen; wat er niet uit is af te lezen zijn de regels voor het maken van elk der onderdelen. Ik noemde u er al een:

- Alle hoofdaspekten van het leerplan moeten in de een of andere testvorm voorkomen.

Andere regels betreffen de konstruktie-fasen (die totaal 3 jaar in beslag nemen!) en - erg belangrijk - de typen vragen die wél en die niet de manier van denken toetsen die in het onderwijs de nadruk krijgt.

Niet mag bijvoorbeeld de vraag: **

. *Hoe lang duurt de val van een steen in een 20 meter diepe put, als de steen vanuit rust wordt losgelaten.*

Een voorbeeld wat dan wél mag, is:

. *Een man laat een steen vallen in een 20 meter diepe put en meet de tijd tussen het loslaten en het moment dat hij de steen op de bodem hoort vallen.*

* Voor meer informatie en voorbeelden van opgaven, zie NVOV-rapport "Praktikum Bovenbouw" (febr.1976).

** Voorbeeld ontleend aan E.M. Rogers: Examinations (In: Teaching physics Today, OECD, 19...).

- a) Schat (ruwweg) het percentage fout dat hij maakt als hij deze tijd de vrije val tijd noemt (geluidssnelheid = 334 m/s);
- b) Verklaar hoe je tot je antwoord kwam.

Ook mag:

- . Je kent de relatie $s = v_0 t + (\frac{1}{2}) at^2$
 - a) Wat stelt v_0 hierin voor?
 - b) Wat geeft $v_0 t$ ons aan?
 - c) Verklaar waar de $(\frac{1}{2})$ vandaan komt.

Een precieze beschrijving van de regels waaraan opgaven moeten voldoen is niet in kort bestek te geven, bovendien is er veel ervaring nodig om zulke regels in praktijk te brengen.

Is zo'n uitgebreide en intensieve centrale examenkonstruktie dan wel de moeite waard? ⁴⁾ Voor alleen selectie is het niet direkt nodig en de leraar, of de overheid kan het onderwijs ook wel evalueren met andere middelen. De overheid bijvoorbeeld via steekproeven of inspectiebezoeken; de leraar door middel van (uitwisseling van) proefwerken, regio-besprekingen met kollega's, e.d.. Ook door bewustere beoordelingsmethoden in de school zelf - met als aspect daarvan: verbeterde schoolonderzoeken - kan een evaluatieve functie worden gerealiseerd. Het bestaan van het schoolonderzoek wordt wel als argument gebruikt om allerlei dingen in het Centraal Schriftelijk examen niet te toetsen: de leraar kan dat toch in het schoolonderzoek doen, wordt er dan gezegd. Dat kom er op neer dat de leraar in het schoolonderzoek moet opnemen wat in het centraal schriftelijk mankeert. Op die manier worden de moeilijk te testen aspecten naar de school terugverwezen, zonder tegelijk de leraar te leren hoe hij dat dan wel moet doen. Er is althans weinig te merken van officiële voorlichting en scholing in die richting.

Zo is bijvoorbeeld het schoolonderzoek - en ook het praktisch schoolonderzoek - in de eindexamens opgenomen, zonder dat tegelijkertijd van de zijde van de overheid goede voorbeelden van leerplannen met bijbehorende genuanceerde testmethoden werden ontwikkeld en daarover informatie en scholing werd opgezet. Het is de NVON en de werkgroep Natuurkunde-Didaktiek die op eigen initiatief (zij het met financiële steun van de overheid) zoveel mogelijk doen, en deze konferentie is daarvan een voorbeeld.

Maar ook als er voldoende scholing zou zijn voor het maken van goede schoolonderzoeken, zouden juist in het centraal schriftelijk lastig te testen aspecten kunnen worden opgenomen door de mogelijkheid daarbij deskundige en ervaren examenmakers in te schakelen.

Er is nog een andere reden waarom juist het centraal schriftelijk de leergang goed moet representeren en dat niet te gemakkelijk naar het schoolonderzoek moet worden verwezen. Die reden ligt in het feit, dat het centraal schriftelijk examen het onderwijs rechtstreeks beïnvloed: het wordt ervaren als een afbeelding van de bedoelingen van het onderwijs en men richt zich er in z'n feitelijke didaktiek op.

Daarmee is de derde functie van eindexamens aangeduid.

Doelbepaling.

Leraren kennen terecht veel waarde toe aan examensucces van hun leerlingen. De aard en de inhoud van het Centraal Schriftelijk examen hebben daarom onvermijdelijk een grote invloed op wat er feitelijk wordt onderwezen, en op de didactische praktijk: hoe er wordt onderwezen.

Wanneer in het examen de bedoelingen van goed natuurkunde-onderwijs worden overgeslagen zullen leraren sterk worden gemotiveerd onderwijs te geven dat op die doelen is gericht. Als de examens bepaalde doelen niet toetsen of geen goede onderwijsdoelen representeren, dan zullen veel leraren niet langer onderwijs geven dat op die doelen is gericht. Beïnvloedt het examen dus de einddoelen van het onderwijs, het heeft ook een rechtstreekse invloed op de manier van leren. Als in een examen uitsluitend formeel gestelde problemen worden gepresenteerd, zal er ook in het onderwijs aandacht voor zulke problemen zijn. Als de vragen wat informeler zijn, maar meer diepgaand, zullen ook in lessituaties zulke problemen meer aandacht krijgen. De vragen op het examen bepalen de vragen die we stellen in de les. En de vragen die we stellen in de les, bepalen wat en vooral hoe de leerling leert.

De examens van het Nuffield O-level physics programma zijn dan ook gebaseerd op een leergang-beschrijving (een uitgebreide set lerarengidsen; een gedetailleerd leerplan) en nadrukkelijk niet op een leerstoflijst. Zowel de ontwerpers als de exameninstanties hebben ingezien dat de doelen en de leerstijl zoals die in de lerarengidsen wordt bediscussieerd even noodzakelijk zijn als leidraad voor de examens als de leerstof-inhouden.

In Nederland hebben Steller en Zandstra er al in 1966 op de Woudschotenkonferentie op gewezen, dat er een rechtstreeks verband is tussen examensituatie en onderwijs-situatie en in eenzelfde lezing voorbeelden gegeven. Vooral in situaties waarin het onderwijs verandert is het natuurlijk heel belangrijk dat examens een uitdrukking zijn van waar het (vernieuwde) onderwijs naar streeft, en hoe het wordt gegeven.

Daarmee is niet gezegd dat examens zich zomaar moeten richten naar het gegeven onderwijs. Ook wil ik niet verdedigen dat onderwijs ondergeschikt moet zijn aan toetsing ("onderwijs" is voor mij meer dan "voorbereiding op het examen"). Wat ik wel wil verdedigen is de stelling, dat onderwijs en eindexamen moeten zijn afgestemd op dezelfde uitgangspunten: de uitgangspunten van goed natuurkunde-onderwijs.

Wat zijn nu de kenmerken van een eindexamen dat een positieve, versterkende invloed heeft op het onderwijs. Ik noem drie kenmerken, waaraan mijns inziens moet worden voldaan:

- a) het examen is representatief voor de bedoelingen van het onderwijs, zoals die zijn neergeslagen in het leerplan. Het meet (alle) deelaspekten in een onderlinge verhouding die overeenkomt met wat in het leerplan wordt vermeld.
- b) De vraagvormen en de soort toetsituaties lijken op wat in het leerplan als gewenste onderwijssituaties worden beschreven. Daaronder zijn er in elk geval met een tamelijk informeel karakter.
- c) De toets gaat vergezeld van een officiële toelichting waarin zowel de mate waarin hij onderwijsdoelen representeert, als de mate waarin aan examen-technische eisen wordt voldaan wordt toegelicht. Dit kunnen zowel gegevens vooraf als gegevens achteraf zijn (bijvoorbeeld: vraag 13 bleek statistisch geen verband te houden met de bekwaamheden die dit examen wilde meten, deze vraag is dus een slecht voorbeeld van een examenvraag. Een betere versie zou wellicht zijn geweest).

Samengevat:

TOETS VOOR DOELBEPALING	
a)	<u>representatief</u> voor bedoeld onderwijs (<u>leerplan</u>) meet <u>deelaspekten</u> .
b)	<u>toetsituaties lijken op onderwijssituaties</u> ; informele vragen komen voor.
c)	is voorzien van een <u>verantwoording</u>

Voor het maken van toetsen voor doelbepaling is het nodig dat men zich oriënteert op een bedoelde leergang (leerplan). Een leerstoflijst is onvoldoende.

Het examenprogramma.

Voor ik tot een afsluiting kom wil ik ingaan op een zaak die voor een heldere en controleerbare relatie tussen examens en onderwijs mijns inziens van groot belang is: de vorm en de inhoud van het examenprogramma.

Er bestaat een functioneel verschil tussen een leerplan en een examenprogramma. Het leerplan richt zich tot leraren en leerlingen, het geeft regels voor goede lessituaties en geeft aan hoe je kunt nagaan of lessituaties aan die regels voldoen. Het examenprogramma richt zich tot examenmakers en beschrijft volgens welke regels je examensituaties kunt konstrueren en hoe je kunt nagaan of je dat goed hebt gedaan.

Het verschil lijkt duidelijk, maar wordt in Nederland in feite verdoezeld. Dat uit zich in programma's die vlees noch vis zijn; ze kunnen nòch als leerplan nòch als examenplan de toets der kritiek doorstaan.

De (nieuwe) examenprogramma's voor natuurkunde zijn ongeschikt om er onderwijs uit te voorspellen, of de kwaliteit van onderwijs eraan af te meten; maar - waar het me hier om gaat - ze zijn ook ongeschikt om er examens mee te voorspellen of de kwaliteit daarvan eraan te toetsen.

Ik wil een aantal voorbeelden aan u voorleggen van regels die in een goed examenprogramma zouden kunnen passen om aan te geven aan welk soort regels ik denk:

- dit examenprogramma sluit aan op het leerplan
- van elk van de onderwerpen komen 2 korte vragen voor.
- het examen bestaat, voor elke leerling, uit 40 korte vragen die vooral een betrouwbare diskriminatie tussen leerlingen verzorgen en 10 uitgebreidere toetsituaties die vooral de representativiteit t.o.v. complexere vaardigheden waarborgen.
- het maximum percentage te behalen punten voor a) herinnering van kennis, a) herinnering van kennis, b) gebruik van begrippen en regels, c) inventief oplossen van nieuwe problemen is resp.: 50%, 40% en 10%.
- elke vraag in het examen gaat over een reeël voorstelbaar probleem. 75% van de punten is te behalen voor het goed oplossen van (evt. onbekende) problemen van situaties die de leerling uit de les kent
- korte vragen krijgen elk evenveel punten, kettingvragen worden vermeden
- de verhouding tussen kwantitatieve, semi-kwantitatieve en kwalitatieve vragen is 20:40:40
- enz.

Deze verzameling is zo natuurlijk niet voldoende uitgewerkt (de verwijzing naar onderwijs is b.v. gebrekkig, de voorschriften voor normering onvoldoende, enz.) maar ik heb ermee willen aangeven dat in een examenprogramma mijns inziens méér behoort te staan dan wij gewend zijn dat is gericht op de examenkonstruktie, de afname en de kwaliteitskontrôle ervan. Waar het de inhoud van het examen betreft dient mijns inziens verwezen te worden naar een goed leerplan.

Samenvattend

Ik heb drie vormen van examengebruik met U besproken: het selektieve gebruik, het (leergang-)evaluatieve gebruik en doelbepalend gebruik.

Elk van die drie functies stellen hun eigen eisen aan de vorm en de inhoud van eindexamens. Ik vat het nog eens iets anders samen:

- SELEKTIEVE FUNKTIE
 - . gemakkelijk te maken (intutief)
 - . vragen zijn vrij moeilijk
 - . vereist zijn: véél vragen, korte vragen + onderzoek van de diskriminerende eigenschappen.

- EVALUATIEVE FUNKTIE
 - . moeilijk te maken
 - . vragen zijn vrij gemakkelijk
 - . vereist is: variëteit van vorm en inhoud, afgestemd op gegeven onderwijs.

- DOELBEPALLENDE FUNKTIE
 - . moeilijk te maken
 - . vereist is: overwogen variëteit van vorm en inhoud, afgestemd op bedoeld onderwijs (leerplan).

Voor een doorzichtig beleid ten aanzien van eindexamens is een discussie over de onderlinge afweging van deze drie functies van groot belang. Is het verantwoord met de huidige examens te selekteren, onderwijs te evalueren en als onderwijsdoelen om te springen?

Ja, want we hebben niks beters.

Is het verantwoord met de huidige examens te blijven selekteren, evalueren en niveau's vast te stellen?

Nee, want we kunnen er wat beters op vinden!

Voorwaarde daarvoor is een examenprogramma dat zich enerzijds richt op een goed leerplan en dat anderzijds criteria geeft voor de kwaliteit van het examen zelf. Alleen dan ook wordt het mogelijk de relatie tussen examens en onderwijs te onderzoeken en te verbeteren. Examens moeten kritisch worden getoetst aan vastgestelde regels want ze zijn te belangrijk, voor leerlingen, leraren, voor de school en voor de overheid, om alleen op intuïtie te vertrouwen.

Noten:

- 1) Ik ben me in eindexamens gaan verdiepen nadat ik in de sectie natuurkunde van de NVON mede-verantwoordelijk was voor het nieuwe examenprogramma dat de examenprogrammacommissie n.a.v. de CMLN-voorstellen moest vaststellen. Ik heb me toen gerealiseerd hoe weinig grond ik (en anderen) onder de voeten had om beslissingen enigszins beargumenteerd te kunnen nemen (zie b.v. NVON-krant 2, nr.5, jan.'77). De tweede aanleiding was mijn werk in het PLON. Daar wordt sinds enkele jaren gewerkt aan een nieuw natuurkundeleerplan en er zal enkele jaren kunnen worden geëksperimenteerd met een daarop afgestemd eindexamen. De lezing van Sebo Ebbens zal op het PLON-examen nader ingaan.
- 2) Voor een overzicht van de SCISP-examens, zie het SCISP Teachers Handbook. Bij het PLON zijn bovendien voorbeeld-examens ter inzage.
- 3) Ik gebruik de term leergang-validiteit om aan te geven dat je effecten wilt meten van een leergang. Daarmee is meer bedoeld dan dat alleen de leerstof representatief in de toets moet voorkomen: ook onderwezen manieren van probleemoplossen en specifieke vaardigheden moeten in de toets zijn terug te vinden. In de literatuur treft men de term inhoudsvaliditeit aan. Deze term heeft meestal specifiek betrekking op leerstof. Men spreekt dan van begripsvaliditeit als verwezen wordt naar wijzen van denken en handelen: leergang-validiteit omvat beide. Voor eindexamens kan t.a.v. de inhoud van het examen de eis worden gesteld dat de inhoud representatief is voor de leergang of dat dat het geval is voor het examenprogramma. Daar examenprogramma en leergang niet identiek zijn lijkt het mij van belang leergang-validiteit te onderscheiden van programma-validiteit. De leergang specificereert bedoeld onderwijs, het examenprogramma een bedoeld examen.
- 4) Zo korreleren b.v. de scores op de sub-examens van Nuffield-A-level vrij hoog met de totaalscore, zodat statistisch de volgorde van de kandidaten niet erg wordt beïnvloed door het gebruik van de verschillende test-methoden. Voor individuele kandidaten kan het niettemin wèl verschil uitmaken.

Aangehaalde literatuur

Popham, W. James (Ed.): Evaluation in Education, Am. Ed. Research Association, Berkeley, California, 1974.

Warries, E.: Drie redenen om te toetsen in het onderwijs, Pedagogische Studiën, 1971, 48, 152-161.

Kerr, 1974

Macintosh, M. G. (Ed.): Techniques and problems of Assessment, Edward Arnold, Norwich, 1974.

Eggleston, J. F., Kerr, J. F.: Studies in Assessment, The English Universities Press, Liverpool, 1969.

Nuttall, D. L., Willmott, A. G.: British Examinations: Techniques of Analysis. National Foundation of Educational Research, Slough, 1972.

Fairbrother, R. W.: Profiles in Examinations, Physics Educations, Jan. 1977

Fairbrother, R. W.: Profiles and criteria in examinations, lezing voor the Institute of Physics, 23-25 sept. 1977: Getting the best from assessment.

Renner....., Teaching Science in the Secondary School,

Ministerie van Onderwijs: diskussienota examenproblematiek in het voortgezet onderwijs, 1975.

Nuffield Advanced Science: Physics, Teachers' handbook, The Nuffield Foundation, Penguin Books, 1971.

Nuffield Advanced Science: Physical Science, Introduction and Guide, The Nuffield Foundation, Penguin Books, 1973.

Schools Council Integrated Science Project (SCISP), Patterns, Teachers' handbook, Schools Council Publications, 1973.

NVON, Praktikum bovenbouw, verslag van de vakantiekursus 1975; februari 1976.

Rogers, E. M.: Examinations. In: Teaching Physics Today,

Steller, J. Ph., W. Y. Zandstra, Moderne examentechnieken, Faraday, 1968, 38, nr. 4, 103-118.



1.5. Het eerste PLON-examen na 3 jaar onderwijsvernieuwing

S.O.Ebbens

'WOUDSCHOTEN' KONFERENTIE: Het eerste PLON-examen na 3 jaar onderwijsvernieuwing.
door S.O.Ebbens.

Hieronder volgen een aantal examenvragen zoals die in PLON-examens zouden kunnen voorkomen.

Ik kijk in deze voorbeelden vooral naar examens als afsluiting van het onderwijs dat leerlingen (op de MAVO 3 jaar) hebben gehad met PLON-materiaal. (Andere functies van examens zijn b.v. paspoort voor vervolgopleiding, nivo-bewaking onderwijs op school, stimuleren van studie van leerlingen). Derhalve is het van belang te weten wat leerlingen aan leeractiviteiten hebben gedaan.

- ze hebben veel experimenten gedaan, soms voorgeschotelde experimenten, soms zelf bedachte experimenten. Ze hebben problemen bij eigen experimenten vaak zelf moeten oplossen, hebben zelf de goede apparatuur moeten kiezen, hebben zelf hun konklusies moeten trekken. Ze hebben zelf in de literatuur een en ander opgezocht.
Ze zijn veel onverwachte (praktische) situaties tegengekomen.
- ze hebben veel verslag gedaan aan de leraar en/of klas door demonstraties, tentoonstellingen, een geschreven verslag of gesprek.
Ze hebben andere leerlingen vaak beoordeeld op hun verslaggeving en er positieve en negatieve kritiek op gegeven.
- ze hebben de belangrijkste begrippen en regels moeten leren.
- ze hebben veel in groepjes gewerkt.

Vanwege de vele differentiatiemogelijkheden heeft niet iedere leerling hetzelfde gedaan. Door de verslaggeving zijn de belangrijkste onderwerpen bij iedereen overgekomen.

(Tussen klassen en scholen konden grote verschillen gevonden worden, doordat het materiaal voor de 1e keer in de klassen gebruikt werd).

Dan moeten de volgende vragen gesteld worden die bij het realiseren van een examen beantwoord moeten worden:

1. Hoe kunnen dergelijke activiteiten in een examen worden getoetst, welk deel kan in een schriftelijk examen en een schriftelijk schoolonderzoek, welk deel kan in een praktisch schoolonderzoek en wat kan en wil je toetsen.
2. Hoe toets je deze activiteiten zo eerlijk mogelijk terug dat een leerling zegt: 'ja, daar heb ik inderdaad 3 jaar aan gewerkt', dat een leraar zegt: 'ja, dat klopt met wat ik 3 jaar voor onderwijs heb gegeven'.
3. Hoe zorg je ervoor dat de betere leerlingen hoger scores dan de zwakke leerlingen, dus dat de toets betrouwbaar onderscheid maakt tussen leerlingen op die vaardigheden die ook in het curriculum aan de orde zijn geweest.

Ik zal U een idee geven van hoe wij een begin hebben gemaakt met het oplossen van deze vragen. Dit doe ik door met U te kijken naar de vorm van het examen, de inhoud van het examen, de praktische schoolonderzoeken.

▷ De vorm van het C.S.

Het examen zal naar ons idee uit 2 delen moeten bestaan.

1e deel: korte-antwoord-vragen: dit zullen er ± 20-25 moeten worden. In de vraag is de ruimte voor een antwoord en de lengte daarvoor aangegeven. Dit deel zal de kennis en begrip van de belangrijkste onderwerpen en vaardigheden terug toetsen.

Dit deel zal, door vele korte vragen, ervoor moeten zorgen dat de toets een betrouwbaar onderscheid maakt. D.w.z. de betere leerling scoort hoger dan een zwakkere leerling. Dit deel krijgt dan ook de meeste punten b.v. 70 van de 90.

2e deel: lange-antwoord-vragen: dit zullen er 2-3 worden. Dit deel zal de 'eigenheid' van de leerling meer kans geven, omdat een eigen redenering opgezet wordt, waarbij meerdere (lang niet alle) antwoorden goed zijn. (normeringsprobleem redelijk oplosbaar).

Wel worden andere niet direkt gewenste selectieve vaardigheden getoetst b.v. vaardigheid om schriftelijk te communiceren.

Daarom worden aan dit deel minder punten toegekend b.v. 20 van de 90 punten. De leerlingen krijgen te horen hoeveel punten ze kunnen verdienen per vraag.

▽ Voorbeelden van mogelijke examenvragen 1e deel

1. De inhoud van een wasmachine (water en wasgoed) wordt verwarmd door een verwarmingselement. Tijdens het wasprogramma wordt het verwarmingselement (2000 Watt) 10 minuten ingeschakeld.

a. Hoeveel energie (in Joule) is er door het lichtnet geleverd ?

.....

b. In deze 10 minuten is de temperatuur van water en wasgoed van 15 °C tot 75°C gestegen. Bereken het rendement van dit verwarmingsproces. Je mag gebruik maken van het feit dat het water en wasgoed 16.000 Joule per graad temperatuurstijging nodig heeft.

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

De tweede vraag is al bijna geen korte-antwoord-vraag meer. De vraag toetst een bekende berekening in een onbekende situatie (uit het 1e S.O.).

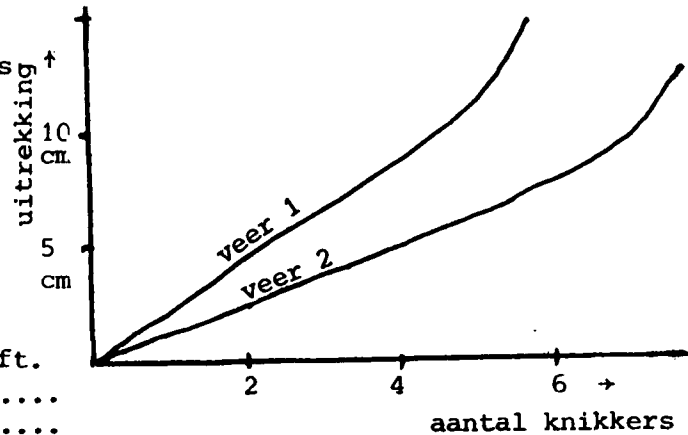
2. Hiernaast staat een grafiek waarin de uitrekking van 2 veren te zien is, als je er een bakje met steeds meer knikkers aanhangt.

Iemand zegt dat veer 2 sterker is dan veer 1, omdat hij in de grafiek lager ligt.

Hij heeft gelijk.

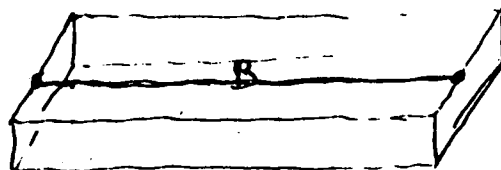
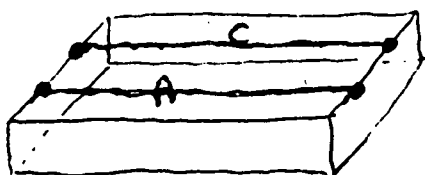
Vertel waarom deze persoon gelijk heeft.

.....
.....



Deze vraag toets of een leerling een grafiek kan interpreteren en dat kan beredeneren. Kwalitatieve vragen kunnen goed toetsen of een leerling iets van natuurkunde snapt, soms beter dan kwantitatieve vragen en dat zouden we graag willen toetsen.

3. Hier zijn twee zelfgemaakte 'muziekdoosjes'.



Als je ze aantokkelt kan je het volgende waarnemen:

1. A geeft een hogere toon dan B, B geeft een hogere toon dan C.
2. Draad B staat even strak als draad A.
3. Het linker doosje is korter dan het rechter doosje.

Schrijf twee konklusies op die deze waarnemingen over A, B en C kunnen verklaren.

Konklusie 1:

Konklusie 2:

Leerlingen hebben deze doosjes zelf gebouwd en 'ontdekt' dat lengte, dikte en spanning de toonhoogte van de snaar bepalen. Om verantwoorde konklusies te trekken uit deze waarnemingen, is behoorlijk lastig en vereist systematisch denkwerk. Eenvoudige situaties als deze komen veel in de lessen voor n.l. als leerlingen op basis van ervaringen konklusies moeten trekken. M.i. is deze vraag voor een 4M-examen te moeilijk, maar in een eenvoudiger situatie kan zoiets wel ! De vraag wordt nog lastiger als de leerling gevraagd wordt om hierna een (gedachten)-experiment op te zetten om zijn konklusies te rechtvaardigen. Iets voor een 5H-examen ?

4. Iemand heeft een aantal voorwerpen geheel of gedeeltelijk onderzocht en hij heeft zijn waarnemingen in een tabel uitgezet.
Een + betekent: het voorwerp heeft die eigenschap
Een - betekent: het voorwerp heeft die eigenschap niet
Wanneer hij niets heeft ingevuld, is die eigenschap niet onderzocht.

	glans	warmte geleiding	elektr. geleiding	hardheid	buigzaam	zwaar
Voorwerp 1	+	+	+	+	-	-
Voorwerp 2	+	-	+	+	-	-
Voorwerp 3	-	-	-	-	+	-
Voorwerp 4		+		+		
Voorwerp 5	+		+		-	
Voorwerp 6		-			+	-

Rangschik de voorwerpen in een van de volgende groepen:

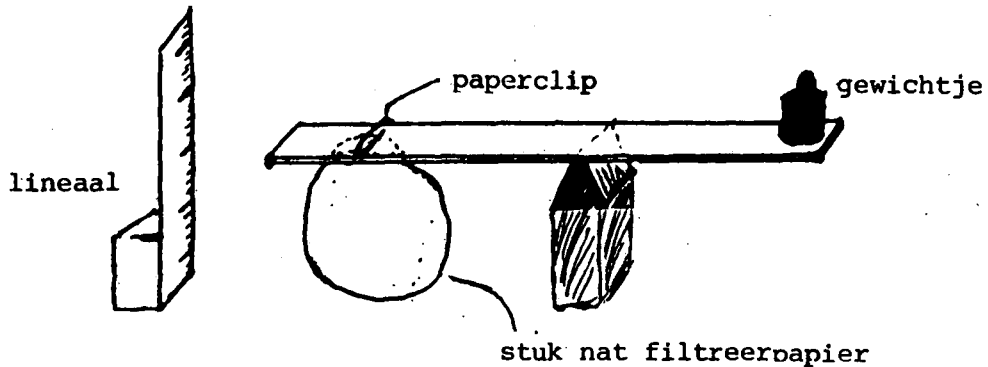
- groep A : het voorwerp is zeker van metaal
- groep B : het voorwerp is waarschijnlijk van metaal
- groep C : het voorwerp is waarschijnlijk niet van metaal
- groep D : het voorwerp is niet van metaal

Deze vraag toetst geen feiten, maar een klassificatie. Ook hier moet een leerling nadenken over eigenschappen van metalen en niet-metalen en met herinnering alleen komt hij er niet. (uit een 2e klas proefwerk MAVO-De Lier).

Voorbeelden van mogelijke examenvragen, 2e deel

1. DE ATMOMETER

Dit instrument is in een PLON-klas gemaakt.
Het wordt een 'atmometer' genoemd.



Probleem: waar dient dit instrument voor en hoe werkt het eigenlijk ?

- Geef in je antwoord aan:
- waar jij denkt dat de verschillende onderdelen van het instrument voor dienen.
 - wat jij met dit instrument zou kunnen onderzoeken.
 - welke moeilijkheden je bij het gebruik verwacht.

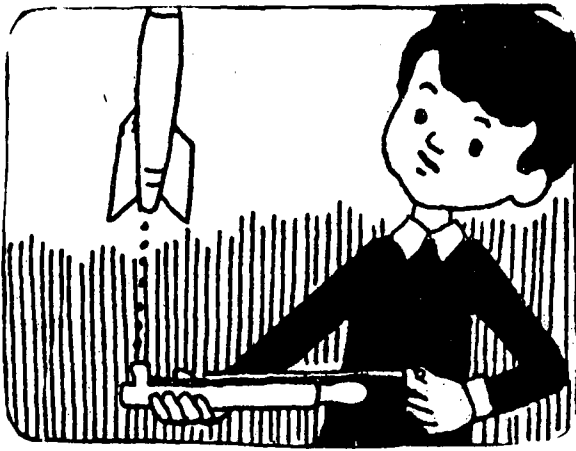
Dit is een toestel wat leerlingen nog nooit eerder hebben gezien. In zo'n vraagstuk krijgt de 'eigenheid' van de leerlingen een kans. De leerlingen hebben 'verdamping' gehad en ze hebben 'de hefboom' gehad. Leerlingen hebben in PLON-lessen veel voor onverwachte situaties gestaan en worden verwacht dit soort situaties meer of minder aan te kunnen. (uit het 3e klas proefwerk).

2. Jij krijgt 100 gram van een vloeistof met het verzoek om door middel van een proef te bepalen hoeveel energie (in Joule) deze hoeveelheid vloeistof opneemt om 10°C in temperatuur te stijgen.
- geef een lijst van het materiaal dat je uit de kast zou pakken
 - geef een schets van de opstelling van jouw experiment
 - vertel kort hoe je het experiment uitvoert en welke waarnemingen je verricht.

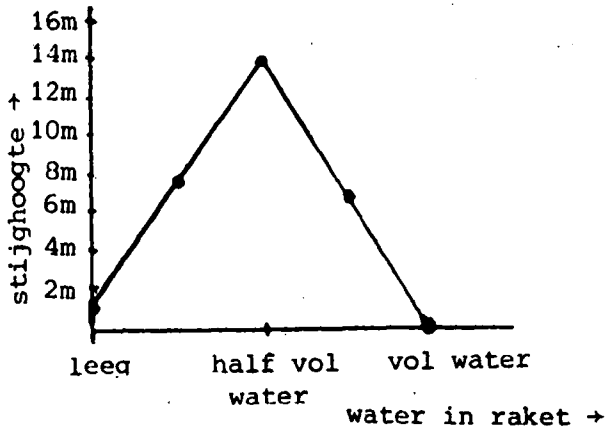
De proef is vaak gedaan. Leerlingen hebben geleerd dat ze niet zomaar uit de kast mogen pakken, maar dat ze moeten kijken wat ze nodig hebben. Eigenlijk zouden ze het experiment ook werkelijk moeten uitvoeren. Zo'n vraag zou ook over een iets onbekendere situatie gesteld kunnen worden (uit het 1e S.O.).

3. HET VERSLAG

Een 2e klasser heeft vorig jaar tijdens het project 'leven in lucht' een proef gedaan met een raket. In zijn verslag stond:



"Deze raket moest je gedeeltelijk vullen met water en daarna volpompen met lucht. Als je hem losliet, spoot het water eruit en de raket spoot de lucht in. Toen wilden we weten wat de grootste hoogte was die de raket kon bereiken. Toen zei de leraar dat je hem elke keer met steeds meer water moest vullen en hem op moest pompen en los moest laten. Dan kon je zien hoe hoog die elke keer kwam. Dit heb ik gedaan en we hebben de gegevens in een grafiek gezet. Nou, dat was het. Het was een leuke proef".



- Vraag: a. lees het verslag goed door en geef aan wat volgens jou de bedoeling van dit onderzoek was.
 b. noem 3 belangrijke kenmerken van een goed verslag en geef aan of dit verslag daarom voldoet.

Leerlingen hebben in PLON-lessen zeer veel verslag uitgebracht en anderen ook daarop beoordeeld. Vandaar dat zoiets in een examen terug zou kunnen komen (uit het 3e klas proefwerk).

▽ Het praktische schoolonderzoek

Wij denken daarbij aan 4 mogelijkheden:

1. onderzoekjes: leerlingen voeren gedurende 3-4 middagen zelfstandig of in duo's een onderzoekje uit
 - b.v. •bepaal je reaktietijd
 - controleer de sluitersnelheid van een kamera
 - relatie valsnelheid en last van een parachute
2. Praktisch werk b.v. 2 à 3 experimenten/onderzoekjes in 2 uur. Voorbeelden genoeg op de konferentie
3. Circuspraktikum: leerlingen moeten met 8 opstellingen elk 10 minuten een klein experimentje doen b.v. laat een tennisbal van 1 meter hoogte vallen, laat hem 3x stuiteren en meet de terugstuithoogte in elk geval. Leg gedetailleerd uit wat je doet om zo nauwkeurig mogelijk waar te nemen
4. Schriftelijke vragen n.a.v. een experiment dat voorgedaan wordt door de klas (mavo-leraren hebben meestal geen amanuensis).

} nadat leerlingen beweging-analyses gedaan hebben m.b.v. stroboskoop

Ervaringen zijn nog gering, we zijn er mee bezig. Veel hierover is ook te vinden in het 'teachers handbook' Nuffield A-level (prima !)

1.6. De ontwikkeling van praktikumtoetsen bij het CITO *

A.W. Buffart-Gravesteijn en C. Hellingman in samenwerking met W. Molendijk

In Engeland treft men drie soorten van praktikumexamens aan:

- I. Een onderzoek(je) met een duur van meerdere dagen; iedere leerling een eigen onderzoek.
- II. Een praktikumproef volgens open of gesloten opdracht, meestal uniform voor alle leerlingen; duur: 2 à 3 uur.
- III. Een serie van ongeveer acht korte proefjes, af te werken als stationspraktikum; duur van ieder proefje: 10 à 15 minuten.

Tussenvormen zijn denkbaar en worden gerealiseerd, ook in ons land.

II. is het oudste type; wordt niet overal meer als bevredigend ervaren, voornamelijk door de lage inhoudsvaliditeit (inhoudsvaliditeit geeft aan welk gedeelte van de totale leerstof afgevraagd wordt). Leerlingen kunnen pech of geluk hebben, omdat ze juist het gevraagde gedeelte niet of wel beheersen.

Soort III. is met de Nuffield-examens in zwang gekomen; het ondervangt door zijn veelheid en verscheidenheid aan proefjes het onder II genoemde bezwaar.

Soort I. ziet men vooral de laatste jaren opkomen; het heeft de charme van de grootste gelijkenis met echt experimenteel onderzoekswerk; het bevat alle problematische en open kanten ervan. Bezwaren als: geringe controleerbaarheid, gebrek aan onderwerpen (voor iedere leerling één!) blijken in de praktijk door begeleiding van onderzoeksfase tot onderzoeksfase en (voor wat betreft de onderwerpen) door hulp van de exameninstanties bevredigend te kunnen worden opgelost. Hierbij moeten we wel bedenken dat A-level kandidaten in hun laatste twee leerjaren 6 à 8 wekelijkse lessen (van meestal 40 minuten) hebben voor de gekozen examenvakken.

Welke soort praktikumtoetsen moet het CITO maken? De situatie van het CITO brengt twee belangrijke randvoorwaarden met zich mee:

- 1e: de te konstrueren toetsen moeten in principe geschikt zijn voor alle scholen van het beoogde type in het land, met hun grote verscheidenheid in praktikum-outillage en -know how;
- 2e: de toetsen dienen objektief scorebaar te zijn.

Beide randvoorwaarden sluiten de soort I voorlopig geheel uit als werkterrein voor het CITO. Wel voegen we aan dit verslag als bijlage toe de instructies die een grote Engelse examen-instantie hierover aan leraren geeft (bijlage Ook op de soort III is onze aandacht voorlopig niet gericht, voornamelijk door de betrekkelijk grote praktikum-outillage en -ervaring die vereist zijn. Voor ervaringen met deze vorm van praktikumtoetsen verwijzen wij naar het verslag van W. Molendijk.

Het CITO zal voorlopig werken aan toetsen van het soort II. Gemikt wordt daarbij op het tijdsbestek van een blok-uur, dus 100 minuten. Het is gebleken dat docenten in de bovenbouw van HAVO en VWO óf reeds een blok-uur hebben, óf er één kunnen creëren voor eenmalige toetsafname. Twee toetsen zijn op een klein aantal scholen beproefd. In de ene gaat het om berekening van de temperatuur van een stroomvoerende draad, waarbij de temperatuur berekend moet worden: a) uit de weerstandsverandering; b) uit de lengteverandering.

*) De praktikumtoetsen worden, evenals alle andere CITO-toetsen, in nauwe samenwerking met leraren uit het onderwijsveld ontwikkeld.

De andere toets gaat over slingertijdsmetingen aan een slingerende metalen strip die beurtelings aan verschillende daartoe geboorde gaatjes wordt opgehangen. De slingertijden als functie van het ophangpunt leveren een interessante grafiek op en plaatsen de leerlingen voor een nieuwe situatie.

In verband met de bovengenoemde eerste randvoorwaarde geldt voor beide toetsen, evenals voor de komende te ontwikkelen toetsen, dat de benodigde apparatuur òf op de scholen aanwezig kan worden verondersteld (maatlatten, volt- en ampèremeters, laagspanningsvoeding) òf gemakkelijk kan worden gemaakt (zoals de slingerende strip).

De tweede randvoorwaarde, die van objectieve scorbaarheid, brengt grotere moeilijkheden met zich mee. Absoluut objectieve scorbaarheid is niet haalbaar daar de meerkeuze-vraagvorm niet wordt gehanteerd; een door de leerlingen te maken tabel van meetgegevens kan immers niet in deze vorm gevraagd worden. Zo objectief mogelijke scorbaarheid nu, vraagt als het ware om zo kort mogelijk te beantwoorden vragen met éénduidig te interpreteren antwoorden; experimentele problemen kunnen (en moeten misschien) echter juist een uitnodiging zijn tot wat kreatievere oplossingen. Dit soort oplossingen is weer alleen redelijk objectief te scoren door uitgebreid onderling overleg tussen meer korrektoren (dit overleg vindt in het geval van de Engelse examens plaats). Deze betrekkelijke strijdigheid van belangen is het voornaamste probleem waar het projekt praktikumtoetsen mee worstelt.

Welke oplossing zweeft ons voor ogen?

Gepoogd zal worden om te komen tot toetsen waarin naast "gesloten vragen" ook een meer open opdracht voorkomt. In het geval van de stroomvoerende draad verloopt dit bijvoorbeeld als volgt: De leerlingen worden gekonfronteerd met een probleemstelling: "als we een stroom door een draad voeren zal zijn temperatuur veranderen. Hoe kunnen we de temperatuursverandering in de draad meten? Methodes met een thermometer zijn gedoemd te mislukken; maar temperatuursveranderingen brengen ook andere veranderingen in de draad teweeg. Stel nu een meetplan op voor de uitvoering van het onderzoek naar de verandering van de temperatuur van de draad als functie van de veranderende stroomsterkte."

Het vragen naar een meetplan waarin een grootheid gemeten moet worden die niet direkt meetbaar is en waarbij de leerlingen uit meerdere zelf te verzinnen procedures kunnen kiezen, is uiteraard een open zaak. Hebben ze een meetplan gemaakt en ingeleverd, dan kunnen ze daarna het meetplan krijgen dat wij hebben gemaakt, waarna de proef een betrekkelijk gesloten karakter krijgt.

Planning: de hier kort besproken toetsen zullen na een voortest, die in februari en maart wordt afgenomen, in de loop van 1978 in definitieve vorm aan het onderwijs worden aangeboden. Inmiddels worden nieuwe praktikumtoetsen voorbereid die in de loop van 1979 zullen verschijnen.

Praktikum schoolonderzoek met korte proeven

W.Molendijk

Drie jaar geleden zijn we begonnen met met praktikum schoolonderzoek in het atheneum. De leerlingen doen in de vijfde klas redelijk wat praktikum en wij wilden toetsen wat ze daarvan opgestoken hadden.

Uitgangspunten

De uitgangspunten bij het opzetten van het praktikum schoolonderzoek zijn :

1. Het moet redelijk objectief te evalueren zijn in een zwaar (40 %) meettend cijfer.
2. Het moet over meerdere onderwerpen uit de leerstof gaan.
3. De leerlingen moeten het praktikum individueel kunnen doen.
4. Het moet een rouleerpraktikum zijn om te voorkomen, dat we apparatuur in veelvoud zouden moeten maken.
5. Het moet toetsen of de leerlingen geleerd hebben in een nieuwe fysische situatie adequaat te reageren.

Realisering

Uit deze uitgangspunten trok ik de conclusie, dat het een praktikum met korte, eenvoudig uit te voeren proeven moest zijn.

Daarmee is nu twee jaar ervaring opgedaan. Het is als volgt ingericht :

Eén praktikum S. O. met bekende proeven, en één met nieuwe, voor de leerlingen onbekende proeven.

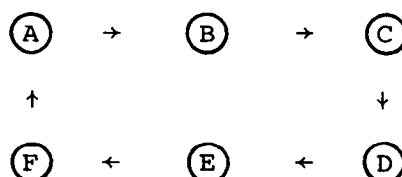
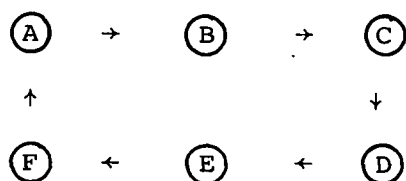
<u>S.O. bekende proeven</u>	<u>S. O. onbekende proeven</u>
a. keuze uit 30 eerder gedane proeven (van te voren te bestuderen uit verslagen)	a. voornamelijk ontleend aan engelse praktikum examens (zie verslag zomerconferentie 1975 , Groningen)
b. 6 à 10 proeven in 2½ uur	b. 6 proeven in 2 uur
c. na Pasen als herhaling van de leerstof	c, na Kerst, geen aanwijzingen van te voren
d. telt 20 % mee	d. telt 20 % mee.

In de havo organiseren we één praktikum S.O. waarin zowel bekende als nieuwe proeven voorkomen.

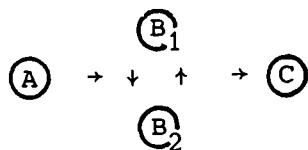
Organisatie

Tot nu toe hebben we minder dan 24 leerlingen in de examengroep. Het is dan voldoende om de apparatuur in tweevoud aanwezig te hebben bij zes verschillende proeven.

Twaalf leerlingen kunnen tegelijk naar binnen; ieder gaat naar één van de proeven. Na 15 of 20 minuten schuift ieder één plaats op.

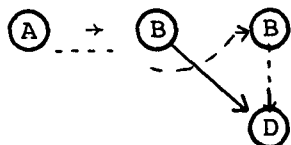


Zijn er twee heel korte proeven bij (bijv, bij het praktikum bekende proeven), dan is als variant mogelijk :



B₁ en B₂ wisselen halverwege.

Is er een langere proef bij, dan kan daarvoor de dubbele tijd gegeven worden door



Dit vergt uiteraard het dubbele aantal opstellingen B.

Na twee uur komt een nieuwe groep van 12 leerlingen. Op deze manier kun je 24 leerlingen verwerken zonder mogelijkheden van onderling kontakt. Heb je alle proeven in drievoud, dan kun je zo 36 leerlingen verwerken.

Bij de volgorde van de proeven en de indeling van de leerlingen proberen we :

de zwakke leerling eerst een moeilijke proef te geven (opdat hij met de uitwerking kan doorgaan als hij eerder klaar is met een makkelijker proef)

de erg nerveuze leerling eerst een makkelijke proef te geven.

Evaluatie

Een voordeel van zes kleine proeven is, dat een leerling best eens met een proef volledig de mist in kan gaan.

Wij proberen bij de correctie iedere proef in zoveel mogelijk (tenminste vier) stappen te splitsen, die ieder apart gehonoreerd worden.

Bijvoorbeeld kun je apart normeren voor : opstelling en instellen apparatuur , inzicht in het fysisch proces , juiste formules hanteren , verwerking van de meetgegevens , eenheden , bespreking nauwkeurigheid. Het inzicht en de bespreking van de nauwkeurigheid scoren relatief hoog.

Joint Matriculation Board
Examinations Council

Engineering Science (Advanced)
Course Work Assessment I

Deze instructies zijn geschreven door één van de Engelse examen-instanties voor de scholen die projectwerk als onderdeel van het examen willen meetellen.

Ze bevatten zowel een leidraad voor wat een projectverslag zou moeten inhouden als een leidraad voor de beoordeling ("assessment") ervan. De leraarsbeoordeling is weer onderhevig aan een extern proces van vergelijking tussen scholen ("moderation") ter verkrijging van een enigszins objectieve standaardnormering. Hiertoe zenden de leraren beoordelingsstaten naar de exameninstantie ("Matriculation Board") met eventueel enkele verslagen. Deze staten zijn de formulieren "Form A" en "Form B", waarvan sprake is in de tekst.

Hoewel het geheel natuurlijk is toegesneden op de Engelse situatie, waarin de leerlingen voor een keuzewerk op "advanced level" ongeveer acht wekelijkse lesuren gedurende twee jaar tot hun beschikking hebben, kunnen de instructies waarschijnlijk een waardevolle steun zijn voor Nederlandse leraren die op kleinere schaal iets soortgelijks willen ondernemen.

C. Hellingman
wetenschappelijk medewerker

REGULATIONS

1. Each candidate is required to submit laboratory reports on two experimental investigations on topics chosen from separate sections of the syllabus and on a project undertaken during the course of study. These reports will be marked initially by the staff of the centre; the assessments are subject to moderation by the examiners, who may wish to visit centres for this purpose.
2. Two forms, A and B, are provided. The forms will be completed by the teacher acting as the internal assessor, who is asked to enter in the spaces provided appropriate references to the candidate's journal and reports in justification of the decisions made.
3. Each candidate must reach a satisfactory standard in respect of his work assessed in Form A in order to satisfy the examiners in his course work. The assessment of the aspects of his work dealt with in Form B will determine the actual mark to be allotted to the candidate.
4. Project outlines must be completed by all two-year candidates in the spring of the year preceding the examinations. The outlines must be forwarded to the Board not later than 30 June. Moderators will initial outlines, and where necessary add their comments. They will endeavour to return them to schools within one month of their receipt. In the case of one-year candidates the final date for submission of outlines to the Board is 1 November in the year preceding that of the examination.

GUIDANCE

1. Investigation Topics

The regulation concerning investigation topics is to be interpreted in spirit rather than in letter. The two investigations submitted for assessment must be experimental rather than constructional. The central purposes of the two investigations must differ from one another and from that of the project. The major fields of work may be considered to be mechanical, structural, non-electric transfer processes, electrical circuitry, field phenomena, vibrations and waves, thermal processes, properties of materials. The restriction does not apply to methods of measurement. Work in any field is likely to demand mechanical and/or electrical measurements and provided that the aims of the investigations and project are significantly different, similar types of measurement will not constitute a bar. Judgement will need to be exercised in a few cases, but provided that the advantages of a fairly wide practical experience are realised little difficulty need arise.

2. Course work Reports

Historical accounts of the progress of the investigation or project are not required in the reports but notes on such progress are extremely useful to the student and should be entered into the course work journal regularly. The journal should be used for the primary recording of observations, analysis of problems encountered, the solutions considered, the detailed working out of design procedures and the processing of observations. The form of the journal may vary but it is strongly recommended that a stitched book is used and that graphs, drawings and other auxiliary material are firmly attached to the book. Loose scraps of paper must not be used for any of this work. The teacher who assesses the course work will certainly read the journal and the moderator may wish to make use of it.

The report should contain sufficient information to enable an informed layman to understand each of the following.

- (a) The precise problem which has been tackled.
- (b) The solutions which have been considered by the candidate.
- (c) The decisions which have been made together with the reasons for those decisions.
- (d) The important features of the design produced.*
- (e) The major observations which have been made.*
- (f) The treatment of those observations.
- (g) The conclusions reached.
- (h) The candidate's assessment of the significance of what has been achieved.
- (i) Suggestions for future work.

*Detailed observations, design sketches and working graphs should be placed in an appendix and merely cross-referenced in the body of the report.

In both practical and paper projects the report should be logically planned and arranged under helpful headings and sub-headings. Pages should be numbered and cross-references inserted where they will assist understanding. A summary, a quarter to half a page in length at the beginning of the report, in which the nature of the problem and the principal conclusions reached are indicated is always helpful, as is a table of contents. It is essential to indicate the reference works (books, articles, etc.), which have been used and particulars of people who have been consulted. The use made of such help should be stated in the body of the text and its source indicated.

In most work of this nature assumptions about such things as the validity of the relationships used, the behaviour of materials or equipment, and conditions of the environment are made. Clear and explicit reference should be given to such assumptions and their likely validity indicated; in addition, an assessment should be made of the consequential effect of making such an assumption if it is incorrect. In some cases it may well be worthwhile to devote a section of the report to a consideration of these assumptions.

Verbosity should be avoided but the report should be sufficiently detailed to enable any other worker to repeat the work or carry it forward. It is vital that the major ideas, decisions and reasoning relating to the work are included. Such information should be given briefly and succinctly, use being made of diagrams, tables and other aids to brevity and understanding. Theoretical derivations which feature in the syllabus should be quoted in outline (or even final result) form only and historical and personal padding should be avoided. The outcome of assessment and moderation is in no way correlated to the mass of the report.

3. Teacher Control and Assistance

It is expected that teachers will discuss the students' work with them and will from time to time pose significant questions to them and guide them. The teacher constitutes the most important and the most readily available 'reference source' the student possesses; in addition the teacher is often able to foresee difficulties which are not obvious to the less experienced student. The extent to which the teacher guides or lets the student learn by experience is a matter of professional judgement; the balance will obviously vary from student to student.

NOTES ON ASSESSMENT

Form A

In answering Question A1 the term 'safe use' is to be interpreted as widely as possible. It does not merely relate to the personal safety of the candidate but also to the safety of other users of the laboratory and to the care of the equipment.

The interpretation of Question A7 will vary from project to project. In some cases the original work plan will need to be modified. If the candidate has exercised reasonable judgement in modifying the plan to meet a changed situation an affirmative answer will be awarded. An affirmative will also be awarded if there has been little need to diverge from the original work plan.

Form B

Criteria B2, B3 and B6 seek to determine the candidate's contribution to the formulation of the experimental investigations with respect to the observables to be measured, the determination of the procedure to be adopted and the apparatus to be used. The degree to which the candidate can be expected to arrive at these decisions completely unaided will vary from investigation to investigation. In some cases little or no external guidance should be necessary but in other cases it would be reasonable to expect some information search by the candidate. In such cases maximum credit is to be awarded where the search is initiated by the candidate and where he or she applied the results of the search with little or no guidance. In most investigations decisions on the parameters to be measured, method to be adopted and apparatus to be used will be interrelated. In order to gain high marks this interrelationship must be appreciated and recorded by the candidate.

Form B3 must not be interpreted as a test of handwriting or of the adoption of standard drawing conventions. Unduly verbose reports should be penalised for bad style.

Credit will be awarded on Form B4 in a small minority of cases only. An X award will be very rare. Examples of cases in which the assessor might consider giving credit under this heading are:

- (i) The candidate has shown performance much in excess of that required to obtain maximum credit on a Form B question.
- (ii) The candidate has been exceptionally skilful, resourceful or thorough in the application of established design, craft or assembly procedure.
- (iii) The analysis of results has required a deep understanding of the statistical nature of measurement; standard statistical procedures have been applied in a relevant and thorough manner.
- (iv) The candidate has shown evidence of a thorough appreciation of aesthetic, economic or ergonomic factors.
- (v) The candidate has made considerable effort to ensure that his work is of real value in some respect other than a purely educational value to himself.
- (vi) Candidates working together on a joint project or investigation have shown both the ability to work well independently and the ability to combine this with well-organised teamwork where their fields of responsibility overlap.

This list is illustrative only and must not be regarded as complete.

N.B. It is expected that teachers will discuss the progress of their work with the student without affecting the final assessment made, unless during the course of such discussions significant help has been given to the student with respect to any of the criteria listed.

INSTRUCTIONS TO ASSESSORS

The assessment for each candidate will be entered in the booklet Course Work Assessment 2 (ref. ES/CWA/2). The titles of the experimental investigations should be entered on Page 1 and assessment of those investigations should be completed on Page 2 in the order in which they appear in the student's submission.

Form A

Assessors will enter a tick in the second column of the Form A table in those cases in which the answer is deemed to be yes. Report page references in which evidence in support of the answer is to be found should be entered in column 3. Any comments which the assessor wishes to make concerning the candidate's Form A performance should be entered on page 3.

Form B

The B1 and B2 criteria permit a variable award of credit, ranging from 3 down to 0, on each of the activities listed. It is not possible, or even desirable, to lay down guide lines on the percentages of grades 3, 2, 1 or 0 to be expected. A very good candidate will earn grade 3 responses while a very poor candidate will earn a number of 0 grades. Care has been taken in drawing up the criteria to be used and all questions will have some relevance to each particular piece of work submitted, but inevitably judgement will have to be exercised by the assessor.

Assessors are asked to give the appropriate grade in column 2 of the Form B Table. The report page references giving evidence for the award made should be entered in column 3. Any comments which the assessor wishes to make concerning the candidate's Form B performance should be entered on page 3. Such comments can only be helpful to the assessment and moderation process.

NOTE: All questions within the specified group (e.g. B1 Experimental Investigations) will be allocated equal marks. The form B2 project assessment will carry twice the weight of the form B1 Experimental Investigation assessment.

In completing Form B3 assessors will enter a 1 in each row of the second column in those cases in which he considers without doubt that the candidate has satisfied the relevant criterion. Form B3 criteria should be applied more demandingly than B1 or B2 criteria; whereas students' experiences of experimental or project design are necessarily limited, they are comparatively well versed in the arts of communication and should be judged accordingly.

Awards for exceptional work, Form B4, should be made sparingly; X awards should be rare. Please make use of the spaces for comments on Page 3 of CWA/2; such comments greatly assist the work of the moderators.

ARRANGEMENTS FOR THE DISPATCH OF THE PROJECTS

- (a) The name and address of the moderator to whom the work is to be addressed will be sent to centres early in the year preceding the examination.
- (b) Mark and Attendance lists will be sent in April.
- (c) A cover sheet must be completed for each candidate and tied securely to the sheets which comprise the submission.
- (d) The submissions must be arranged in the order of the candidates' names on the Mark and Attendance list and, together with a duly completed Mark and Attendance list, packed securely in an envelope of the smallest suitable size provided; too many submissions should not be forced into one envelope. It is advisable to use a double envelope or double wrapping system of packaging.

Considerable correspondence may be avoided if schools will take care to give all the information asked for on the Mark and Attendance list, e.g. marking as 'abs', or otherwise indicating, those candidates who have not submitted their projects.
- (e) If the submissions are too bulky to be packed into envelopes they should be securely parcelled, the parcel being tied round firmly with string. Care must be taken that the Post Office limit of 10 kg is not exceeded.
- (f) The packets may be sent by either (a) first-class letter post or (b) parcel post, according to the size of the packet. Recorded Delivery Services or the Certificate of Posting system must always be used. Parcels must be clearly marked 'PARCEL POST'.
- (g) Submissions must be posted so as to reach the moderator by 1 May.
- (h) Projects will be returned to centres in October of the year of the examination.

Form A1

QUESTIONS ON THE EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

1. Has the candidate made safe use of the apparatus involved?
2. Has the candidate succeeded in making accurate observations within the limits of the apparatus used?
3. Has the candidate presented the observations in a clear and workmanlike manner?
4. Are the findings of the investigations consistent with the observations made?
5. Does the final report contain an account of the essential features of the work?

Form B1

CRITERIA WITH RESPECT TO THE TWO EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

	Grade
1. Theoretical understanding	
In relation to his depth of understanding of the theoretical aspects of the problem the candidate has shown	
sufficient understanding of the problem to enable him/her to plan the approach competently	3
sufficient understanding of the problem to be seldom in need of help	2
limited understanding of the problem	1
little or no understanding of the problem	0
2. Planning the investigation	
In determining the activities to be undertaken the candidate	
considered a range of appropriate possibilities with respect to the type and scope of measurements to be made and came to a reasoned conclusion	3
considered a range of possibilities and came to a less well-reasoned conclusion	2
considered an inadequate range of possibilities	1
exercised little judgement	0
3. Procedures and equipment	
In selecting the experimental procedures and equipment to be used the candidate	
made a reasoned assessment of the alternatives available and came to a well argued conclusion	3
lacked depth in determining the final choice	2
made some attempt to consider alternative approaches	1
unthinkingly adopted standard procedures or relied entirely on the teacher's advice	0
4. Errors	
The report includes	
a statement of errors together with estimates of magnitudes and a discussion of their relative significance	3
a statement of errors and estimates of the magnitude of each error	2
a statement of errors (including the most important errors)	1
no explicit statement of errors	0
5. Critical review	
In considering the investigation in terms of the results obtained and the conclusions reached the candidate	
made a thorough appraisal including a thorough estimate of the effects of the assumptions made and including suggestions for improving the approach and/or taking the work further	3
as above but with one of the features missing	2
made a significant appraisal of the work done	1
made no significant appraisal of the work done	0
6. Personal contribution	
In planning and executing the investigation the candidate	
exercised initiative and judgement throughout	3
lacked initiative and judgement at times	2
made little personal contribution	1
relied entirely on external help	0

Form A2

QUESTIONS ON THE PROJECT

6. Did the candidate produce a work plan (Project Outline)?
7. Has the candidate used the work plan with intelligence?
8. Has the candidate worked consistently for appreciable periods during the conduct of the project?
9. Has the candidate made use of relevant and independent sources of information available to him, e.g. has he consulted books to which he was not directed and mentioned them in his report?
10. Does the final report contain an account of the essential features of the work?

Form B2

CRITERIA WITH RESPECT TO THE PROJECT

- | | Grade |
|---|-------|
| 7. Planning | |
| In planning the project the candidate recognised relevant factors, discussed their importance sensibly, drew up a detailed specification in practical terms and mapped out a reasoned plan of campaign | 3 |
| as above but lacked one significant feature | 2 |
| made some attempt to analyse the problem in practical terms | 1 |
| made little attempt to analyse the problem | 0 |
| 8. Execution | |
| In executing the plan the candidate gave thorough consideration to realistic alternatives at every stage, and made a reasoned selection of the optimum solution in each case | 3 |
| gave consideration to realistic alternative solutions with inadequate reasons for selection | 2 |
| gave some attention to the consideration of alternative solutions | 1 |
| paid little attention to this aspect of the work | 0 |
| 9. Design activity | |
| In relation to the design for all or part of the project with respect to procedure or artefact the candidate produced | |
| a markedly significant and original contribution | 3 |
| an original contribution | 2 |
| a new device by applying a standard design technique | 1 |
| little or no design activity during his work on the project | 0 |
| 10. Use of resources | |
| In relation to the resources and time available the candidate used them well throughout the project | 3 |
| used them reasonably well for much of the project | 2 |
| failed to make reasonable use of them over significant periods of the project | 1 |
| made little use of them throughout the project | 0 |
| 11. Critical review | |
| In comparing the final product or outcome with the original specifications the candidate has produced a thorough and objective discussion in which consideration has been given to all major aspects of the work including suggestions for further development and a critical appraisal of the conduct of the project with a clear indication of the lessons learnt | 3 |
| a reasonable depth of discussion which, however, lacks either objectivity or coverage | 2 |
| some significant comparison | 1 |
| a discussion of little significance | 0 |
| 12. Personal contribution | |
| In planning, executing and appraising the project the candidate exercised initiative and judgement throughout | 3 |
| lacked initiative and judgement at times | 2 |
| made little personal contribution | 1 |
| relied entirely on external help | 0 |

Form B3

ASSESSMENT OF THE REPORTS

The internal assessors should consider all the final reports of the candidate before awarding credits on these questions. The first question relates to the organisation of the material and the second to its style of presentation. Each sub-question should be answered 'yes' or 'no' as on Form A (write 1 for 'yes', 0 for 'no').

13. Organisation of reports

In assembling and presenting the material the candidate made comprehension of the report easy by

- (a) sensible selection of material,
- (b) adopting a logical presentation of topics,
- (c) dividing the report into subject-headed sections,
- (d) the use of cross references,
- (e) the general layout of the material.

14. Style of presentation of reports

- (a) the language used is straightforward and precise,
- (b) the report is easy to read,
- (c) the report is free from repetition,
- (d) the tabulated material is neatly and sensibly presented and graphs are accurately drawn and fully labelled,
- (e) diagrams are well drawn and easy to interpret and/or illustrations are well presented.

Form B4

EXCEPTIONAL WORK

It is intended that the criteria in the three sections above will enable internal assessors to identify and grade basic features of course work. The assessor may consider that the candidate has shown attributes worthy of credit but that these are not adequately assessed in the formal scheme. For excellence in such attributes the assessor is invited to award additional credit. (Examples are listed in the notes for guidance).

15. Enter Y in the space provided if the candidate is deemed to have produced work of an exceptionally high order in one or more respects and enter X if there are several instances of such work. Clear evidence must be adduced for entering either mark.

1.7. Diskussie

- Biezeveld: wil graag opheldering hebben over de verhouding van de heer Molendijk met het CITO;dit in verband met de vorm en inhoud van zijn vooroordelen.
- Molendijk: Ik vind het onjuist om op grond van mijn voordracht het CITO te veroordelen. Alleen ikzelf ben verantwoordelijk voor de inhoud. De heer Hellingman is een persoonlijke vriend.
- Biezeveld: Het kopje boven de aangekondigde lezing is in dit opzicht misleidend. Het CITO wordt met argwaan bekeken vanuit het veld vanwege de pretentie dat ze méér zouden kunnen doen dan een eenvoudige leraar.
- Hellingman: 't CITO kan lang niet altijd veel meer doen dan de leraar. Erg belangrijk is wel dat het CITO bij het ontwikkelde materiaal de gegevens van de pretest verzamelen en vermelden kan. De "gewone" leraar heeft deze mogelijkheid niet.
- Biezeveld: Instellingen als 't CITO kosten bijzonder veel geld. Dit geld zou ik liever besteden aan het bekostigen van een amanuensis op de MAVO. Het verhogen van de technische faciliteiten in de klas vind ik belangrijker dan dit soort schuimklopperij.
- Hellingman: De vraag of het geld besteed aan het CITO goed besteed geld is zou een veel dieper gaande discussie vragen. Ook het geld dat naar de scholen gaat is nuttig besteed geld. De principiële vraag kan naar mijn idee in deze betrekkelijk korte tijd niet de aandacht krijgen die hij verdient. Ik wil er daarom nu liever niet dieper op ingaan.
- Steller: Ter informatie van de heer Biezeveld: ik ben bestuurslid van het CITO. Een fysikus moet op z'n hoede zijn voor nieuwe dingen, zoals het CITO. Allert zijn: akkoord. Allergie ervoor inbouwen is mijns inziens overdreven.
- Raat: Instellingen als CITO, PLON, SLO, vertegenwoordigen een dosis professionaliteit ten aanzien van het leraarsberoep. Doch ook zij moeten hun gegevens ontlenen aan het veld; 't veld moet aandrigen. Het CITO moet dit materiaal verder ontwikkelen en in bredere kring verspreiden.
- Hellingman: 't CITO heeft andere bronnen dan puur CITO-bronnen bij haar werk broodnodig.
- Ottevanger: Ik zou ook graag zoveel tijd willen hebben voor het ontwikkelen van proeven als het CITO. Van een pretest heb ik geen verstand en daar heb ik trouwens ook geen zin in. Mijn vraag is: ontwikkelt het CITO nu nog proefjes zélf of gebruiken ze echt alleen die Engelse dingen?
- Hellingman: Bij 't CITO werken we als volgt: Het veld draagt ideeën aan die wij uitwerken en uittesten. Ook ik zou graag meer tijd willen hebben voor dit soort werk. Nu kan ik lang geen volle werktijd aan praktijktoetsen besteden.

Hellingman: Aan de andere kant is het zò, dat er nu ontwikkeling is, zij het traag.

Mulder: Ik stel het contact van CITO en mensen uit het veld zeer op prijs. Het is gebleken dat het zeer moeilijk is om nieuwe proeven te ontwikkelen. Een overzicht - in een boekje - van de door CITO verzamelde proeven voor het S.O. zou ik zeer op prijs stellen.

Hellingman: Een verzameling van proeven voor het S.O. bestaat al: zie verslag van het NVON-kongres te Groningen en ook het nog te maken verslag van deze konferentie.

ten Brinke (voorzitter):

De weerstand tegen de heer Hellingman variëerde als functie van de tijd. Verschillende vragenstellers hebben geprobeerd een krokodillenklem op hem te zetten.

In verband met de tijd moet ik nu de discussie echter sluiten.

1.8. Examens op twee niveau's in een geïntegreerde bovenbouw

Th. G. A. Hoogbergen

Integratie bovenbouw havo-vwo

Een poging tot uitwerking

met dank aan de commissie VHO-HO van de Academische Raad voor haar fundamentele gedachten.

Begripsbepaling

Wat verstaan wij onder integratie havo-vwo bovenbouw?

- het samenbrengen van leerlingen van gescheiden schooltypen in een ongedeelde opleiding die voor iedereen zes jaar duurt;
- het organiseren van een opleiding in één of twee niveaus per vak, waardoor leerlingen in de nieuwe situatie én een vakkenpakket én een studieniveau kiezen;
- het samenhouden van leerlingen van gescheiden schooltypen in groepen van de normale omvang gedurende de laatste twee jaar.

Inleiding

1. Na de brugklas havo-vwo met een gelijke lesentabel volgt een determinatie voor havo of vwo. De selectie op grond waarvan leerlingen na de brugklas verwezen worden naar het tweede leerjaar havo of vwo geschiedt op grond van weinig eenduidige conclusies, verschillend van school tot school en soms verschillend binnen een school, gerekend over een aantal jaren. Men kan stellig spreken – althans in sommige gevallen – van een merendeels negatieve selectie. Sommige scholen experimenteren met een verlengde brugperiode van twee of drie jaar. Immers de inhoud van de vakken in de onderbouw (leerjaar 1 t/m 3) verschilt slechts gradueel en wel in tempo en in graad van verwerking. Voor sommige vakken blijken zelfs deze verschillen afwezig. Niet zelden gebruiken leraren op beide schooltypen dezelfde boeken. De gemeenschappelijke proefwerken in de eerste drie leerjaren strekken zich soms uit over beide schooltypen. Het onderscheid in toetsing beperkt zich in een aantal scholen tot een strengere of mildere be-

oordeling. Af en toe ontbreekt zelfs dat verschil. Het lijkt nauwelijks mogelijk te spreken van onderscheiden didactische werkvormen, methodes of een andere presentatie van de leerstof in de onderbouw havo-vwo.

Op grond van deze feiten en op grond van mogelijkheden de keuze van leerlingen voor havo of vwo nog enige tijd uit te stellen besloten sommige scholen tot een twee- of driejarige brugperiode. Op veel scholen is deze materie in levendige discussie.

Een vroegtijdige etikettering van leerlingen veroorzaakte vaak problemen op het gebied van de motivatie, de studiehouding en het gedrag. Een verlengde brugperiode lijkt aan deze moeilijkheden gemakkelijker het hoofd te kunnen bieden.

2. De bovenbouw van het havo-vwo (leerjaar 4 t/m 6) kenmerkt zich door een zekere ambivalentie ten aanzien van de vrije vakkenkeuze door leerlingen. In de twee hoogste leerjaren havo is deze geheel vrij, behoudens de verplichting tot het volgen van Nederlands en één moderne, vreemde taal. In een vwo-pakket van zeven vakken liggen er vijf min of meer vast in relatie tot de richting die een leerling kiest. Deze verplichtingen, behoudens Nederlands en één moderne, vreemde taal, gelden niet voor het ongedeelde vwo, dat daarom de leerlingen meer mogelijkheden biedt tot individualisering van hun keuze (meer vakkencombinaties) en dat dus ook beter aansluit bij hun belangstelling. Het keuze-proces in het vierde leerjaar vwo verloopt iets geleidelijker. Er is een groeiende tendens te kiezen voor een ongedeelde inrichting van het vwo. (Zie o.m. Director nr.96, pag. 49.)

3. De wetgever bedoelde het onderscheid in uitgangsniveau (een havo als 'eventuele' vooropleiding tot het hbo en een vwo tot het wo) in de duur van de opleiding (5 of 6 jaar), in het aantal eindexamenvakken (6 of 7) en in verdieping van leerstof te accentueren.

Maar het onderscheid tussen beide uitgangsniveaus als typerende vooropleiding tot hbo of wo vervaagt snel, doordat een groeiende stroom

- de mogelijkheid het vierde leerjaar als een geleidelijke oriëntatie op de samenstelling van het vakkenpakket te richten.

2. de motivatie van de leerlingen bevorderen door:

- de mogelijkheid tot het volgen zowel van een beperkter als een uitgebreider vakkenpakket (zes, zeven of acht), afhankelijk van hun capaciteiten;
- de mogelijkheid alle leerlingen naast hun eindexamenpakket ook een studie-niveau per vak te laten kiezen;
- een functioneren binnen hun gekozen vakkenpakket bovendien toe te spitsen op een functioneren in kleine werkgroepen van drie of vier leerlingen gedurende anderhalf jaar;
- de laatste twee jaar als didactische werkeenheden te zien zowel voor leerlingen als voor leraren, terwijl ook de lessentabel geen verschil aangeeft;
- de afwisseling in het studieprogramma van lessen enerzijds en werkgroepen anderzijds;
- de inhoud van het schoolonderzoek te richten op een beoordeling van de gemaakte werkstukken, scripties, studies of literatuuronderzoekjes, projecten, practica en verslagen en de eindtoetsing ook in teamverband te doen plaatsvinden;
- de verplichting dat wie minder dan 30 les-eenheden volgt, het resterende deel van de tijd moet besteden aan studielessen ter verwerking en verdieping van het aangeboden materiaal;
- een benadering die volwassener van karakter is dan de huidige en een forser beroep doet op eigen zelfstandigheid en eigen verantwoordelijkheid.

Argumenten voor integratie van de bovenbouw havo-vwo

1. integratie in de onderbouw suggereert integratie in de bovenbouw;
2. aspecten van algemene vorming verschillen niet naar het soort tertiair onderwijs dat volgt;
3. havo-leerlingen kunnen op latere leeftijd hun studiekeuze maken;
4. de voorbereiding tot het hbo is grondiger (een jaar langer);
5. het onderscheid in het uitgangsniveau (havo-hbo en vwo-wo) vervaagt snel;
6. sociaal milieu speelt waarschijnlijk een rol bij

de verwijzingsselectie meer naarmate de leerlingen jonger zijn;

7. het aantal havo-leerlingen dat drie jaar voor de tweejarige bovenbouw nodig heeft, draagt ongeveer de helft van degenen die hun studie in het vierde leerjaar aanvangen;
8. mogelijkheid voor alle leerlingen tot het volgen van een beperkter en van een uitgebreider pakket (zes, zeven of acht vakken);
9. mogelijkheid voor alle leerlingen om naast een vakkenpakket ook een studie-niveau per vak te kiezen.

Niveau-differentiatie

Bij een geïntegreerde bovenbouw havo-vwo is niveau-differentiatie noodzakelijk. Deze kan op drie manieren gerealiseerd worden:

1. *interne differentiatie*: binnen één groep bestaan twee niveaus. Didactische aanpak, boeken, leermiddelen en vooral tussentijdse en finale toetsing dienen deze beide niveaus in de groep helder te onderscheiden;

2. *setting*: voor alle daarvoor in aanmerking komende vakken worden de leerlingen ingedeeld in twee gescheiden groepen, die separaat onder richt krijgen en separaat getoetst worden.

Opmerking: leerlingen kunnen per vak opteren voor een eerste of een tweede niveau, zowel bij interne differentiatie als bij setting.

3. *homogene groepering*: alle leerlingen krijgen de leerstof op eenzelfde niveau aangeboden. De toetsing bepaalt slechts welk niveau de leerling heeft bereikt.

Opmerking: het lijkt mogelijk dat leerlingen in successie verschillende niveaus bereiken. Op het einde van het vijfde leerjaar zouden leerlingen op basis van vrijwilligheid in één of meer vakken op het tweede niveau eindexamen kunnen afleggen. In mei van het zesde leerjaar leggen in ieder geval alle leerlingen voor hun gekozen vakken eindexamens af op het tweede of op het eerste niveau. Uiteraard bestaat de mogelijkheid op het eerste zowel als op het tweede niveau examens af te leggen.

Waarschijnlijk is het zinnig om met Kerstmis van het zesde leerjaar een volledige reeks eind examens te organiseren, waaraan leerlingen geheel vrijwillig voor een of meer vakken op het eerste of tweede niveau kunnen deelnemen.

wvo-abituriënten zich aanmeldt bij het hbo; havo- en wvo-verlaters kiezen soms ook voor een maatschappelijke functie.

De aansluiting havo-hbo functioneert in een aantal 'harde' sectoren vrij slecht. In menig opzicht komt de havo-leerling onvoldoende voorbereid bij het vervolgonderwijs; bovendien moet hij aan de toenemende concurrentie van de geslaagde wvo'er het hoofd bieden.

4. Op dit ogenblik zijn er geen relevante, cijfermatige gegevens bekend over de correlatie tussen sociaal milieu en de keuze na leerjaar 1 of 2 voor havo dan wel wvo. Ook over het verband tussen sociaal milieu en de voorkeur voor 4 havo en 4 wvo, zijn geen harde feiten voorhanden. Toch bestaan er vermoedens dat het sociaal milieu bij de verwijzingsselectie door de school of de zelfdeterminatie nog een (te) grote rol speelt. Als er al sprake is van een verwijzingsselectie, dan geschiedt deze behalve op resultaten in ieder geval ook op motivatie en inzet.

5. De gemeenschappelijke basis van onderwijs aan havo-leerlingen duurt drie jaar. Dit betekent slechts een algemene kennismaking met sommige vakken, die niet in het eindexamenpakket gekozen worden, zeker als het onderwijs in het vak later start (b.v. Natuurkunde en Duits), of eerder eindigt (b.v. Biologie en soms Muziek en Handvaardigheid), of zich slechts over één jaar uitstrekt (b.v. Scheikunde).

6. De vakkenpakket-keuze voor havo-leerlingen vindt nu plaats omstreeks het vijftiende jaar. Dat blijkt vaak te vroeg, maar deze is wel beslissend voor de mogelijkheid om een bepaalde hbo-opleiding te kunnen volgen. Bovendien is het havo-pakket op zeer jeugdige leeftijd nogal smal (zes vakken). Die basis lijkt te weinig breed om correcties in het pakket aan te brengen.

7. Geringe afstemming van de programma's (ontbreken van longitudinale leerstofplanning) en de gescheidenheid van beide schooltypen in de bovenbouw bemoeilijken de tussentijdse overstap van wvo-leerlingen naar havo. Ook psychologische factoren, zelfs binnen een scholengemeenschap, spelen soms een belemmerende rol. De overstap van havo-leerlingen naar het wvo vindt in de bovenbouw uitsluitend plaats na behaald havo-diploma. Instroom in 5-atheneum is dan regel, in 6-atheneum uitzondering. Vastgelopen wvo-leerlingen (met name tweemaal afgewezen

eindexamenkandidaten) zouden baat vinden bij een geïntegreerde bovenbouw.

8. Op het hbo komt een zeer heterogene groep leerlingen terecht: abituriënten 5 havo, 6 wvo, havo + voorbereidend jaar, mbo; in het wvo is deze groep veel homogener: uitsluitend wvo- en enkele hbo-abituriënten.

9. Het aantal leerlingen dat in 4-havo doubleert en een ander aantal, dat niet slaagt voor het eindexamen is veel groter dan dat van hun leeftijdgenoten op het wvo. De conclusie lijkt gerechtvaardigd, dat ongeveer de helft van de leerlingen die hun studie in 4-havo aanvangt, pas na drie jaar het eindexamen havo behaalt.

10. Nu blijkt dat integratie van de onderbouw havo-wvo geen wezenlijke bezwaren oproept van onderwijskundige aard, gaat daarvan minstens de suggestie uit ook de bovenbouw havo-wvo te integreren. Dat betekent, dat de cursusduur voor alle leerlingen van havo en wvo zes jaar duurt.

11. De aspecten van algemene vorming: cultuur overdracht sociale vaardigheden, persoonlijkheidsontplooiing en studievaardigheid vertonen zeker geen duidelijke verschillen, afhankelijk van het soort tertiair onderwijs, dat gekozen wordt. Bovendien vormt de komende integratie van het tertiair onderwijs een nieuw argument. Dat betekent, dat vooral ook onderwijskundig aan integratie de voorkeur moet worden gegeven. Die algemene vorming zou aan de huidige leerlingen van havo en wvo op gelijke wijze kunnen worden geïntroduceerd. De mate echter, waarin die algemene vorming effect sorteert, kan per leerling verschillen.

Vragen

Kan integratie van de bovenbouw havo-wvo structureel en inhoudelijk:

1. de aansluiting secundair-tertiair onderwijs verbeteren door:

- de langere en dus grondigere voorbereiding van de huidige havo-leerlingen;
- de mogelijkheid de keuze van het vakkenpakket met één jaar uit te stellen;
- de basisopleiding ook te verbreden (meer vakken);
- de mogelijkheid één of meer vakken op een eerste niveau te volgen;

pen. De verdeling in vier semesters kan er als volgt uitzien:

- eerste semester (inleidende periode) aug.-jan. ± 15 weken
klassikale verwerking stof ongeveer 30-45 lessen, tentamen 1
voorbereiding planning, opzet, oefening werkgroep 15 lessen, 1e voortgangsrapportage.
- tweede semester jan.-juni ± 20 weken
klassikale verwerking 40-60 lessen, tentamen 2
werkgroepen 20 lessen, 2e voortgangsrapportage.

In mei 5e leerjaar is het mogelijk deel te nemen voor één of meer vakken aan de examens voor het tweede niveau.

De organisatie van het zesde leerjaar is identiek. Met Kerstmis kunnen leerlingen deelnemen aan de eindexamens zowel op het eerste als op het tweede niveau, geheel vrijwillig, in één of meer vakken.

In mei vinden de eindexamens plaats

De toetsing van nog niet geëxamineerde vakken dient nu te geschieden tot een totaal van zes, zeven of acht vakken (excl. Lichamelijke Oefening) op het eerste of het tweede niveau per vak.

Opmerkingen

1. Mavo-abituriënten ondervinden moeilijkheden bij hun instroom in het vierde leerjaar. Overigens zal de uitbreiding van het vakkenpakket met als nieuw te kiezen vakken: Aardrijkskunde, Geschiedenis, Biologie, Economie, Hoofdrekenen of één van de expressievakken nauwelijks moeilijkheden opleveren. Bovendien zal onderwijs in mogelijk één vak, gebaseerd op onderwijs in de eerste drie leerjaren van het mavo, niet op onoverkomelijke problemen stuiten. Beperking van het pakket biedt soms uitkomst. Overigens zullen deze leerlingen voor hun 'pakketvakken' wel enige voorsprong hebben.

2. Het spreekt vanzelf, dat de planning van het onderwijskundige gebeuren, met name in leerjaar 5 en 6 nog een concretere detaillering per vak vergt. Vooral ook de opzet van de werkgroepen en de vorm, waarin de rapportages dienen te geschieden, behoeven nadere verfijning.

3. Het heeft in dit verband geen zin de eindexamenregeling tot in finesses te bespreken. Een enkel punt verdient aandacht:

Voor leerlingen die in mei van het vijfde leerjaar in één of meer vakken examens op het tweede niveau willen afleggen, behoeven geen speciale opgaven ontworpen te worden. Immers deze kandidaten sluiten zich aan bij de reguliere examens van de zesde-jaars. Het is mogelijk, dat leerlingen de examens in leerjaar 5 als in successie zien tot de officiële examens aan het einde van het zesde leerjaar.

Het halfjaarlijkse examen met Kerstmis vormt mogelijk een moeilijk punt in organisatorisch opzicht. Misschien is daarom een zekere beperking van het aantal 'vóór-examens' gewenst of noodzakelijk. Het is in ieder geval niet de bedoeling dat leerlingen na vijf jaar de school met een diploma verlaten.

De component schoolonderzoek zou het resultaat moeten zijn van een beoordeling door de leraar op grond van de gewone cijfers voor de leerstof in de lessen en de resultaten in de werkgroepen. Voor dit schoolonderzoek gelden de normale cijfers en de gemiddelden van tentamens en voortgangsrapportages.

De Centrale Schriftelijke opgaven zouden uit sluitend die elementen dienen te toetsen, die door de computer kunnen worden gecorrigeerd.

4. Tussentijdse overstappen van het ene naar het andere niveau ondervindt mogelijk wat moeilijkheden bij scholen die kiezen voor setting.

5. De keuze voor een bewust andere didactische aanpak voor de twee hoogste leerjaren speelt in op de gebruiken bij het tertiair onderwijs. Deze komt hopelijk tegemoet aan de wens tot grotere zelfstandigheid bij leerlingen en meer betrokkenheid bij de wijze, waarop een deel van het eindresultaat van het leerprogramma tot stand komt.

Deurne

Th. Hoogbergen

Onderwijskundige opzet

1. Het vierde leerjaar

Het vierde leerjaar functioneert voor alle leerlingen als een tweede oriënterende periode van één jaar. Er vindt een eerste geleidelijke pakket keuze plaats. Alle leerlingen hebben de verplichting acht vakken te volgen en die aan te vullen met één, twee of drie vakken uit een voorgeschreven reeks. De verplichte vakken zijn (8) Nederlands (3), Engels (3), Wiskunde (3), Lichamelijke Oefening (2), één moderne taal (3), één expressievak (2), één keuze uit Geschiedenis, Aardrijkskunde, Economie, Biologie (2), één keuze uit óf een moderne taal óf een natuurwetenschap (3).

Deze vakken vergen 21 wekelijkse lessen.

De verplichting één, twee of drie vakken te kiezen als aanvulling, geldt voor de volgende vakken

derde moderne taal (3), één of twee natuurwetenschappen (3), één, twee of drie uit Geschiedenis, Aardrijkskunde, Economie, Biologie (2), tweede expressievak (2), Latijn en/of Grieks (4).

Een leerling kan ten hoogste 32 lessen volgen. Het minimum bedraagt 30 leseenheden, zo nodig te besteden aan studielessen ter verwerking van de aangeboden stof.

De zelfdeterminatie vindt gedurende het vierde leerjaar plaats o.a. door middel van een geleidelijke differentiatie en een kennismaking met een systeem van twee niveaus voor sommige vakken. In dat vierde leerjaar worden de volgende vakken slechts op één niveau gegeven:

Nederlands, Geschiedenis, Aardrijkskunde, Economie, Biologie, Latijn, Grieks, Filosofie, Tekenen, Muziek, Handenarbeid, Textiele Werkvormen, Lichamelijke Oefening.

In het vierde leerjaar bestaan twee niveaus voor de vakken:

Frans, Duits, Engels, Wiskunde, Natuurkunde, Scheikunde, Spaans, Russisch.

De school kiest voor één van de manieren van differentiatie als onder 'niveau-differentiatie' genoemd.

2. Het vijfde en het zesde leerjaar

a. Leerlingen stellen geheel vrij een pakket samen van zeven, acht of negen vakken, behoudens de verplichting van Nederlands, Engels en Lichamelijke Oefening.

Alle vakken worden op twee niveaus aangeboden, zoals beschreven onder 'niveau-differentiatie', naar keuze van de school. Die keuze kan

per leerjaar en per vak verschillen.

De volgende vakken krijgen drie uur toebedeeld: Nederlands, Frans, Duits, Engels, Geschiedenis, Aardrijkskunde, Economie, Biologie, Tekenen, Muziek, Handvaardigheid, Textiele Werkvormen, Filosofie, Spaans, Russisch. De volgende vakken krijgen vier uur: Wiskunde 1, Wiskunde 2, Natuurkunde, Scheikunde, Economie 1, Economie 2, Latijn, Grieks.

b. De lessentabel gaat uit van 30 wekelijkse eenheden, met een maximum van 32 lessen. Leerlingen die minder dan 30 wekelijkse lessen volgen, dienen dat aantal tot 30 aan te vullen met studielessen ter verwerking van de stof.

c. Van de leseenheden in 5 en 6 wordt per vak (met uitzondering van Lichamelijke Oefening) gemiddeld per week één lesuur besteed aan werkgroepen onder leiding van de desbetreffende docent en/of diens assistent.

De opzet met werkgroepen start onmiddellijk na Kerstmis in het vijfde leerjaar.

Werkgroepen worden uit de keuzegroep en per vak geformeerd en deze bestaan uit drie of vier leerlingen.

De laatste twee jaar zijn verdeeld in vier semesters. In het eerste wordt voor iedere werkgroep een opdracht met een studieplan uitgestippeld. Deze opdracht bevat het onderwerp, de outline, een hoofdstukkenindeling en een literatuuropgave. De spelregels worden vastgesteld en de gezamenlijke verantwoordelijkheid beklemtoond. Opdracht kunnen zijn: scripties, werkstukken, literatuurstudies, projecten, verslagen van proeven en practica etc. Bij de talen lijkt het zinnig ook een aantal boeken gezamenlijk te laten bestuderen en ieder bepaalde aspecten te doen beschrijven. Deze werkgroep die voor een nauwkeurige afgebakende opdracht gekozen heeft, wordt op het einde van het vierde semester (april 6e leerjaar) als team geëxamineerd.

d. Leerjaar 5 en 6 vormen één studie- en werkeenheden. Dat betekent, dat leerlingen:

- niet kunnen blijven zitten in het vijfde leerjaar. De groepen blijven twee jaar ongewijzigd bij elkaar;
- dezelfde leraren en dezelfde assistenten blijven de groep twee jaar begeleiden;
- de aantallen leseenheden en uren voor werkgroepen blijven onveranderd.

e. Leraren zijn tenminste één lesuur per week begeleider en de organisatoren van de werkgroe-

1.9. Diskussie

- de Jong: U maakt een opmerking over het aantal onvoldoendes voor het CSE en het aantal onvoldoendes voor het s.o.. Ik begrijp uw opmerking niet. Verder zegt u, dat de ervaring van de H.T.S. met HAVO-kandidaten ongunstig is. Volgens mij zegt deze opmerking meer over de H.T.S. dan over de HAVO.
- Hoogbergen: Ik konstateer slechts dat er gefaald wordt; ik ga niet in op de vraag waarom.
- Botterweg: U vindt wèl dat 't AVO er iets aan moet doen.
- Hoogbergen: Ik signaleer de problemen en ik noem ze met name. Ik laat in 't midden of ze alleen bij 't AVO of alleen bij 't HBO liggen. Er zijn dus twee mogelijkheden: de H.T.S. doet wat of wij doen wat. Afgezien daarvan acht ik een 5-jarige HAVO onvoldoende. In mijn betoog pleit ik voor een 6-jarige HAVO met examenmogelijkheden op 2 niveau's. Nu is veelal de leerstof te uitgebreid; een jaar extra studie zou veel problemen oplossen.
- Wisse: In zeer korte tijd presenteert u ons een ongelooflijk ingewikkeld programma. Waar komt het vandaan? Is dit de eerste keer dat u het presenteert? Komt het geheel uit eigen koker?
- Hoogbergen: Als studie is dit in '75 gepresenteerd in een subkommissie van de academische raad. Verder is het idee als artikel uitgewerkt door Westerhof en door mij. In een kring heb ik het ook wel eens toegelicht.
- Wisse: Ik hoop dat het blijft bij praten erover
- Hoogbergen: De positie van afgestudeerden van de H.T.S. is ook wel in EEG-verband bestudeerd. In Nederland hebben HTS-ers 11 jaar vooropleiding gehad; overal elders is dit 12 jaar. Vooral scholen in het zuiden ondervinden hiervan problemen. Ik blijf pleiten voor een grotere mogelijkheid tot differentiatie naar niveau en uitbreiding van de examenmogelijkheden.
- Stumpel: Ik plaats vraagtekens achter uw opmerking over de diskrepantie tussen het aantal onvoldoendes bij het CSE en bij het SO. Een vorig jaar door ons bij het VWO uitgevoerd onderzoek waarbij 1200 leerlingen betrokken waren, wees uit, dat het aantal onvoldoendes bij het CSE en bij het SO voor natuurkunde praktisch gelijk was.
- Heimerikx: Als u pleit voor méér leerlingen/groep betekent dit minder leraarlessen/vak en minder werkgelegenheid. Ik ben daar geen voorstander van.
- Hoogbergen: Daar staat tegenover dat de opleiding een jaar langer duurt. Het aantal leraarlessen/groep vormt niet het criterium waarmee het aantal formatieplaatsen berekend wordt. Het aantal te benoemen leraren hangt samen met het aantal leerlingen. De werkgelegenheid neemt zó toe, omdat het aantal leerlingen toeneemt.

- Heimerikx: Moet het niveau van het examen HAVO omhoog? Nu is natuurkunde voor veel leerlingen nog steeds het zwaard van Damocles.
- Schouwstra: Dit jaar is een voorzitter van de vereniging van schoolleiders (Groningen) uitgenodigd voor het maken van wat losse opmerkingen; ik stel voor volgend jaar schoolleiders van basisscholen uit te nodigen voor losse opmerkingen.
Hier wordt gepleit voor het zoveelste nieuwe technokratische systeem. Vergeten wordt dat met de intrede van de Mammoethwet de leerlingen vervreemd zijn van de school. Veel leerlingen voelen zich minder thuis op school. Ik heb het idee dat ook in dit voorstel het welzijn van de leerlingen te weinig aandacht krijgt.
- Hoogbergen: In de Mammoethwet wordt de mogelijkheid geopend tot het afnemen van "eindexamens, die niet voor iedereen hetzelfde zijn". Ook degenen die deze mogelijkheid openden, meenden in het belang van de leerlingen te handelen. Problemen rond het welzijn van leerlingen en de vervreemdingseffekten zijn al lang bekend. Er zijn scholen die er in slagen:
1. een stuk geborgenheid tot z'n recht te laten komen;
2. recht te doen aan individuele wensen; de leerlingen krijgen geen eenheidsprogramma en een zekere mate van keuzevrijheid. Veel scholen bleken tot nu toe nog niet in staat te zijn groeiperingsvormen te vinden die een gevoel van geborgenheid stimuleren.
- Schouwstra: Over het algemeen zijn de scholen te groot. Gooit men het economische principe overboord dan komt er minder keuze, maar een veiliger gemeenschap binnen de school.
- Hoogbergen: U houdt nu een pleidooi voor een kleine school. In het algemeen komt men ook terug van de groeiende scholen. Een leerlingenaantal van 800 à 900 zou voldoende zijn. Mijn voorstel is overigens géén pleidooi voor grote scholen.
- Zaal (schriftelijke vraag):
Wat is het doel van deze inleiding?
- Hooymayers: Ik wil wel een poging wagen de techniek achter het programma uiteen te zetten.
Op vrijdag komt het schoolonderzoek en met name het praktisch schoolonderzoek via mensen uit de praktijk aan bod. Op zaterdag wordt meer algemeen het centraal schriftelijk eindexamen besproken en worden wat meer elementen belicht: Plon, CITO en nog breder. Hiermee wordt natuurkunde in de mesostruktuur geplaatst. De heer Hoogbergen is gevraagd en was bereid zijn visie daarop toe te lichten. Ik heb nog geen spijt daarvan.
- Ellermeyer: Naar mijn smaak is de onderwijskundige kant van het voorstel van de heer Hoogbergen nog te weinig belicht. Een tweede opmerking: HAVO-leerlingen kunnen op een aantal vervolgopleidingen niet terecht wegens plaatsgebrek.
- Hoogbergen: Iedere toekomstige HTS-er wordt met bloemen ontvangen. Er is meer plaats dan aanbod. De capaciteit van de HTS is ruim voldoende.

- Vervoort: De aansluiting HAVO-HTS is zwak, de rest van de aansluitingen is redelijk tot goed. Een oplossing voor dit probleem zou bijvoorbeeld kunnen zijn: maak het natuurkunde-eindexamen zwaarder.
- Hoogbergen: Mijn voorstel wil binnen de vrije keuze van vakken een vrije keuze van niveau's inbouwen voor leerlingen. Niets is zo benauwend als de heersende, dalende motivatie van leerlingen. Andere dan de huidige methoden zijn gewenst; meer tijd voor een bepaald programma zou een oplossing kunnen zijn. De natuurkunde-examens voor HAVO zou ik persoonlijk niet zwaarder willen maken. Natuurkunde is een zo belangrijk vak dat iedere leerling 't zo lang mogelijk moet nemen.
- Lokhorst: Met het idee om de keuzemogelijkheid voor leerlingen uit te breiden, ga ik volledig akkoord. Veel leerlingen komen dan in de exakte vakken op het 2e niveau terecht, terwijl ze andere vakken op het 1e niveau beoefenen. Ik ben bang dat het niveau van de verschillende vakken in vergelijking tot elkaar weer uit balans raakt. Ook nu is het niveau van de exakte vakken vaak hoger dan dat van andere vakken.
- Hoogbergen: Over het eindexamen natuurkunde kan ik moeilijk oordelen. Als neerlandicus weet ik meer over het eindexamen Nederlands. Onderzoek heeft uitgewezen, dat het eindexamen Nederlands nu moeilijker is dan ooit tevoren. Hetzelfde geldt voor economie en aardrijkskunde en geschiedenis.

deel II:

Informatie over de aanwezige schoolonderzoeken; materiaalvoorbeelden.

INHOUD:	blz.
2.1. Inleiding	56
2.2. Voorinformatie bij de markt van materialen door D.van Genderen en J.F.Schröder	56
2.3. Bisschop Bekkers College - Eindhoven	66
2.4. SG Snellius - Amstelveen	77
2.5. Develstein College - Zwijndrecht	83
2.6. RSG - Leeuwarden	84
2.7. Carolus Borromeus College - Helmond	91
2.8. RSG Petrus Hondius - Terneuzen	101
2.9. Philips van Horne SG - Weert	107
2.10. Erasmus College - Zoetermeer	112
2.11. RSG 'Het Goese Lyceum' - Goes	114
2.12. CSG Oostergo - Dokkum	122
2.13. Praedinius Gymnasium - Groningen	129
2.14. RSG Harderwijk - Harderwijk	140
2.15. SG Van Oldenbarnevelt - Rotterdam	143
2.16. RSG - Gouda	150
2.17. Revis Lyceum - Doorn	152
2.18. Marnix College - Ede	157
2.19. Nassau SG - Breda	171
2.20. Uitgave schoolonderzoek natuurkunde 1976 Carolus Borromeus College in samenwerking met de groep vakdidactiek - afdeling der technische natuurkunde; TH-Eindhoven	195

2.1.

Inleiding.

In dit deel moet onderscheid gemaakt worden tussen vóór-informatie bij de werkwijze gevolgd bij de praktische schoolonderzoeken (2.2) en de materiaalvoorbeelden (2.3 t/m 2.20), zoals die gedeeltelijk al op de informatiemarkt te zien waren. Wilt u overzicht hebben over de verschillende werkwijzen dan kunt u het best eerst de voorinformatie raadplegen. Daarnaast is gevraagd of de inzenders aanwijzingen over de werkwijze die nog extra toelichting behoeften kort wilden opschrijven.

De bedoeling van dit verslag is dat u ideeën opdoet voor de opzet van het praktisch schoolonderzoek in uw eigen situatie. De hier verzamelde informatie van kollega's is uitgetoetst in de klas en heeft dus concrete gebruikswaarde.

De mij toegezonden informatie was echter overstelpend. Bij het maken van een selectie is zo goed mogelijk getracht een indruk te geven van het werk van alle inzenders.

Bij elke pragraaf is de naam van een natuurkundedocent aan de betreffende school genoemd. U kunt dan rechtstreeks contact met hem opnemen als u méér informatie wenst.

Suggesties voor proeven voor het praktisch schoolonderzoek kunt u verder vinden in:

- Verslag van de NVON konferentie "Praktikum Bovenbouw" 1975 Groningen.
- Nuffield A-level.
- Natuurkunde Olympiades.
- Tentamens van de applicatiekursus natuurkunde (HBD).
- Schoolboeken.

2.2.

Vóórinformatie bij de markt van materialen die bij diverse schoolonderzoeken in gebruik zijn.

De meeste deelnemers aan de konferentie hebben vermoedelijk geen ervaring met praktikum in het schoolonderzoek. Voor een zinnige discussie over dit onderwerp leek het ons van belang een stuk voorinformatie te sturen, waaruit men kan zien hoe het praktisch schoolonderzoek op een aantal scholen wordt gegeven.

De mogelijkheid hiertoe danken wij aan de sekties die hebben gereageerd op de oproep in het NVON-blad van september j.l. Zij zonden gegevens over de organisatie, uitvoering en beoordeling van het praktisch schoolonderzoek, veelal met voorbeelden van opdrachten en soms ook met voorbeelden van verslagen gemaakt door hun leerlingen.

Aan deze sekties hebben wij een vragenlijst gezonden om de gegevens over het praktisch schoolonderzoek aan de verschillende scholen aan te vullen en om deze gegevens op een overzichtelijke wijze te kunnen ordenen. Het resultaat vindt u op de volgende bladzijden. In de linkerkolom van de linkerbladzijde ziet u de door ons gestelde vragen, in de kolommen daarnaast de antwoorden die we van negen scholen ontvingen. Hier en daar hebben we, terwille van de overzichtelijkheid, antwoorden wat ingekort.

Duidelijk kunt u zien hoezeer het praktisch schoolonderzoek op de ene school kan verschillen van dat op de andere. Deze verscheidenheid zal, naar wij hopen, een levendige gedachtenwisseling stimuleren.

D. v. Genderen, J. Schröder.

1. 2. 3. 4.

I.

I.	ALGEMENE GEGEVENS	C.S.G.Oostergero - Dokkum	Praedinius Gymnasium Groningen	R.S.G. Harderwijk Harderwijk	OSG. Van Oldenbarnevelt Rotterdam
I.1	Hoeveel ll. (ongeveer) krijgen in dit cursusjr. op uw school praktikum in het schoolonderzoek ?	20 havo ll. 36 vwo ll.	39 vwo ll.	18 havo ll. 18 vwo ll.	40 havo ll. 40 vwo ll.
I.2	Hoeveel lesuren hebben deze ll. in voorafgaande klassen (ongeveer) praktikum gedaan en hoeveel uren praktikum doen ze in de hoogste klas ?	6 à 10 in 4 havo 10 in 5 havo 5 in 4 vwo ca 15 in 5 vwo ca 10 in 6 vwo	10 à 15% in 4 vwo 10 à 15% in 5 vwo 10% in 6 vwo	20 in 4 havo 5 in 5 havo 10 in 4 vwo 20 in 5 vwo 8 in 6 vwo	15 in 4 havo 4 in 5 havo (uitgezonderd so 15 in 4 vwo 10 in 5 vwo 2 in 6 vwo (uitgezonderd so prakt.)
I.3	Doen de ll. (vrijwel) altijd praktikumproeven die berekend zijn op één lesuur ?	nee, 2 uur voor proef + verslag. verslag thuis afmaken	ja, meestal wel in 5 vwo ook enkele van ± 2 uren.	ja	nee: i.h.a. 2 lesuren (blokuur)
I.4	Hoe lang wordt er op uw school al gewerkt met praktikum in het schoolonderzoek (inklusief dit cursusjaar) ?	5 jaar	4 jaar	3 jaar	4 jaar
I.5	Heeft uw school een speciale onderwijskundige signatuur ?	nee	nee	nee	nee

II.

II.	ORGANISATIE				
II.1	Hoe is globaal het rooster van het schoolonderzoek en welke plaats heeft het praktisch gedeelte daarin ?	sept.theorie } 2½ uur schrift. mrt. praktijk 2 uur na pasen: theorie } 2½ uur schrift.	nov. jan. } 2 uur theorie mrt april - 3 uur prakt.	8 theoretische so van één lesuur over delen uit de leerstof. één (havo) of twee (vwo) prakt. so van 2 à 3 uur.	vwo: nov.4u.prakt dec.3u.theor feb.2u.prakt apr.3u.theor havo: dec.3u.theor jan.4u.prakt apr.3u.theor
II.2	Werken de ll. in het praktisch s.o. samen of alleen ?	alleen	alleen	alleen	samen: vwo 2e prakt: open opdr. alleen: vwo 1e prakt: havo: gesl.opdr.
II.3	Doen alle ll. in het praktisch s.o. dezelfde proef of proeven ?	ja	nee, circa 20 verschill. proeven. Het lot bepaalt welke ll. welke proef krijgt.	ja	nee, vwo: 2e prakt.: 15 open opdr., keuze uit één v.d. 15. vwo 2e prakt./havo: 20 gesl.opdr.; keuze uit één van de 20
II.4	Is er een voorgeschreven verdeling van de tijd ?	ja, 1 uur experiment, 1 uur verslag	ja, 30 min. voorbereiden 1½ uur exp., 1½ uur prakt. verslag	ja	nee, vwo 1e prakt. + havo één middag. vwo: 2e prakt. voorbereiding + verslag thuis
II.5	Hoeveel lokalen zijn nodig en voor hoeveel tijd ?	praktikumlokaal + theorielokaal 5 lesuren	natuurk.lokaal + kabinet (ingericht als donker prakt.) 4 x 1 ochtend opstellingen blijven staan.	één	prakt.lokaal + kabinet voor 5 halve dagen, voor elk van de drie so-praktika.
II.6	Hoe is de assistentie en de surveillance geregeld ?	t.o.a. en/of leraar in prakt. of theorie lokaal. amanuensis helpt bij wis-seling groepen	tech.ond.assistent leraren natuurkunde	leraar en t.o.a. in praktikumlokaal	zo mogelijk 2 leraren + t.o.a. permanent aanwezig
II.7	Hoeveel voorbereidings-tijd kost een praktisch s.o. u en uw kollega's, in vergelijking met een tentamen van dezelfde tijdsduur ?	2x zoveel	3 à 4 keer	3x voorbereiding 3x korrektie	opzetten prakt. is gebeurd op taakuren. Wat betreft voorbereiding kost het nu niet meer tijd dan tentamen.
II.8	Bijzonderheden	De amanuensis heeft groot aandeel bij voorbereid. en uitv. Extra app. in 15-voud gemaakt of gekocht. B.v. veren, gewichten, condensatoren, lampjes, etc.	We lenen wel voedingen en meters van naburige school	roulerend praktikum korte proeven	

5.

6.

7.

8.

9.

Carolus Borromeus College Helmond	RSG Petrus Hondius Terneuzen	Philips van Horne SG Weert	Erasmus College Zoetermeer	RSG Goese Lycaum Goos
48 havo 11. 46 vwo 11.	8 havo 11. * 11 vwo 11.	40 havo 11. 35 vwo 11.	45 havo 11. * 40 vwo 11.	27 havo 11. 15 vwo 11.
0 in 4 havo 20 in 5 havo 1 in 4 vwo 1 in 5 vwo 40 in 6 vwo	25-30 in 4 havo 10 in 5 havo 10 in 4 vwo 25 in 5 vwo	2 u/2 wkn in 4 havo 2 u/2 wkn in 5 havo 2 u/3 wkn in 4 vwo 2 u/2 wkn in 5 vwo 2 u/3 wkn in 6 vwo	±10 & 15 in 4 havo ± 4 in 5 havo ± 5 in 4 vwo 10 & 15 in 5 vwo ± 5 in 6 vwo	20 in 4 havo 20 in 5 havo waar het maar even moge- lijk is. We houden het in uren niet bij.
ja, op 5 havo nee, op 6 vwo (proeven van 2 uur)	ja	nee, alle praktikumproe- ven zijn ontworpen voor 2 uur.	nee, sommige 11. doen proeven van wel 5 & 6 uren vaak ook na schooltijd	ja, de proef beslaat soms enkele achtereenvolgende lessen.
5 jaar	met onderbreking: vwo 3 maal havo 1 maal	3 jaar	3 jaar	5 jaar
nee	nee	nee	Dalton	nee
	* vorig jaar. Dit jaar bij andere docenten/ geen praktisch S.O.		* dit slaat op vorig jaar	
okt. 3 u. theorie dec. 3 u. theorie febr. 3 u. theorie apr. 3 u. praktikum + praktikum door het jaar	havo: okt. 3 u. theorie jan. 3 u. theorie mrt. 3 u. prakt. vwo: okt. 3 u. theorie (deel v.d.stof) + praktikum jan. 3 u. proef + vragen mrt. 3 u. theorie	SO-I deel v.d. theorie SO-II deel v.d. theorie SO-III alle theorie SO-IV praktikum	nov. 3 u. theorie jan/feb. 3 u. theorie apr. 3 u. theorie praktisch schoolonderzoek gespreid tussen 15-8 en Kerst (± 4 uur + verslag)	4x theorie (1 u. per keer) 3 & 4x praktikum (2 & 4 u. per keer)
samen + door het jaar alleen + op laatste s.o.	alleen	samen: proef ontwerpen opstelling bouwen, proef uitvoeren. alleen: verslag schrijven	bij sommige exp. assiste- ren ze elkaar. Maar in principe heeft elke 11. een andere proef.	alleen
ja	ja	nee, proeven worden door een lottrekking uit een reeks van 15 tot 20 proe- ven gehaald	nee, uit de ± 50 proef- opstellingen doet elke 11. 1 grote proef of 2 of 3 kleine proefjes.	ja, bij voorkeur wel
ja, 5x 1 kwartier 1/2 uur verslag	nee	ja, 30 min. voorbereiden, (±) 60 min. uitvoering (±) 60 min. verslag	nee	ja, 1 u. exp., daarna volgende groep ook 1 u. exp. daarna kan iedereen nog weer eens bij de op- stelling kijken of meten.
2 lokalen: 1/2 dag voor vwo id. voor havo	1 lokaal (prakt.) 2x 3 u. aansluitend	1 prakt.lokaal (+ doka) 1 kabinet + voorbereiding 1 theorie lokaal van 8-17 u. voor vwo idem voor havo	2 lokalen, kabinet en donkerhok, beschikbaar na het 6e u. en op de Dalton- uren (meestal 4e en 6e u.)	prakt.lokaal + theorie lokaal, voor circa 15 11. 1 hele middag
2 leraren + amanuenses bij praktische uitvoe- ring	leraar + t.o.a.	1 amanuensis in theorie lokaal, 1 amanuensis in prakt.lokaal, 2 leraren in kabinet	bij moeilijkheden assis- teert de amanuensis of leraar. Het verslag mogen ze thuis maken, maar moeten ze mondeling verantwoorden	leraar + t.o.a.
5 maal zoveel	veel	1 n.m. vergaderen met kollega's en amanuensis ± 4 uur.	± 4x zoveel tijd (n.b. ver- slagen nakijken en de mon- delinge examens kosten echter veel meer tijd).	4 & 5x zoveel (ca 20 u.)
	eenvoudige app.. maken aanwezige app. benutten	op het vwo zal dit jr. het s.o.-prakt. uit 'onder- zoeksopdrachten' bestaan waaraan de 11. 6 x 2 u. kunnen werken.		voor bovenbouwprakt. app. te weinig in aantallen aanwezig. ook te weinig gevoelige app.

10.

11.

12.

13.

I.

I.	ALGEMENE GEGEVENS	Bisschop Bekkerscollege Eindhoven	SG Snellius Amstelveen	Develsteincollege Zwijndrecht	Rijkscholengemeenschap Leeuwarden
I.1	Hoeveel ll. (ongeveer) krijgen in dit cursusjr. op uw school praktikum in het schoolonderzoek ?	40 havo ll. 30 vwo ll.	geen havo ll. [*] geen vwo ll.	50 havo ll. 60 vwo ll.	geen havo ll. 48 vwo ll.
I.2	Hoeveel lesuren hebben deze ll. in voorafgaande klassen (ongeveer) praktikum gedaan en hoeveel uren praktikum doen ze in de hoogste klas ?	7 in 4 havo [*] 3 in 5 havo 5 in 4 vwo 10 in 5 vwo 0 in 6 vwo	n.v.t.	10 in 4 havo 15 in 5 havo 15-20 in 4 vwo ±30 in 5 vwo 15-30 in 6 vwo	0 in 4 vwo 0 in 5 vwo 0 in 6 vwo
I.3	Doen de ll. (vrijwel) altijd praktikumproeven die berekend zijn op één lesuur ?	ja	nee, sommige proeven op blok-uren of met een stapeling van moeilijkheden.	ja	ja, met uitloop mogelijkheden voor de 'tragere' leerlingen
I.4	Hoe lang wordt er op uw school af gewerkt met praktikum in het schoolonderzoek (inklusief dit cursusjaar) ?	4 jaar	6 jaar	5 jaar	5 jaar
I.5	Heeft uw school een speciale onderwijskundige signatuur ?	nee	nee	nee	nee
		[*] In onderbouw 20% van de lestijd	[*] Deze gegevens betreffen alleen mavo-leerlingen 30-50 per jaar		

II.

II.	ORGANISATIE				
II.1	Hoe is globaal het rooster van het schoolonderzoek en welke plaats heeft het praktisch gedeelte daarin ?	3x3 u. schriftelijk theorie 3x2 u. praktikum	Van aug. t/m mrt. 14-2 u. praktikum. Na ca 3 mnd. moeten hiervan verslagen ingeleverd worden, dus in nov., jan., mrt. en apr.	jan. 2 u. theorie + mondelinge bespreking skriptie mrt. 2 u. theorie	nov. 3 u. theorie jan. 3 u. theorie praktikum 3 uur mrt. mondeling 20 min.
II.2	Werken de ll. in het praktisch s.o. samen of alleen ?	samen bij de uitvoering van de proef, alleen bij het verslag.	samen bij de meeste proeven, alleen maken zij het verslag.	altijd een duo	alleen bij alles
II.3	Doen alle ll. in het praktisch s.o. dezelfde proef of proeven ?	ja	ja, dat mogen ze wel. Er is een keuze en er zijn verplichte proeven. Er is wel een minimum aantal van 5 proeven, die aan de eisen van het praktikum moeten voldoen per periode van 3 maanden.	nee, ieder koppel zijn eigen onderwerp voor de skriptie	nee, elke ll. doet één proef apart.
II.4	Is er een voorgeschreven verdeling van de tijd ?	ja, 1 u. praktikum aansluitend ± 1 uur verslag	nee	n.v.t.	nee, wel is er een richtlijn gegeven.
II.5	Hoeveel lokalen zijn nodig en voor hoeveel tijd ?	2 lokalen + kabinet voor ruim 2 uur.	1 prakt.lokaal gedurende een lesuur of blok-uren. Bij onze school is de nodige uitrusting per lokaal aanwezig.	n.v.t.	10 ll./halve dag. Nodig 1 prakt.lokaal + theorie lokaal voor het schrijven van het verslag.
II.6	Hoe is de assistentie en de surveillance geregeld ?	minimaal 2 man (event. amanuensis)	leraar en eventueel t.o.a. in praktikumlokaal	n.v.t.	eerste 4 u. natk. leraar + amanuensis. Daarna amanuensis alleen en leraar voor toezicht in theorie lokaal.
II.7	Hoeveel voorbereidings-tijd kost eeh praktisch s.o. u en uw kollega's, in vergelijking met een tentamen van dezelfde tijdsduur ?	2 à 3 maal	± 2x zoveel tijd, hoofdzakelijk korrektie verslagen, rest ongeveer gelijk	reken ik liever niet uit. (zal ± 5-10x zoveel zijn)	minder tijd
II.8	Bijzonderheden	zelf apparatuur ontwikkelen kost veel tijd	zo nodig helpen ll. het prakt. in gereedheid te brengen. Ingewikkelde apparatuur of defekten worden door de t.o.a. verzorgd	erg veel apparatuur zelf tot onze beschikking. Eventueel inschakelen hts en universiteiten	

		1.	2.	3.	4.	
III.	III	AARD VAN HET PRAKTISCH SCHOOLONDERZOEK	C.S.G. Oostergo - Dokkum	Praedinius Gymnasium Groningen	R.S.G. Harderwijk Harderwijk	OSG Van Oldenbarneveld Rotterdam
	III.1	Gaat het praktisch s.o. in principe over de hele stof ?	ja	ja	ja	ja
	III.2	Mag de ll. de benodigde theorie opzoeken ?	nee, formules worden meestal gegeven	ja	nee	ja
	III.3	Hoeveel proeven doet een ll. in het s.o. en hoe lang duren die, inclusief uitwerking ?	1 proef 1 uur: proef 1 uur: verslag	1 proef 2½ à 3 uur	6 à 12 proeven in twee uur	vwo: 1e prakt/havo: 1 proef per ll. (4 uur) vwo: 2e prakt. 1 proef per ll. (exp.tijd 2 uur)
	III.4	Hoe schat u de verhouding bekende situaties/ nieuwe situaties voor de ll.?	10% bekend 20% variaties op bekende situaties 70% nieuw	25% bekend 30% variaties op bekende situaties 45% nieuw	50% bekend 20% variaties op bekende situaties 30% nieuw	30% bekend 50% variaties op bekende situaties 20% nieuw
	III.5	Hoe schat u de verhouding gesloten/open * opdrachten voor de ll. ? (* zie voetnoot)	90% gesloten 10% deels gesloten, deels open	40% gesloten 30% deels gesloten, deels open 30% open	50% gesloten 50% open	100% gesloten bij vwo 1e prakt/havo 100% open bij vwo 2e prakt.
	III.6	Hoe schat u de verhouding onderzoek/verifiërend ** praktikum in het s.o. ? (** voetnoot)	90% onderzoekend 10% verifiërend	75% onderzoekend 25% verifiërend	100% onderzoekend	20% onderzoekend 80% verifiërend
	III.7	Bijzonderheden:				
		*Gesloten/open: de leerling moet niet/wel zelf beslissingen nemen, b.v. over de keuze van meetmethode, wijze van verwerking van meetresultaten.				
		**Onderzoekend/verifiërend: de leerling kan niet weten/wel weten (of opzoeken) wat het resultaat van de proef moet zijn.				
IV.	IV	BEOORDELING				
	IV.1	Welk deel van het totale s.o. cijfer wordt bepaald door het praktisch gedeelte ?	vwo $\frac{3}{10}$ deel havo $\frac{1}{3}$ deel	25%	30 à 40%	vwo: $\frac{1}{3}$ havo: $\frac{1}{12}$
	IV.2	Is de beoordeling geheel gebaseerd op het verslag van de uitgevoerde proeven ?	ja	nee, ook op exp.vaardigheid	ja	nee, vwo: 1e prakt/havo: ook op nabespreking nav. meetrapport vwo: 2e prakt: ook op voorbereiding en uitvoering exp.
	IV.3	Welke aspecten worden in de beoordeling betrokken en in welke mate ?				
		a. planning v.d.proef	a.	xx	a.	xxx
		b. keuze hulpmiddelen	b.	xx	b.	x
		c. proefopstelling maken	c.	x of xx	c.	xxx
		d. handigheid, voortvarendheid	d.	x	d.	x
		e. nauwkeurig waarnemen	e.	x	e.	xx
		f. korrekt meten	f.	xx	f.	xxx
		g. resultaten nauwkeurig en overzichtelijk vastleggen	g.	xx	g.	xx
		h. result. interpreteren	h.	xxx	h.	xxx
		i. relevante theorie toepassen	i.	x	i.	xxx
		j. betrouwbaarh. en nauwkeurig. beoordelen	j.	x	j.	x
		k. verbeter. bedenken	k.	(x)	k.	x
						xxx: maken van een leesbaar en overzichtelijk compleet verslag.

5.

6.

7.

8.

9.

Carolus Borromeus College Helmond	RSG Petrus Hondius Terneuzen	Philips van Horne SG Weert	Erasmus College Zoetermeer	RSG Goese Lyceum Goes
ja	havo: hele stof vwo: okt.: mech.en trill jan.: elekt.	ja	elke ll. krijgt een andere proef over een klein deel van de totale stof	ja, vrijwel. Per s.o. een bepaald vrij ruim deel.
ja, mag alles meenemen, behalve personen	nee, (vgl. II.1)	alleen gebruik van leer- boeken is toegestaan	ja, leerboek, aantekening- ingen, enz.	nee
door het jaar 20 van 2 u (havo 1 uur) in laatste s.o. 5 eenvoudige proeven van 1 kwartier	havo: 2 proeven, totaal 3 uren (verslag inbegre- pen). vwo: 2 proeven, elk 3 uren	1 proef van 2 à 2½ uur	1 proef van ± 4 uur (havo) of van ± 5 uur (vwo). Bij kleine experimenten meer proeven	3 à 4 proeven van 2 uur of zoveel langer als ll. nodig vindt.
havo: 20% bekend 40% variaties op bekende situaties 40% nieuw vwo: 40% variaties 60% nieuw	hangt van proef af	10% bekend 40% variaties op bekende situaties 50% nieuw	60% bekend 30% variaties op bekende situaties 10% nieuw	50% variaties op bekende situaties 50% nieuw
100% gesloten	nogal gesloten: app. staat klaar, opdrachten ook.	100% open. Wel is er voor uitvoeren v.d. proef een gesprek met de leraren- examinatoren.	1/3 gesloten 1/3 deels gesloten, deels open 1/3 open	80 à 90% gesloten, soms vragen om nauwkeuriger meetinstrumenten
overwegend onderzoekend	nadruk sterk op onder- zoek	70% onderzoekend 30% verifiërend	20% onderzoekend 80% verifiërend	50% onderzoekend 50% verifiërend
praktisch s.o. bestaat voor de helft uit de verslaggeving door het jaar.				
**Onderzoekend/verifiërend: de leerling kan niet weten/wel weten (of opzoeken) wat het resultaat van de proef moet zijn.				
$\frac{1}{4}$	$\frac{2 \times \frac{1}{3}}{3} = \frac{1}{3}$	25%: totaal s.o. = 100 p s.o. prakt. = 25 p	$\frac{1}{4}$	alle s.o. theor. of prakt. telt even zwaar
ja	ja en eventueel zaken als het maken van schake- lingen	evaluatie in drie stadia: 1. tijdens gesprek waarin de ll. zijn meetmethode enz. toelicht 2. tijdens de uitvoering v.d. proef (door amanuen- sis) 3. het verslag	nee, hij moet het verslag mondeling verantwoorden	ja
a. b. c. d. x e. xxx f. xxx g. xxx h. xxx i. xxx j. x k. xx	a. x b. c. xx (soms) d. x e. xx f. xx g. x h. xx i. xx j. xx k. xx (soms)	voorbereiding: originaliteit 2,5 pnt uitvoerbaarheid 2,5 nat.k. waarde 2,5 inzicht 2,5 uitvoering: nette meetopst. 1 bedienen instr. 1 zelfstandigh. 1 korrekte meetopst. 1 werktempo 1 verslag: neth./zakelijkh. 2 kennis meetapp. 2 kwaliteit proef 2 diskussieniveau 2 interpretatie res. kennis theorie 2	a. x! b. x c. x d. x e. xxx f. xxx g. xxx h. xxx i. x j. x k. x mondelinge toelichting: xxxxx	a. b. c. d. e. x f. x g. x h. xx i. xx j. xx k.

III.

III	AARD VAN HET PRAKTISCH SCHOOLONDERZOEK	Bisschop Bekkerscollege Eindhoven	SG Snellius Amstelveen	Develsteincollege Zwijndrecht	Rijkscholengemeenschap Leeuwarden
III.1	Gaat het praktisch s.o. in principe over de hele stof ?	nee, 3 steekproeven uit de gehele stof	ja, voor mavo-4	ja	ja
III.2	Mag de ll. de benodigde theorie opzoeken ?	ja, leerboek, eigen aantekeningen	ja, hij is zelfs door de opdracht verplicht zijn experimenten in verband te brengen met de theorie.	ja, moet zelf ook bibl. of bedrijven aanschrijven, etc.	nee
III.3	Hoeveel proeven doet een ll. in het s.o. en hoe lang duren die, inclusief uitwerking ?	3 proeven à ruim 2 u.	zie ook II.1. 5 proeven van elk ruim een uur per deel van het s.o. (b.v. licht, mechanica)	varieert, afhankelijk van skriptie-onderwerp (er zijn ook theor.opdrachten)	1 proef + verslag (3 uur)
III.4	Hoe schat u de verhouding bekende situaties/ nieuwe situaties voor de ll.?	25% bekend uit prakt. 60% variaties op bekende situaties 15% nieuw (niet uit boek bekend)	20% bekend 20% variaties op bekende situaties 60% nieuw	10% bekend 30% variaties op bekende situaties 60% nieuw	100% bekend
III.5	Hoe schat u de verhouding gesloten/open * opdrachten voor de ll.? (* zie voetnoot)	100% gesloten	70% gesloten 10% deels gesloten, deels open 20% open	10% deels gesloten, deels open 90% open	
III.6	Hoe schat u de verhouding onderzoek/verifiërend ** praktikum in het s.o. ? (** voetnoot rechts)	15% onderzoekend, 85% verifiërend	50% onderzoekend 50% verifiërend	30% onderzoekend 70% verifiërend	afhankelijk van de proef
III.7	Bijzonderheden:		oorspronkelijk bestond het s.o. uit vrij projectwerk dat zeer intensief gedaan werd (overuren !) door erg gemotiveerde ll. Later moest, als gevolg van afspraken binnen de school vast raamwerk van proeven worden opgesteld.	het s.o. bestaat uit een skriptie over een onderwerp dat in principe zelf door ll. te kiezen is. Vinden ze niets dan is er keuze uit lijst (Dit laatste geldt voor ± 80%).	
	* Gesloten/open: de leerling moet niet/wel zelf bespreking van meetresultaten.		lessingen nemen, b.v. over	te kiezen apparatuur, meetmethode, wijze van ver-	
IV.	BEOORDELING				
IV.1	Welk deel van het totale s.o. cijfer wordt bepaald door het praktisch gedeelte ?	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	praktisch cijfer } $\frac{1}{3}$ + mondeling m.a.w. praktikum is 1/6 deel.
IV.2	Is de beoordeling geheel gebaseerd op het verslag van de uitgevoerde proeven ?	nee, verslag + metingen (metingen zijn er altijd vanwege gesloten opdrachten)	ja, er is n.i. bezwaar gemaakt tegen het beoordelen van vaardigheden bij het praktikum, omdat mavo, havo, vwo geen vakopleiding is.	ja	nee, ook de uitvoering en de handigheid telt mee
IV.3	Welke aspecten worden in de beoordeling betrokken en in welke mate ?	havo: atheneum:			
	a. planning v.d.proef	a. x	a. xxx	a. xxx	a. x
	b. keuze hulpmiddelen	b. x	b. xxx	b. xxx	b. x
	c. proefopstelling maken	c. x	c. xxx	c. xxx	c. xxx
	d. handigheid, voortvarendheid	d. x	d. x	d. x	d. xxx
	e. nauwkeurig waarnemen	e. x	e. xx	e. xxx	e. xxx
	f. korrekt meten	f. xx	f. x	f. xx	f. xxx
	g. resultaten nauwkeurig en overzichtelijk vastleggen	g. prefab. meettabel	g. xxx	g. xx	g. xxx
	h. result. interpreteren	h. xxx	h. xxx	h. xxx	h. xxx
	i. relevante theorie toepassen	i. xx	i. x	i. xxx	i. xxx
	j. betrouwbaarh. en nauwkeurigh. beoordelen	j. xx	j. xx	j. xxx	j. xxx
	k. verbeter. bedenken	k. toep.wisk.techn.: - xx xx - 'aanpassing' meetres. xx xx	k. xx	k. x	k. foutenberekening maken en konklusies trekken i.v.m. de eindresult.: xxx

IV.

vervolg:

1.

2.

3.

4.

IV.

		C.S.G.Oostergo - Dokkum	Praedinius Gymnasium Groningen	R.S.G.Harderwijk Harderwijk	OSG Van Oldenbarneveld Rotterdam
IV.4	Als ll. samenwerken in het praktisch s.o., kunnen ze dan toch een verschillende beoordeling krijgen ?	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	nee
IV.5	Hoe liggen de resultaten van het praktisch s.o. gemiddeld t.o.v. theorie cijfers ?	zelfde gemiddelde minder spreiding	circa 0,7 punt hoger	ongeveer 0,3 punt hoger iets minder uitersten	op dit moment geen tijd (i.v.m. so-praktikum) om dit te onderzoeken
IV.6	Krijgen ll. vaak/vrij vaak/zelden/nooit een cijfer voor het praktisch s.o., dat aanzienlijk verschilt van hun cijfer voor de 'tentamens' ?	wel eens	vrijvaak	zelden	idem. algemene opmerking: in de vorige cursus is voor het havo uitgerekend wat de invloed van het praktikumcijfer was op het <u>eind-examen</u> -cijfer. Deze invloed was slechts bij enkele ll. merkbaar, in die zin dat het eindcijfer één punt hoger uitkwam (agv. de afrondingen)
IV.7	Bijzonderheden:				

5.

6.

7.

8.

9.

Carolus Borromeus College Helmond	RSG Petrus Hondius Terneuzen	Philips van Horne SG Weert	Erasmus College Zoetermeer	RSG Goese Lyceum Goës
nee	n.v.t.	ja, bij kennelijke wanverhouding in de prestaties bij sterk afwijkende verslaggeving (verslagen worden individueel beoordeeld).	n.v.t.	n.v.t.
dezelfde orde van grootte	ongeveer gelijk, maar niet precies te zeggen, gezien de combinatie.	gemiddeld op de havo gelijk op het vwo liggen de result. s.o. prakt. 1 à 1,5 punt boven die van s.o. theorie daarom gaan we dit jaar op het vwo met wat moeilijkere onderzoeksprojecten werken	laatste 2 jaar ruim een halve punt hoger	zeer wisselend. Ik krijg de indruk dat het prak. s.o. wat hoger ligt dan theorie.
regelmatig	zelden wijkt het praktisch gedeelte erg veel af van het theoretisch deel	de verdeling (rangorde)v. d. cijfers s.o.-praktikum loopt vrijwel gelijk aan de verdeling v.d. cijfers s.o.-theorie.	vrij vaak een aanzienlijk hoger cijfer. Cijfers lager dan hun andere tentamen cijfers komen zelden voor.	vrij vaak. Alles komt voor: aanzienlijk hoger, aanzienlijk lager, vrijwel gelijk.
		een bijzonder probleem is het beschikbaar stellen v. 'lit.' op het niveau van 6vwo. Dit is voor het goed verloop van het onderzoeksproject wel van vitaal belang. Vreemdtalige lit. wordt door ll. niet op prijs gesteld. Ned.talige lit., toegankelijk op hun niveau, is uiterst zeldzaam.		

		Bisschop Bekkerscollege Eindhoven	SG Snellius Amstelveen	Develsteincollege Zwijndrecht	Rijkscholengemeenschap Leeuwarden
IV.4	Als ll. samenwerken in het praktisch s.o., kunnen ze dan toch een verschillende beoordeling krijgen ?	ja, naar aanleiding van afzonderlijk verslag	ja, zij nemen hun meetgegevens en bijzonderheden mee. Ook hun persoonlijke (afwijkende) waarnemingen en maken volgens een schema een eigen verslag	ja, naar aanleiding van afzonderlijke bespreking	n.v.t.
IV.5	Hoer liggen de resultaten van het praktisch s.o. gemiddeld t.o.v. theorie cijfers ?	1,5 tot 2,0 punten hoger	schriftel. prakt. 72-73 5,5 6,3 73-74 7,2 7,8 74-75 7,5 8,2 75-76 7,0 7,5 76-77 6,5 7,8	hoger ($\pm 0,5 - 1$)	bij zwakke ll. die hard werken liggen de result. hoger. Ze hebben nl. allemaal de proef reeds een keer gehad
IV.6	Krijgen ll. vaak/vrij vaak/zelden/nooit een cijfer voor het praktisch s.o., dat aanzienlijk verschilt van hun cijfer voor de 'tentamens' ?	vaak	vaak wel hoger, maar meestal minder dan 2-3 pnt. Typerende uitzonderingen: ll. die met prakt. laag s.o. willen 'ophalen' en ll. met zeer hoge score, die praktisch s.o. verwaarlozen.	vrij vaak (vooral theor. zwakke ll. komen wel hoger uit)	zelden
IV.7	Bijzonderheden:	we honoreren met (90+10): 90 verdeeld over - meetresultaten - grafiek - wisk. verwerking - foutenleer en andere deelstappen	bij het praktikum is de 'kans' op beter werk voor een actieve ll. groter. Dit is een gevolg van de mogelijkheid tot meer voorbereiding. Hierbij kan de ll. door de docent gesteund worden en is de mogelijkheid tot motivatie aanwezig.	men heeft voor de door ons gekozen vorm van s.o. wel veel apparatuur nodig. We zijn gelukkig in de omstandigheid.	

2.3.

Bisschop Bekkers College
B. Gerard, Avignonlaan 1, Eindhoven.

2.3.1. DE NTC - weerstand

VWO

Inleiding

Bepaalde weerstanden vertonen het gedrag dat, als hun temperatuur groter wordt, de weerstand R kleiner wordt. Dit gedrag is precies omgekeerd als bij de metalen, waar de weerstand nl toeneemt bij temperatuurstijging.

Een weerstand van het type in kwestie heet een NTC-weerstand of een Negatieve Temperatuur Coëfficiënt weerstand, en is een stukje halfgeleider.

In deze proef zullen we een meting doen aangaande het verband tussen R en T (de absolute temperatuur). Op grond van deze metingen kan men een uitspraak doen over de energie-nivoos in het halfgeleider-materiaal.

Theorie

In een kristallijne stof kunnen elektronen slechts een bepaalde set mogelijke energiewaarden hebben. Om een (volkomen willekeurig) voorbeeld te geven: alle energieën tussen $-3,1$ en $-2,8$ eV zijn geoorloofd, alle energienivoos $-2,8$ en $-1,6$ eV zijn verboden, alle energienivoos tussen $-1,6$ en $-1,0$ eV zijn geoorloofd, die tussen $-1,0$ en 0 eV verboden. (Boven de 0 eV beweegt het elektron vrij buiten de halfgeleider).

De geoorloofde gebieden worden dan een energieband genoemd.

Het hoe en waarom van die energiebanden doet voor dit praktikum in slechts beperkte mate terzake. Wat je ervan moet weten is het volgende: (zie illustratie blz. 69)

- Geleiding van elektriciteit wordt bewerkstelligd door de elektronen in de buitenste schil, de valentie elektronen.
- In een halfgeleider materiaal, als het vierwaardige germanium of silicium van de NTC hier, zijn er twee banden die een belangrijke rol spelen. De laagst-energetische band heet de valentieband, de hoogstenergetische de geleidingsband. Ertussen in zit een verboden gebied, dat een breedte heeft van typisch in de orde van grootte van 1 eV. De valentieband is de verzameling energieën die horen bij aan het atoom gebonden elektronen. De geleidingsband is de verzameling van mogelijke energieën die vrij tussen de atoomrompen door bewegende elektronen kunnen aannemen.
- De valentieband is bij het absolute nulpunt helemaal vol met elektronen en de geleidingsband helemaal leeg. Bij steeds hogere temperaturen kunnen steeds meer elektronen de sprong maken van de valentieband naar de geleidingsband.
- Elektronen in de valentieband zijn, zoals gezegd, gebonden aan het atoom en nemen niet aan de geleiding deel. Elektronen in de geleidingsband hebben zich losgemaakt van het atoom waar ze bij horen en kunnen wel deelnemen aan de geleiding.

Hoe hoger de temperatuur, hoe meer elektronen voldoende energie krijgen voor de sprong van de valentie- naar de geleidingsband en hoe beter de geleiding.

- De verboden zone tussen de valentieband en de geleidingsband heet de 'gap-energy'. Bedoeling van dit praktikum is deze 'gap-energy' te bepalen. Gap-energy E_g .
- Bij hoge temperatuur zijn alle valentieelektronen naar de geleidingsband gesprongen. Er treedt verzadiging op. De weerstand neemt niet verder af.
- Als het silicium of germanium "verontreinigd" is met drie- of vijfwaardige elementen komt dit de geleiding sterk ten goede. Vooral bij lagere temperatuur uit zich dat. Daar is de weerstand veel lager dan je zou verwachten.
- Voor de weerstand kan men theoretisch bewijzen dat geldt:

$$R(T) = R_0 e^{-E_g/2kT} \quad (\text{zonder verontreiniging})$$

of ook wel

$$\ln R(T) - \ln R_0 = \frac{-E_g}{2kT}$$

waarin R_0 een konstante is

k de konstante van Botzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K)

ln de natuurlijke logaritme

en E_g de 'energy-gap'.

Door ln R(T) tegen 1/T uit te zetten kan men uit de helling van de optredende rechte lijn eenvoudig E_g berekenen.

De apparatuur

De temperatuurbeheersing vindt plaats door de NTC in gedestilleerd water onder te dompelen. Het water wordt in een calorimeter verwarmd met een dompelaar, aangesloten op een regelbare voeding. Een termometer dient om de temperatuur af te lezen. GOED ROEREN is een vereiste. De weerstand wordt bepaald door de NTC met een Vmeter en een Ameter in één circuit te brengen. Je moet rekenen op een weerstand tussen 100 en 500 Ohm.

Kies als spanning zo'n 9 V. Deze hoeft niet perse variabel te zijn.

DE NTC MAG NIET AANGESLOTEN ZIJN ALS HIJ BUITEN HET WATER IS!!!

ANDERS BRANDT HIJ DOOR!!!

Opdracht

Maak de schakeling om de weerstand te meten. Die waarbij zo weinig mogelijk korrektie nodig is. Laat die controleren. Schets hem (antwoordblad 1).

Meet V (die je zo goed mogelijk konstant houdt) en i, en schrijf ze samen met T in tabelvorm op. Antwoordblad 1.

Meet om de $+ 5^{\circ}$ C V en i op. Ga door tot 80° C. Roer voortdurend goed. Mik de tijd een beetje uit: bij een te langzame verwarming krijg je te weinig metingen, bij een te snelle verwarming is er geen warmteevenwicht tussen dompelaar en water. Echter, als je goed roert gaat het niet gauw te snel.

DOMPELAAR EN NTC NIET UIT HET WATER HALEN ALS ZE NOG AANGESLOTEN ZIJN!!

Je kunt rustig tijdens de metingen het tempo van verwarmen veranderen als dat beter uitkomt. In de tijd ben je toch niet geïnteresseerd.

Fouten

In feite kun je alles verwaarlozen behalve de systematische en de toevallige fout van de meters. Andere fouten zijn minstens een orde van grootte kleiner.

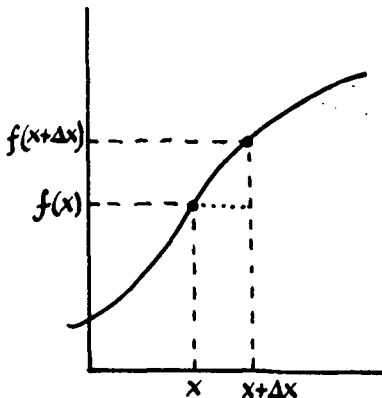
De toevallige fout: de meters zijn klasse 2,5.

De systematische fout: dat is de eventuele correctie voor de inwendige weerstand van V- en A-meter. De R_i van de V-meter is 31500 Ohm bij het 10V-bereik. De R_i van de A-meter moet je zelf in het boekje opzoeken.

In dit praktikum mag je van deze twee fouten de kleinste weglaten, als die de helft of minder is van de grootste van de twee.

Rekenen met fouten bij de ln-functie.

Algemeen: je hebt een functie $f(x)$; x is een meetresultaat met absolute fout Δx ; wat is de fout in $f(x)$?



Antwoord:

$$\frac{\Delta f}{\Delta x} \approx f'(x) \Rightarrow \Delta f = f'(x) \cdot \Delta x$$

dus de absolute fout in Δf : $f'(x) \cdot \Delta x$

in dit geval $(\ln x)' = \frac{1}{x}$ dus

$\ln(x+\Delta x) \approx \frac{1}{x} \cdot \Delta x$ is de relatieve fout in x

absolute fout in $\ln x$

Is b.v. de relatieve fout in x : $\frac{\Delta x}{x} = 0,02$, dus 2 % ,

dan is de absolute fout in $\ln x$ ook 0,02. Nog eens :

relatieve fout in x = absolute fout in $\ln x$
(niet in %)

Hier : relatieve fout in R = absolute fout in $\ln R$.
(niet in %).

Uitwerking

Vul antwoordblad 1 verder in.

Teken de grafiek $\ln R$ tegen $1/T$, op antwoordblad 2. Gebruik zo efficiënt mogelijk een heel grafiekblaadje. Geef ook de fouten in $\ln R$ aan.

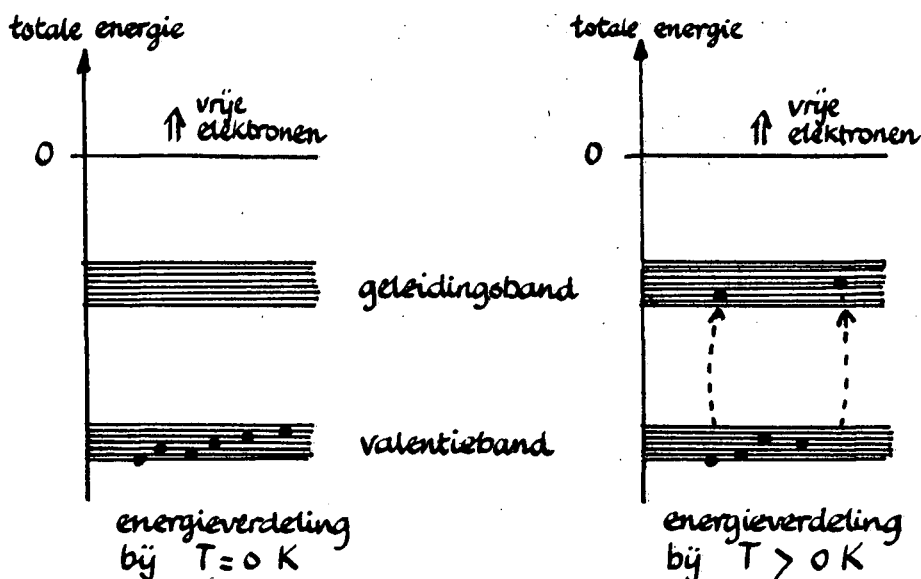
Richt je op het stuk tussen 30 en 70°C. Bepaal uit de helling van deze rechte lijn $E_g/2k$ en daaruit E_g , zowel in J als in eV.

Zie je iets van het verzadigingseffekt en zo ja waar en waarom?

Zie je iets van onzuiverheden en zo ja waar en waarom?

Bepaal uit de grafiek de grenzen waartussen E_g kan liggen.

Laat zien hoe je aan je uitkomst komt.



Antwoordblad 1

T(°C)	T(K)	$\frac{1}{T}(K^{-1})$	V(Volt)	i(A)	R(Ohm)	%fout R	$\ln R$	abs.fout $\ln R$
		$\cdot 10^{-3}$						
		$\cdot 10^{-3}$						

↓(enz)

Antwoordblad 2

Bestaat uit een blad grafiekenpapier voorzien van een schaal.

2.3.2. Doorbuiging van een fietsspaak.

VWO

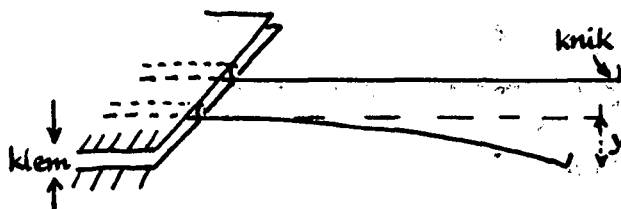
I) De formele kant.

De eigenlijke proef moet gedaan worden met twee man. De uitwerking van de proef doet ieder voor zich. Zorg ervoor dat op het eind van het praktikum beide leerlingen de benodigde cijfers hebben!

Het gebruik van een rekenmachine is toegestaan. Overigens gaat het ook goed met de lineaal.

Metingen moeten genoteerd worden op het prefabantwoordvel.

II) De opstelling, de metingen en de theorie.



De opstelling is zeer simpel. Twee identieke fietsspaken worden vlak naast elkaar, evenwijdig, verstelbaar, aan één eind ingeklemd met twee tafelklemmen en een plankje. Eén spaak wordt belast met een aantal 50 gr-gewichtjes, één spaak wordt niet belast en dient als vergelijking om de doorbuiging gemakkelijker te kunnen meten. Met de doorbuiging, aangeduid met y (in m), wordt bedoeld de hoogte van de "knik" van de onbelaste spaak vergeleken met die van de belaste spaak.

Dus zuiver vertikaal gerekend.

Voor deze doorbuiging bestaan theoretische formules. Daarin wordt de doorbuiging gegeven als functie van een aantal variabelen, zoals dikte, lengte, belasting, elasticiteitsmodulus, vorm van een dwarsdoorsnee. Wij beperken ons tot de afhankelijkheid doorbuiging y -belasting m (in kg) en de afhankelijkheid doorbuiging y - vrije lengte l van de spaak (in m).

Aan de andere factoren wordt geen aandacht geschonken.

Een aanwijzing die je krijgt is dat beide relaties de vorm hebben van een eenvoudige machtfunctie:

$$y = a \cdot m^k \quad \text{en} \quad y = b \cdot l^n, \quad \text{waarin } k \text{ en } n \text{ gehele positieve getallen.}$$

III) De wiskunde.

Als je vermoedt (!) dat een relatie bovenstaande vorm heeft, kun je dat uitproberen door links en rechts de logaritme te nemen. Tenminste, als de exponent $\neq 1$, want dan kun je het zonder logaritme zo ook wel zien, bv. uit een gewone y - m of y - l grafiek. Je kunt met de $_{10}$ log of met de e log werken; de $_{10}$ log is gemakkelijker bij het hanteren van de machten van 10, de e log is

gemakkelijker bij de foutenleer.

Neem je links en rechts de log, dan

$$\ln y = \ln a + k \ln m \quad \text{enz.}$$

Zet, indien nodig, horizontaal log (of ln) m respectievelijk log l uit en vertikaal log (of ln) y. Teken de foutengebieden (waarover later meer) in. Teken de grafiek. Als je vermoeden juist is, is een rechte lijn verenigbaar met de meetpunten; is dat zo dan kun je uit de r.c k resp. n bepalen en uit de speling in de r.c. de speling in k resp. n; als het allemaal klopt moet de gemeten k resp. n binnen de foutengrens van een positief geheel getal afliggen. Schrijf de door jou gevonden waarde op en het positieve gehele getal wat je vermoedt. (antwoordblad!)

IV) De foutenleer.

Als je de spaken netjes inklemt kun je de abs.f. in de vrije lengte van de spaak wel verwaarlozen. De abs.f. in de belasting kun je ook wel verwaarlozen.

De enig overblijvende abs.f. is die in de doorbuiging y. Die vindt zijn oorsprong in de praktische afleesmoeilijkheden.

De grootte van die fout kun je alleen zelf schatten.

Hoe combineer je abs.f. en logaritmen? Zij de abs.f. Δy in de doorbuiging y. Zij de abs.f. in de log die daarbij hoort $\Delta(\log y)$. Dan:

$$\Delta(\ln y) = \ln(y + \Delta y) - \ln y = (\ln' y) \cdot \Delta y = \frac{1}{y} \cdot \Delta y = \text{rel.f. in } y!!$$

(niet in %!!!)

dus abs.f. in lny = rel.f. in y (niet in %).

Werk je met de $^{10}\log$, dan wordt dit

$$\text{abs.f. in } ^{10}\log y = 0,435 \cdot \text{rel.f. in } y \text{ (niet in \%)}.$$

Geef de abs. fouten in ln of log op het antwoordblad aan, en dan in de grafiek.

V) Verdere detaillering van de opdracht.

Vul de bepaling van de relatie y-m in en neem daarvoor 1 t/m 5 50 gr-gewichtjes. Noteer de vrije lengte l. Noteer de abs.f. Bepaal de relatie y-l door bij een belasting van 4 (evt. 5 naar keuze) 50 gr-gewichtjes voor minstens 10 meetpunten de doorbuiging te bepalen. Maak voor beide relaties de bruikbaarste grafiek, inclusief de foutengebieden, en vul verder het antwoordblad in.

Op het eind combineer je beide relaties tot één formule. Je vult een set bij elkaar behorende waarden voor y, l, en m in en bepaalt daaruit de getalskonstante die in de formule thuishoort. Schrijf de formule nu nog eens op.

Schrijf hier het door jou experimenteel bepaalde $y-l$ verband op.

$y = \dots\dots\dots$ (de grootte van de getalskonstante niet geven).

Schrijf hier op welke fout er in de exponent kan zitten en laat in de grafiek zien hoe je eraan komt.

$\dots\dots\dots$

Schrijf hier op wat volgens jou de theorie over het $y-l$ verband zegt.

$y = \dots\dots\dots$ (de grootte van de getalskonstante nog niet geven).

Kombineer het theoretische $y-m$ verband en het theoretische $y-l$ verband tot één formule

$y = \dots\dots\dots$ (de grootte van de getalskonstante nog niet geven).

Bepaal nu, door substitutie van een set bij elkaar behorende metingen, de waarde van de getalskonstante.

$\dots\dots\dots$

Schrijf nu nog de formule één keer zo goed mogelijk op:

$y = \dots\dots\dots$

bepaald uit de set

$y = \dots\dots\dots m; l = \dots\dots\dots m; m = \dots\dots\dots \text{kg}.$

2.3.2. Proef van Melde

HAVO

Doel van de proef

Het zoeken van het verband tussen de voortplantingssnelheid van een golf in een koord en de spankracht in het koord.

Inleiding

Kijk eerst even naar onderstaande tekening.

(Neem 10 minuten de tijd om de inleiding te lezen en de meetopstelling te maken).

De ene kant van een horizontaal geplaatst koord wordt vastgemaakt aan een veerunster. Dit veerunster geeft de spankracht aan van het koord. De andere kant van het koord wordt verbonden met een trillingsbron. De trillingsbron bestaat uit een elektrische spoel met een weekijzeren kern. Als er door de spoel een elektrische stroom gaat, wordt de weekijzeren kern gemagnetiseerd. De stroom door de spoel is een wisselstroom met een frequentie van 50 Hz. Hierdoor wordt de weekijzeren kern 50 keer per seconde omgepoold. Boven de weekijzeren kern hangt een ijzeren plaatje. Dit gaat door het wisselend magneetveld trillen met een frequentie van 50 Hz. Eén kant van het koord is aan dit plaatje vastgemaakt.

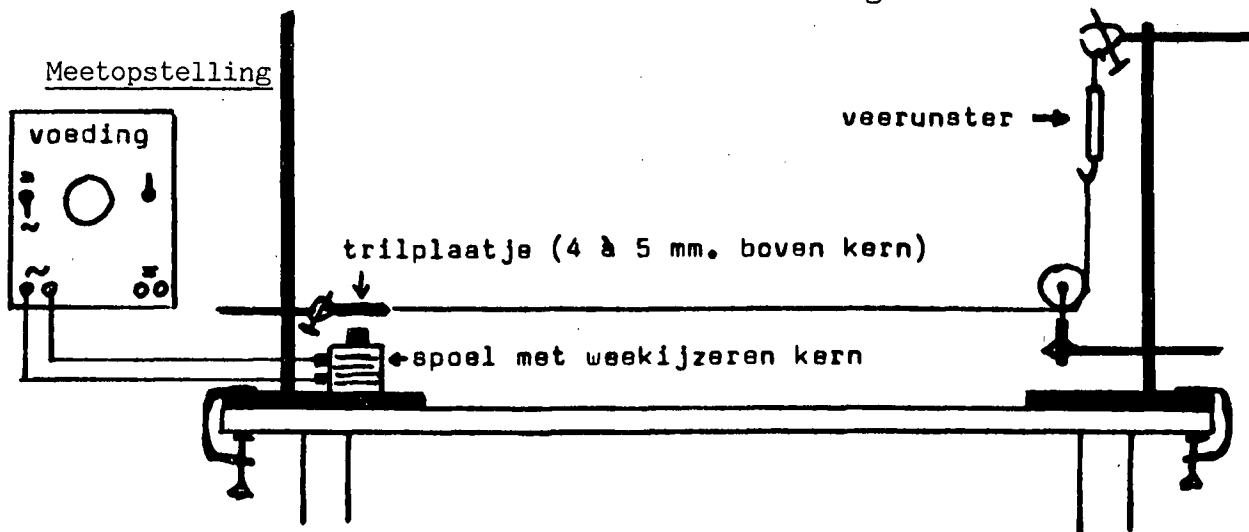
We zorgen ervoor dat de lengte van koord tot het trilplaatje + 80 cm bedraagt. Als we de spankracht in het koord de juiste waarde geven krijgen we een staande golf. (Vergelijk het stemmen van een gitaar).

Van deze staande golf kunnen we gemakkelijk de golflengte meten. Omdat nu de golflengte en de frequentie f van de trillingsbron bekend zijn, kunnen we de voortplantingssnelheid van de golf bij de desbetreffende spankracht berekenen. Door de spankracht te variëren, kunnen we staande golven met verschillende golflengtes krijgen. (Grondtoon, 1e boventoon, enz.).

Ons doel is het meten van de golflengte (en daarmee ook de voortplantingssnelheid) als functie van de spankracht in het koord.

Benodigheden

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 3 universeel statiefklemmen | 1 spoel met 600 windingen |
| 3 dubbele statiefklemmen | 1 weekijzeren kern |
| 2 tafelklemmen | trilplaatje |
| 1 katrol | koord |
| 1 veerunster van 1 N. | rolmaat |
| 1 veerunster van 10 N. | variabele voeding |



Meting

Klem twee statieven vast aan de tafel met behulp van de tafelklemmen. Breng de witte statiefklemmen aan, rechts twee, links één.

Plaats de steun van de katrol vertikaal in de statiefklem, die rechtsonder zit. Hang een veerunster, met een bereik van 10 N., aan de statiefklem rechtsboven.

Draai de klem aan.

Plaats in de statiefklem links het trilplaatje, zo goed mogelijk horizontaal. Plaats ongeveer midden onder het trilplaatje de spoel met weekijzeren kern.

Sluit de spoel aan op de voedingskast. (Zet de voeding nog niet aan). Denk eraan, je moet wisselspanning hebben!

Stand van de regelknop op 40 %.

Maak nu het koord vast aan het trilplaatje en aan de veerunster.

Zorg, dat de veerunster vertikaal hangt!

Verplaats de statiefklem nu zodanig, dat de spankracht in het koord ongeveer 5 N. wordt.

Zet de voeding aan.

Verlaag de spankracht in het koord (door de statiefklem open te draaien), totdat er een staande golf ontstaat. Variëer de spankracht iets totdat de maximale amplitudo bereikt is.

Noteer de spankracht in de bijgevoegde meettabel als functie van het aantal halve golflengtes, dat je waarneemt.

Verminder de spankracht, totdat je de eerste boventoon krijgt.

Noteer de metingen in de tabel enz.

Als de spankracht beneden 1 N. komt, vervang je de groene door de rode unster.

Opdrachten behorende bij de proef van Melde

- 1) Noteer in de tabel de spankracht F als functie van het aantal halve golflengtes k . \times)
- 2) Bereken de golflente λ van de staande golven. Noteer de uitkomsten in de tabel op volgende bladzijde.
- 3) Hoe luidt de relatie tussen de voortplantingssnelheid v , de frekwentie f en de golflengte λ .
.....
- 4) Bereken de voortplantingssnelheid v voor de gevallen $k = 1$ t/m 7 . Noteer de uitkomsten in de tabel op volgende bladzijde.
- 5) Bereken ook v^2 als functie van k . Noteer de uitkomsten weer in de tabel.
- 6) Teken op bijgaand blad de grafiek van v^2 als functie van F . (De leerlingen ontvingen een antwoordvel, waarbij de assen voorzien waren van een schaalverdeling).
- 7) Welk verband bestaat er tussen v^2 en F ? Geef uitleg!

- 8) Bereken uit de grafiek de evenredigheidsconstante. Geef duidelijk aan met welke waarden je de berekening uitvoert!
- 9) Bekijk het boek op bladzijde 369. Daar staat een formule. Wat stelt de bij opdracht 8 gevonden konstante voor?
- 10) Bepaal de massa van het koord. Geef duidelijk aan hoe je aan het antwoord komt!

*)

LENGTE KOORD =

aantal halve golflengtes k	spankracht F (N)	golflengte λ (m)	voortplantings- snelheid v(m/s)	v^2 (m ² /s ²)
1				
		enzovoort		
		⋮		
		⋮		
		⋮		
		⋮		

2.4.

Scholengemeenschap "Snellius"
C. Dennenbroek, C. van Clevelaan 49, Amstelveen.

MAVO

Inleiding

Toen mijn lessen aan de Mavo begonnen, was er voor de tweede klassen een beperkte mogelijkheid om een leerlingenpraktikum te doen. De leerlingen uit de vierde klas hadden dit nooit gehad en vroegen mij, nadat zij een paar proeven gezien hadden, ook praktisch te mogen werken. Naast de bestaande eenvoudige proeven voerden zij ook meer ingewikkelde en "zelfbedachte" experimenten uit. Dit werkte zo motiverend, dat zonder veel moeite het praktikum in het schoolonderzoek betrokken werd. Na enige jaren is de meer vrijblijvende opvatting echter vervangen door een gereguleerde, zoals hieronder voor het schooljaar 1977-'78 is weergegeven. De oorzaak hiervan is te vinden in:

- a) Het "gewoon" worden van het praktikum in het schoolonderzoek.
- b) Het toenemen van het aantal scripties en werkopdrachten voor de andere vakken bij het schoolonderzoek.

Desalniettemin blijft het praktikum natuurkunde een zo'n aantrekkelijk deel van het schoolonderzoek, dat de waardering ervoor blijkt uit de ijver, inzicht en zorgvuldigheid. Hierbij is de leerling nu eens niet gebonden aan het maken van een momentopname en kan zich daardoor beter in de stof verdiepen.

Het schoolonderzoek

Het schoolonderzoek voor natuurkunde omvat 4 delen: mechanica, optiek, elektriciteit en magnetisme, algemene natuurkunde en energie.

Elk deel bestaat uit een schriftelijk tentamen en een aantal praktikumopdrachten, waarvan de verslagen worden ingeleverd.

Het praktikum

Uit een aantal voor het schoolonderzoek en het examen belangrijke proeven is een keuze gedaan. Ze worden door de leerlingen uitgevoerd, waarbij vijf proeven door de kandidaat worden verwerkt tot een verslag. Dit gebeurt thuis. Onder deze vijf proeven kunnen verplichte proeven zijn, die alle kandidaten moeten inleveren. De kandidaat geeft in een verslag blijk:

- a) in zo'n experiment een natuurkundig verschijnsel te herkennen.
- b) eventuele relaties van grootheden voldoende nauwkeurig te meten en hieruit het verband na te gaan met het natuurkundig verschijnsel.

Verslagen

De verslagen bevatten:

- a) Een opsomming van het gebruikte materiaal en een verslag van de proef (opstelling en verloop).
- b) Een vermelding daarbij van de voor de proef nodige theoretische en/of praktische gegevens.
- c) Een (of meer) tabel(len) met waarden van metingen van de grootheden.

- d) Zo mogelijk een of meer grafieken, die het inzicht in de relaties bevorderen.
- e) Een konklusie, waaruit o.a. blijkt of de proef al dan niet heeft voldaan aan een te onderzoeken wetmatigheid.

Waardering en reglementering

Een redelijk verzorgd verslag op deugdelijk materiaal uitgewerkt, dient uiterlijk een week na uitvoering en bespreking van de proef te worden ingeleverd. Gebeurt dit niet, dan wordt voor deze proef het cijfer 2 (twee) toegekend. Alleen in werkelijk gerechtvaardigde omstandigheden, mede te beoordelen door de schoolleiding, kan hiervan worden afgeweken.

Dit praktikum zal tot uiterlijk 1 maart worden uitgevoerd, om overspanning vlak voor het centraal schriftelijk examen te voorkomen.

Het cijfer voor het verslag van de proef wordt per onderdeel bepaald. Hoogstens wordt (zie: verslagen) per onderdeel a, b, c, d en e 2 punten toegekend. Totaal levert dit 10 punten.

Blijkt een proef weinig of geen mogelijkheden te bieden voor het toekennen van punten onder c of d, dan zal vooral afhankelijk van het getoonde inzicht aan de punten b en e meer waarde worden toegekend.

Voor elk deel van het schoolonderzoek worden het cijfer van het schriftelijk tentamen en het gemiddelde cijfer van de daarbij behorende praktikumproeven eerst elk apart in tienden nauwkeurig vastgesteld. Het cijfer per deel van het schoolonderzoek wordt dan bepaald uit:

$$\frac{4 \times \text{cijfer schriftelijk} + 1 \times \text{gemiddelde praktikum}}{5}$$

5

Zonodig afgerond in tienden nauwkeurig.

Het gemiddelde van de 4 cijfers van de delen levert het eindcijfer voor het schoolonderzoek.

2.4.1. Verplaatsing van het licht door stoffen

Uit de eerste proef hebben wij vastgesteld, dat het licht langs rechte lijnen alle kanten uit gaat. Dat noemen wij de rechtlijnige uitbreiding van het licht. Zoiets zien we het best bij een kaars of een vrijstaande lamp. De hele omgeving wordt dan verlicht. Zo'n lichtbron is ook de zon of een ster. De afstand waarover die lichtbron op ons schijnt, is echter zo groot, dat het lijkt of de stralen dezelfde richting gekregen hebben. Wij noemen dat evenwijdige stralen. Ook kunnen wij met behulp van een loep of brandglas die stralen in een punt samen laten komen. Wij zeggen dan, dat de stralen convergeren. Dit samenkomen komt in de loep tot stand door breking.

Wordt het licht door een stof opgevangen en kan het hier in doordringen, dan zal dat op verschillende manieren kunnen.

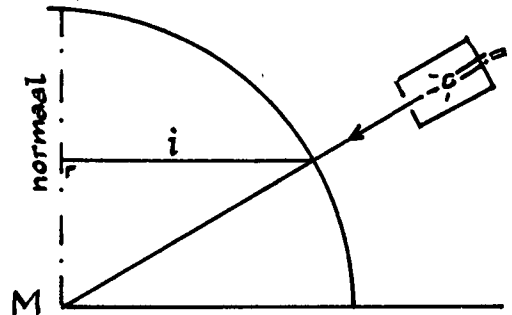
Evenals wij gezien hebben bij het terugkaatsen van het licht, kan het bij het verlaten van een stof weer naar alle kanten verspreid worden. Het wordt dan diffuus gebroken. Een stof, die om deze eigenschappen gebruikt wordt, o.a. bij operaties en in de fotografie is opaalglas.

Wij spreken van breking, als de lichtstralen in een andere stof gekomen, van richting veranderen.

Hoewel wij slechts het verschijnsel goed moeten kennen, is het toch nodig, hierbij een proef uit te voeren, die duidelijk laat zien, hoe de stralengang van het licht bij de overgang van de ene stof in de andere kan veranderen.

Brekingsproef

Wij gebruiken hiervoor een halfcirkelvormige schijf van perspex; een papier met een cirkel, zoals bij de spiegelproef; een doorzichtige bak met een of meer vloeistoffen; een lichtbron met een spleet en eventueel rechthoekige of prismavormige stukken stof.



Verloop van de proef:

Wij leggen de halfcirkelvormige schijf op het papier met de vlakke kant langs een middellijn en het middelpunt van die kant op M. Controleer of een lichtstraal over de andere middellijn door M, loodrecht erop, als hij door de schijf straalt een rechte lijn vormt.

Laat daarna van verschillende kanten vanuit de spleet een lichtstraal op de vlakke kant van de schijf precies door M vallen. Waar de lichtstralen de cirkel snijden, geven wij aan of dit door de invallende of door de gebroken straal geweest is. Ook hier nummeren wij het aantal keren, dat wij de proef uitvoeren. Vanuit elk punt, dat wij zo gevonden hebben, trekken wij een lijn loodrecht op de normaal. Wij noemen de lijn i of b in overeenstemming met het snijden van de invallende of de gebroken lichtstraal, die het punt leverde. De waarden van de lengten van i en b in mm zetten wij in een tabel (voor het opmeten van een lijnstuk i , zie vooraan de proef).

Maak van de tabel een grafiek, maar probeer eerst of de lichtstraal vanaf de ronde kant door M een zelfde resultaat levert. Wat merk je daarbij, als de hoek tussen de invallende straal en de normaal te groot wordt? Er blijkt een grensgeval te zijn. Noteer de hoek en de kleurverschijnselen, die daarbij optreden. Geef goed aan in welke volgorde de kleuren naar de grenslijn toe gerangschikt zijn. De gevonden hoek met de normaal noemen wij de grenshoek bij overgang van een optisch dichtere naar een optisch minder dichte stof.

Bespreking:

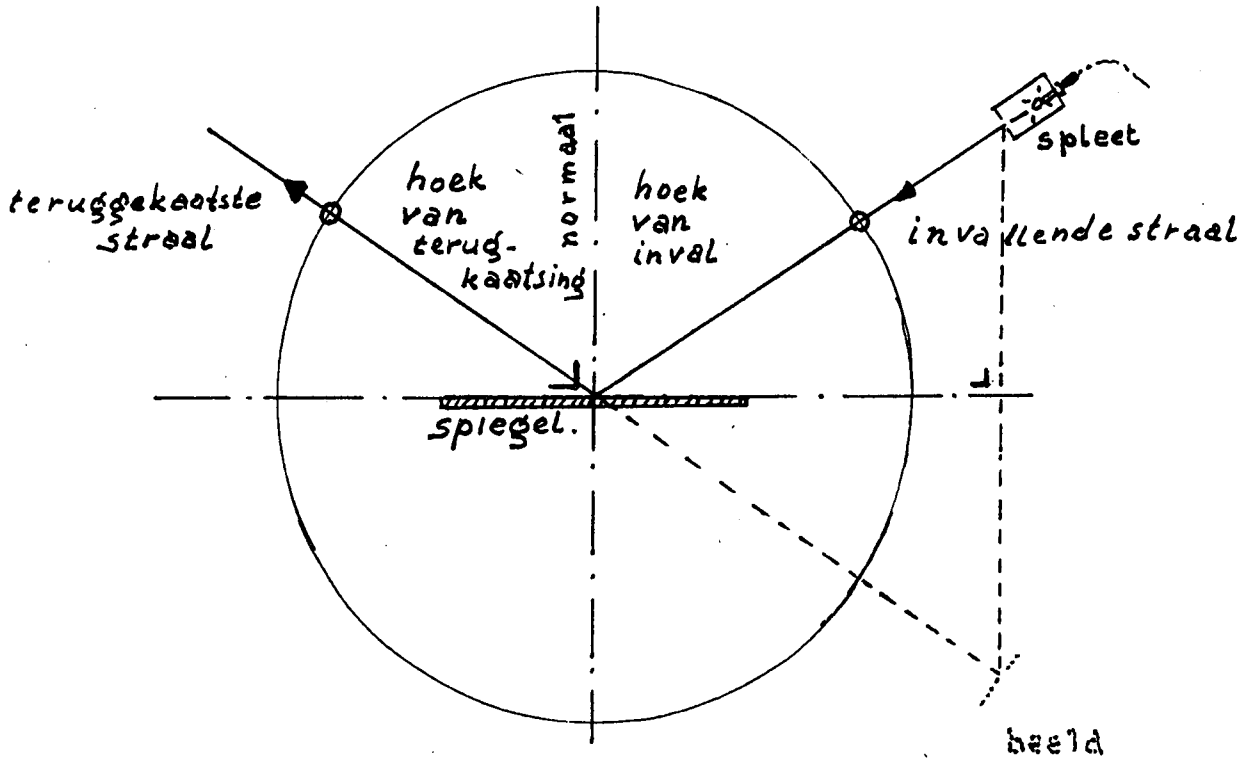
Werk de grafiek uit. Vergelijk i en b bij elke breking door de waarden op elkaar te delen. Maak een nieuwe tabel: i , b en i/b . Wat merk je van de waarden aan beide zijden van de grenslijn? Bij voldoende tijd kun je nog meer stoffen gaan onderzoeken. Probeer de verhouding i/b te vinden voor een rechthoekig stuk materiaal en voor een prisma. Door achter een doorzichtige bak een cirkel te plaatsen kun je verschillende vloeistoffen onderzoeken. Geef je konklusie uit deze resultaten.

De verhouding i/b noemen wij de brekingsindex van een stof.

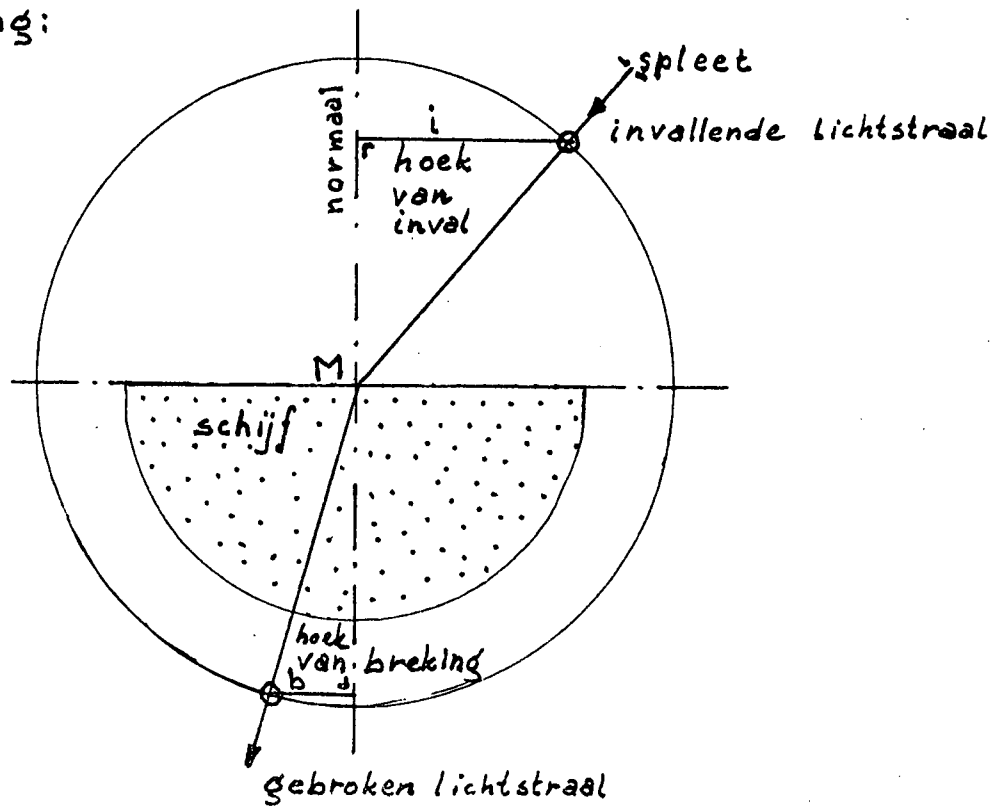
Licht

schematische opstellingen:

De vlakke spiegel:



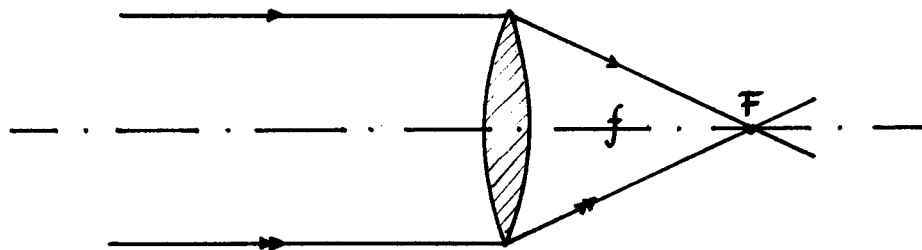
breking:



2.4.2. Lenzen.

Bij de inleiding van de breking merkten wij dat met een loep een lichtbundel gebroken kon worden. Ook hebben wij gemerkt, dat verschillende stoffen, maar ook kleuren hun eigen breking hebben. Daardoor ontstaat in veel stoffen een kleurwerking of zelfs een spectrum (kleuren van de regenboog).

Een stuk stof wat een verschil in vorm heeft levert ook een andere breking op. Is zo'n stuk stof rond geslepen dan noemen wij dat een lens. Een lens levert speciale verschijnselen en wetten. Deze wetten en verschijnselen gaan wij na met de volgende proef:



Experimenteel bewijs van de lenzenformule.

Wij gebruiken hierbij:

2 lenzen A, B of +5, +10 en +15 (cm)

lichtbron en scherm, optische rail.

Verloop van de proef:

Plaats de lichtbron aan het begin, de lens in het midden en het scherm op het eind van de rail. Let erop, dat het midden van de lichtbron en de lens op een rechte lijn liggen en loodrecht op het scherm gericht staan. (Rail moet goed recht zijn!).

Licht op juiste spanning goed instellen.

Vraag: (de vragen beantwoorden en in het verslag de antwoorden (vermelden).

Wat zie je 1) aan de stralengang,

2) op het scherm?

Verplaats de lens, tot deze een evenwijdige bundel uitstraalt naar het scherm. (Er ontstaat op het scherm een lichtvlek, die evengroot is als de lensopening).

Wordt de bundel veel groter, als wij het scherm van plaats veranderen? Meet de afstand op tussen lichtbron en lens en noteer de waarde in het verslag. Vorm, indien mogelijk met een andere lens een evenwijdige bundel en plaats de lens in het verlengde daarvan. Wat zie je als het scherm erbij geplaatst is? Kun je een scherp punt op het scherm krijgen? Zo ja, meet de afstand van de lens tot het scherm en noteer. Schuif nu de lens zo dicht bij de lichtbron, dat er een divergerende bundel ontstaat.

De vlek op het scherm is dan groter dan de opening van de lens.

Wat zie je, als je nu door de lens naar de lichtbron kijkt?

Is het beeld groter of kleiner? Staat het rechtop of is het op z'n kop? Kun je het op een scherm opvangen? Noteer behalve de afstand ook de verschijnselen van hetgeen je ziet.

Verplaats nu de lens en het scherm. Wat merk je aan het beeld van de lamp op het scherm? Zorg dat het beeld erg duidelijk wordt (scherp) en meet dan de afstanden van lichtbron tot lens en van lens tot scherm. Noteer daarbij weer hoe het beeld is (groter of kleiner, rechtop of omgekeerd. Het is nu op te vangen en scherp; dan is het reëel). Zoek de plaats van lens en scherm, waarbij het beeld evengroot is als de lichtbron (opmeten). Bepaal daarna nog enige afstanden met een scherp beeld en noteer de waarden en gegevens. Maak van het geheel een tabel en werk de gemeten waarden uit in een grafiek v - b .

Maak een tabel van $1/v$ en $1/b$, bovendien van $1/v + 1/b$.

Hierbij is v de afstand van de lichtbron tot de lens (voorwerpsafstand) en b de afstand van de lens tot het scherm (beeldafstand). Vergelijk de waarden van $1/v + 1/b$ met de omgekeerde waarde van de eerste metingen (evenwijdige bundels). Deze waarde noemen wij de brandpuntsafstand f van de lens.

Stel uit de proeven een konklusie op voor de volgende gevallen, waaruit blijkt:

De gedaante van het beeld bij de volgende afstanden:

lichtbron - lens	kleiner dan f	
"	"	gelijk aan f
"	"	groter dan f , maar kleiner dan $2f$
"	"	gelijk aan $2f$
"	"	groter dan $2f$.

Uit de berekening kan blijken, dat $1/b + 1/v = 1/f$.

Dit is de lenzenformule.

Maak van de bij de bespreking genoemde gevallen een tekening.

2.4.3. De calorimeter .

De naam calorimeter is afgeleid van de (verouderde) eenheid alorie (dat is de warmte, nodig om 1 gram water van 14,5 tot 15,5 °C te verwarmen. Tegenwoordig per definitie: 4,19 J).

Principe van de proef:

De toevoer van elektrische energie wordt omgezet in warmte.

Wat meten wij? a) de elektrische energie uit de spanning en de stroomsterkte gemiddeld per minuut (tijd).

b) de temperatuurstijging van het geheel van calorimeter met vloeistof.

a) het elektrische gedeelte.

Vragen: 1) Welke meter gebruiken wij om de spanning te meten?

2) Welke meter gebruiken wij om de stroomsterkte te meten?

3) Als wij de verwarmingsspiraal als een weerstand tekenen, hoe schakelen wij dan het geheel van spiraal, meters en stroombron? Maak een schema hiervan.

4) De stroombron moet voldoende vermogen leveren om de calorimeter + thermometer + water in 5-10 minuten enige graden C te verwarmen. (P is dan 2-20 W).
Let op de meters!

Verloop van de proef:

In uitgeschakelde toestand meten wij de begintemperatuur van de calorimeter met water T_b .

Tegelijkertijd schakelen wij de stroom in. Elke minuut lezen wij nu de temperatuur af en letten op of de spanning en de stroomsterkte nog gelijk zijn. Wij schrijven dit op in een tabel.

Vraag: 5) Waarom houden wij de spanning en de stroomsterkte bij?

Opgave: Maak aan het eind van de proef een grafiek van de temperatuur tegen de tijd en één van de elektrische energie tegen de temperatuur.

Schakel nadat de temperatuur duidelijk enige graden is gestegen de elektrische stroom uit en blijf de temperatuur nog doormeten, totdat deze lager wordt. De hoogste temperatuur is nu de eindtemperatuur T_e , ontstaan door energietoever.

Wij kunnen nu de warmtecapaciteit van het geheel uitrekenen.

Geleverde elektrische energie: $E_{el} = V \cdot I \cdot t$ Joule

De warmte (Q) voor het temperatuurverschil ($\Delta T = T_e - T_b$):

$$Q = C_{\text{cal + water}} \cdot (T_e - T_b) \text{ Joule.}$$

Omdat $E_{el} = Q$, is de warmtecapaciteit

$$C = \frac{E_{el}}{T_e - T_b}$$

Verklaar waarom.

Materiaal:

kalorimeter, 5 stroomdraden, volt- en ampèremeter, verwarmingsspiraal, thermometer, maatglas, water.

2.5.

Develstein College
P. Ruig, Develsingel 5, Zwijndrecht.

Indrukwekkende skripties!

2.6.

RSG Leeuwarden
G. Hanewald, Zaailand 104, Leeuwarden

VWO

2.6.1. Proef van Kundt.

We hebben met de proef van Kundt de mogelijkheid om voortplantingsnelheden van het geluid in verschillende stoffen (gassen en vaste stoffen) te bepalen. We klemmen de trillingsstaaf in het midden vast en doen het ene uiteinde, voorzien van een krukje (waarom?) in de golfbuis. Door de trillingsstaaf met een vochtig lapje in de lengterichting te wrijven, komt deze in staande trilling. Om resonantie te krijgen in de golfbuis, moeten we deze buis een klein beetje verschuiven (waarom?).

Bepaal de golflengte van het geluid in gas, door de afstand tussen een zo groot mogelijk aantal knopen te meten.

We voeren de proef eerst uit met lucht in de golfbuis en een glazen staaf. Vervolgens met een koperen staaf.

Daarna doen we voorzichtig uit een cilinder koolzuurgas in de golfbuis (het koolzuurgas enige tijd laten doorstromen). Doe dit laatste gedeelte van de proef alleen met de glazen trillingsstaaf. We voeren elke meting 2 keer uit!

Bereken met behulp van de formule van Laplace, de grootte van de voortplantingssnelheid van het geluid in lucht.

Deze formule luidt:

$$v_1 = \sqrt{k \cdot \frac{P}{s}} \quad \text{waarin:}$$

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \text{konstante van Laplace.}$$

Voor lucht is $k = 1,40$.

c_p = soortelijke warmte van lucht bij konstante volume.

s = soortelijke massa van lucht in kg/m^3 bij de heersende druk en temperatuur.

P = druk in N/m^2 .

Daar alleen de soortelijke massa's bij 0° en 76 cm kwikdruk bekend zijn, moeten we de s berekenen bij de heersende temperatuur (ook aflezen).

Leid hiervoor de volgende formule af:

$$s = s_n \cdot \frac{P}{76} \cdot \frac{273}{T}$$

Bereken verder uit de golflengte en de voortplantingssnelheid van het geluid in lucht, de voortplantingssnelheid van het geluid in de glazen en koperen trillingsstaaf. Met de formule voor de voortplantingssnelheid van lopende longitudinale trillingen in een vaste stof, bepalen we de elasticiteitsmodulus van glas en koper.

$$v = \sqrt{\frac{E}{s}} \quad \text{waarin: } E = \text{elasticiteitsmodulus in } \text{N/m}^2.$$

s = soortelijke massa van het materiaal.

Uit de gevonden frequentie van de glazen trillingsstaaf, berekenen we m.b.v. de golflengte van het geluid in koolzuurgas, de snelheid van het geluid in koolzuurgas.

2.6.2. Kondensatiewarmte van stoom.

We bepalen de kondensatiewarmte van stoom bij de heersende barometerstand. Hiertoe vullen we de calorimeter (warmtecapaciteit = $70 \text{ J/}^\circ\text{C}$) voor ongeveer $2/3$ gedeelte met water. Zorg ervoor, dat de begintemperatuur ongeveer 4°C onder de kamertemperatuur ligt, vanwege de te verwachten temperatuurstijging (dit in het verslag toelichten).

Bepaal de massa van de ingebrachte hoeveelheid water tot op $0,1$ gram nauwkeurig. Voer daarna de stoom, die in een kookkolf met kooksteentjes erin, ontstaan is, via een kondensaatvanger in de calorimeter. Leid deze stoom zolang toe, totdat de temperatuur ongeveer 4°C boven kamertemperatuur is.

Na het verbreken van de stoomtoevoer en na het roeren, wordt de eindtemperatuur bepaald. Uit weging moet men de massa van de toegevoerde stoom bepalen.

Pas op, dat je nooit de gasvlam onder de kolf vandaan haalt na een proef, voordat de stoomleiding is losgekoppeld van de calorimeter. Verklaar in het verslag wat er gebeurt als je het wel doet.

Voer de proef 2 keer uit.

Geef een foutenberekening.

2.6.3. De bepaling van de soortelijke warmte van metaalkorrels.

We bepalen de soortelijke warmte van metaalkorrels met een mengkalorimeter (warmtecapaciteit $100 \text{ J/}^\circ\text{C}$). We vullen de calorimeter voor ongeveer $1/4$ deel met water. Kies vanwege de te verwachten temperatuurstijging de begintemperatuur ongeveer 2°C onder de kamertemperatuur. Motiveer de reden hiervan in het verslag.

Deze hoeveelheid wordt door weging met een balans tot op $0,1$ gram nauwkeurig bepaald. Waarom is bij een grotere hoeveelheid water de temperatuurstijging te gering?

De metaalkorrels worden tot ca. 100°C verhit in een speciale verwarmingsketel en vervolgens in de gedeeltelijk met water gevulde calorimeter gedaan. Even voordat men de metaalkorrels in de calorimeter doet, de begintemperatuur tot op $0,1^\circ\text{C}$ nauwkeurig bepalen. Na aflezing van de eindtemperatuur van het geheel, kan men de soortelijke warmte van de metaalkorrels bepalen.

Doe de proef 2 keer en geef een foutenberekening.

2.6.4. IJking van een ampèremeter m.b.v. een coulombmeter.

Schakel de coulombmeter in serie met een ampèremeter, een schuifweerstand en een schakelaar, en sluit deze aan op een spanningsbron. Laat de schakeling controleren, alvorens deze aan te sluiten.

Voor het instellen op de juiste stroomsterkte (2 en $2\frac{1}{2}$ ampère) gebruiken we in de coulombmeter een hulpkathode.

Een andere plaat (kathode) wordt eerst geschuurd, daarna schoongespoeld met gedestilleerd water en vervolgens m.b.v. alcohol droog gebrand. We bepalen nu de massa van deze plaat tot op 1 mgram nauwkeurig. Plaats deze gewogen plaat in de ingestelde coulombmeter als kathode en laat 10 minuten de stroom er doorlopen.

Na de stroomdoorgang spoelen we de kathode voorzichtig met gedestilleerd water en drogen hem wederom m.b.v. alcohol.

Bepaal daarna weer de massa van de plaat. Uit de massatoename van de plaat bepalen we de werkelijke stroomsterkte in het circuit. In het verslag duidelijk laten zien, welke reacties er optreden bij de kathode en anode en hoe we uit het bovenstaande de stroomsterkte moeten berekenen.

We kunnen nu de aanwijzing van de ampèremeter, die gedurende de proef konstant gehouden moet worden, vergelijken met de stroomsterkte die gevonden is uit de massatoename van de kathode.

Bereken bij de foutendiskussie de maximale fout in de werkelijke stroomsterkte en vergelijk dit met de afgelezen waarde op de meter, rekening houdend met de afleesfout hierin. Leg uit of de meter een miswijzing heeft en zo ja, hoe groot deze maximaal en minimaal is.

2.6.5. Bepaling van de temperatuurscoëfficiënt van een elektrische weerstand.

Bij deze proef bepalen we de temperatuurscoëfficiënt van een draadgewonden weerstand. Gebruik bij deze proef het volgende schakelschema. Als bekende weerstand een weerstand van 150 Ohm (fout 1 %); als onbekende weerstand de draadgewonden weerstand, die in een oliebadje zit dat in zijn geheel in een bekeerglas met water staat. De ampèremeter behoeft niet te worden beveiligd met een beschermweerstand.

Maak de schakeling; laat deze eerst controleren alvorens de spanning aan te sluiten. Laat het schuifkontakt tijdens het verschuiven niet over de draad glijden.

Verwarm nu het oliebadje in het bekeerglas met water geleidelijk van kamertemperatuur tot 95°C. Bij 5 temperatuurwaarden gaan we de "brug" in de schakeling stroomloos maken en de stand van het schuifkontakt aflezen. Denk erom, dat tijdens het instellen van de "brug" de temperatuur van de olie niet oploopt (Bunsenbrander onder het bekeerglas weghalen). Bereken uit deze waarneming de waarde van de onbekende weerstand. Zet de weerstand van de draadgewonden weerstand als functie van de temperatuur uit in een grafiek. Bepaal uit deze grafiek de temperatuurscoëfficiënt en maak een foutenberekening.

2.6.6. Bepaling van de versnelling van de zwaartekracht.

We voeren deze proef uit met een vertikaal opgestelde schroefveer, die we met verschillende massa's belasten. We laten deze veer met belasting vertikaal trillen en nemen aan, dat een dergelijk systeem dan een zuivere harmonische trilling uitvoert.

Leid in het verslag af, dat de trillingstijd (T) dan gelijk is aan:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{S}}$$

m = trillende massa, d.w.z. de belastende massa vermeerderd met 1/3 van de massa van de schroefveer.

S = veerconstante.

We bepalen de veerconstante (S) door de uitrekking van de veer (u) te meten, bij 10 verschillende belastingen. Door nu in een grafiek u tegen de belasting uit te zetten, kunnen we uit de helling van de grafiek S berekenen.

Bepaal verder bij 3 belastingen, uit 100 trillingen, de trillingstijd (waarom zoveel trillingen?).

Voer elk van deze 3 metingen 2 keer uit. Bereken bij elk van deze 3 belastingen de versnelling van de zwaartekracht. De gemiddelde waarde hiervan is dan de gevonden zwaartekracht.

Geef een foutenberekening die ten dele grafisch moet zijn.

2.6.7. Lenzenproef.

1. Bepaling van de brandpuntsafstand van de positieve lens.

- a) We doen dit door invullen van de lenzenformule. Neem als voorwerp een glaasje, dat we met een lamp beschijnen. Bepaal bij 3 verschillende voorwerpsafstanden de bijbehorende beeldsafstand. Leg in het verslag uit, dat bij een konstante afstand tussen voorwerp en scherm de lens op 2 plaatsen gezet kan worden, opdat er een scherp beeld ontstaat (kontroleer dit door meting). Geef hiervan een konstruktietekening.
- b) We doen dit d.m.v. rechtstreekse meting. Neem als voorwerp de verlichte naald. Plaats nu achter de positieve lens een vlakke spiegel en ontwerp van de verlichte naald een even groot omgekeerd reëel beeld in hetzelfde verikale vlak als het voorwerp. Leg in het verslag uit, aan de hand van een konstruktie, hoe we hieruit de brandpuntsafstand kunnen opmeten. Maakt het ook iets uit hoever de vlakke spiegel achter de lens staat? Bereken uit bovenstaande de brandpuntsafstand van de positieve lens.

2. Bepaling van de brandpuntsafstand van de negatieve lens.

- a) We doen dit door invullen van de lenzenformule. Neem als voorwerp de verlichte pijl. We ontwerpen met de positieve lens een reëel beeld. Plaats nu de negatieve lens tussen dit beeld en de positieve lens. Van het reële beeld, dat nu virtueel voorwerp voor de negatieve lens is geworden, ontwerpen we een reëel beeld. Meet zo weinig mogelijk afstanden op, om de brandpuntsafstand te kunnen berekenen. Waarom? Maak in het verslag, aan de hand van een konstruktie, duidelijk hoe de stralengang is. Voer de meting bij 3 verschillende voorwerpsafstanden van de negatieve lens uit.
- b) We doen dit d.m.v. rechtstreekse meting. Neem als voorwerp de verlichte naald. Ontwerp met de positieve lens een beeld op het scherm. Plaats daarna de negatieve lens en de vlakke spiegel tussen de positieve lens en het scherm en schuif dit zo lang heen en weer, tot in het vertikale vlak van het voorwerp een even groot reëel beeld ontstaat. Bepaal uit bovenstaande de brandpuntsafstand van de negatieve lens. Geen foutenberekening.

2.6.8. De kogelbaan.

Een gebogen plastic buis wordt gebruikt om de baan te onderzoeken, die een horizontaal afgeschoten kogel volgt.

De opstelling is volgens onderstaand figuur.

Het korte stuk buis wordt m.b.v. een waterpas zuiver horizontaal gesteld. Door bovenin de buis kogels los te laten, wordt bereikt dat deze alle dezelfde buis met dezelfde snelheid verlaten, ongeacht de massa van de kogel (waarom?). De kogels komen op het carbonpapier en geven een afdruk op het ondergelegen witte papier.

Stel de buis in op een valhoogte (h) van 7,5 cm en laat een kogeltje boven in de buis los. Herhaal de proef 3 keer.

Meet de horizontaal afgelegde weg s . Neem voor de "juiste" waarde van s , het gemiddelde van de drie waarden. Het verdient aanbeveling om op het witte papier lijnen te tekenen, die een horizontale verplaatsing van 10, 20, 30, enz. cm aangeven.

Herhaal de proef voor andere waarden van de valhoogte h .

Neem voor h : 15, $22\frac{1}{2}$, 30 enz. tot 60 cm.

Bereken bij elke proef de valtijd. Noteer deze valtijd samen met de gemeten valhoogte en de "juiste" horizontale weg in een tabel.

Teken het $s - t$ diagram. Welke konklusie volgt uit het diagram?

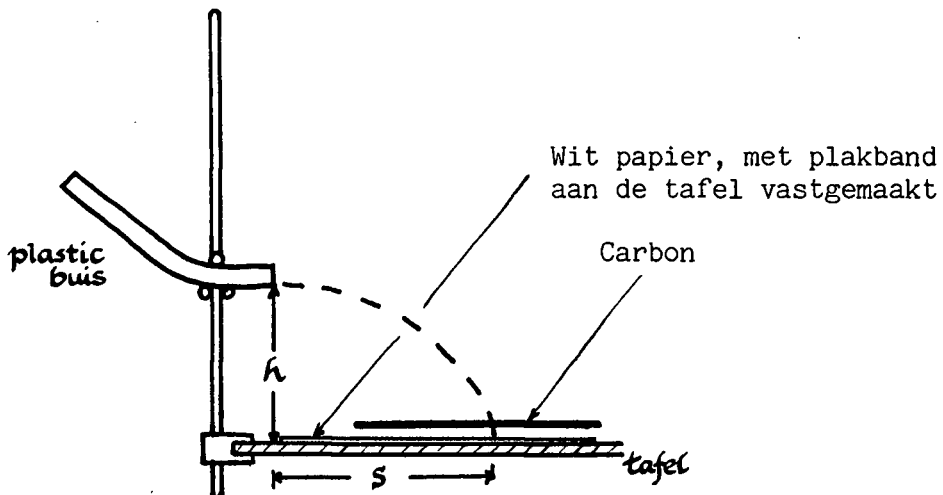
Teken de kogelbaan als de kogel de grootste valhoogte heeft

(schaal 1 : 5). Horizontaal s en vertikaal naar beneden h uitzetten. Leid uit de metingen en uit de diagrammen de snelheid van

de kogel af, bij het verlaten van de buis.

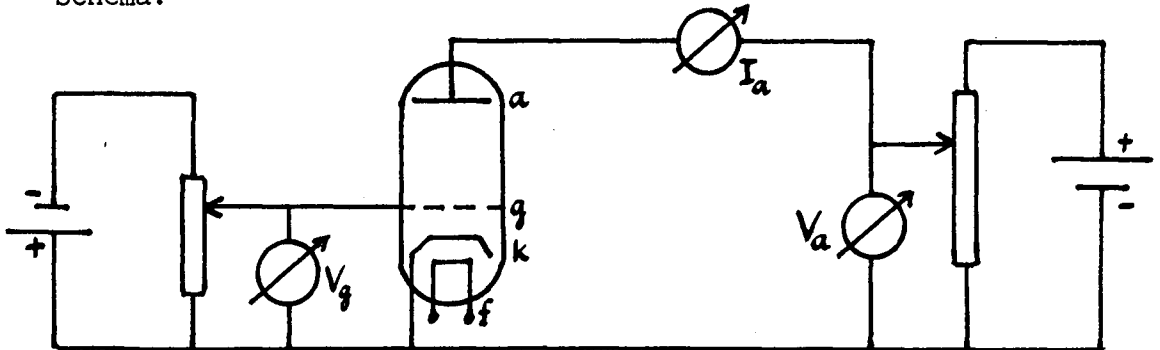
Herhaal de hele proef met de andere buis.

Geen foutenberekening.



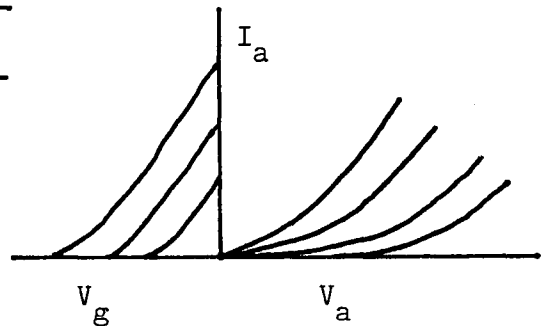
2.6.9. Triode.

Bij deze proef meten we karakteristieken op en bepalen de steilheid, inwendige weerstand en versterkingsfaktor van een buis in een bepaald werkpunt. We kunnen de anodestroom I_a beïnvloeden door de anodespanning V_a en de roosterspanning V_g te variëren. Hiervoor bouwen we de volgende schakeling op volgens onderstaand schema.



Bepaal nu de waarden van I_a bij verschillende anodespanningen (oplopende van 0-160 Volt, met stappen van 20 Volt) en bij een vaste roosterspanning. Neem voor V_g achtereenvolgens -0,2; -0,6; -1; 0; -1,5; -2,0; -2,5; -3,0; -3,5; -4,0 Volt. Zet de gevonden resultaten in een schema en maak hieruit de $I_a - V_a$ en $I_a - V_g$ karakteristieken. Deze laatsten bij $V_a = 60, 80, 100, 120$ Volt.

$V_g \backslash V_a$	0	20	40	60
-0,2				
-0,6				
...				
...				



Waarom meten we de I_a waarden niet op bij konstante anodespanning en variabel roosterspanning? De beide grafieken geven de nodige informatie over de buis. Men gebruikt echter vaak de volgende grootheden, om de eigenschappen van de triode aan te geven.

a) de steilheid $S = \left[\frac{\partial I_a}{\partial V_g} \right]_{V_a = \text{konst.}}$ uitgedrukt in mA/V

Deze grootheid geeft aan, de mate van beïnvloeding van de anodestroom I_a door de roosterspanning V_g , als de anodespanning V_a konstant blijft en is o.a. afhankelijk van de afstand van het rooster.

b) de versterkingsfaktor $\mu = \left[\frac{\partial V_a}{\partial V_g} \right]_{I_a = \text{konst.}}$ dimensieloos

Deze grootheid geeft aan hoeveel maal zo groot de invloed van de roosterspanning op de anodestroom is als de anodespanning. Dit hangt o.a. af van de afstanden tussen rooster, anode en kathode.

c) de inwendige weerstand $R_i = \left(\frac{\partial V_a}{\partial I_a} \right)_{V_g = \text{konst.}}$ uitgedrukt in Ohm

Deze grootheid geeft de verandering van de I_a als bij konstante roosterspanning de anodespanning wordt gevarieerd. In tegenstelling tot de gewone weerstand hangt R_i af van de grootte van I_a (hetzelfde geldt voor u en S).

Bovengenoemde karakteristieke grootheden bepaalt men dan ook in een bepaald werkpunt. Neem hier het punt $I_a = 7$ mA en $V_g = 1,5$ Volt. Bij deze bepaling mag men de volgende benadering gebruiken:

$$\frac{\partial I_a}{\partial V_g} = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$$

We vinden de steilheid en de inwendige weerstand m.b.v. de richtingscoëfficiënt van de raaklijn in het werkpunt. De versterkingsfactor verkrijgt men door bij konstante I_a na te gaan met welke waarde delta V_g overeenkomt met delta V_a .

Ter controle kunnen we gebruik maken van de stelling van Barkhausen, die zegt dat $R_i \cdot S = \mu$ (voor een bepaald werkpunt.)

2.7.

Carolus Borromeus College
W.P.A.G. Ottevanger c.s., Mierloseweg 7, Helmond.

VWO

2.7.1. VWO

Je moet 5 proeven uitvoeren. De start van elk der proeven is ieder heel kwartier. 12 Minuten na het begin van de proef wordt een signaal gegeven. Je voltooit dan de handeling waarmee je bezig was en herstelt de opstelling in de oorspronkelijke staat. Drie minuten later wordt weer een signaal gegeven. Je schuift dan op naar de volgende proef. Alle meetresultaten worden op dit stencil genoteerd.

Proef 1.

Je ziet op je tafel een elektrische schakeling waarin opgenomen: 2 Voltmeters, 2 A-meters en 3 fietslampjes met de fabrieksgegevens er groot naast geschreven.

- a) De banaansteker, gemerkt met een pijl is NIET aangesloten. Maak de spanning uit de schuifweerstand 9,0 V.

Lees af: $V_1 = 9,0 \text{ V}$

$V_2 = \dots\dots\dots$

$A_1 = \dots\dots\dots$

$A_2 = \dots\dots\dots$

Omcirkel het juiste: L_1 brandtNIET ZWAK STERK
 L_2 brandtNIET ZWAK STERK
 L_3 brandtNIET ZWAK STERK

- b) Sluit de banaansteker met de pijl NU WEL aan.

Lees af: $V_1 = 9,0 \text{ V}$ (Stel dit opnieuw in)

$V_2 = \dots\dots\dots$

$A_1 = \dots\dots\dots$

$A_2 = \dots\dots\dots$

Omcirkel het juiste: L_1 brandtZWAKKER..EVEN STERK..
STERKER dan bij a)
 L_2 brandtZWAKKER..EVEN STERK..
STERKER dan bij a)
 L_3 brandtZWAKKER..EVEN STERK..
STERKER dan bij a)

- c) Neem de fabrieksgegevens van de lampjes over

L_1 :

L_2 :

L_3 :

- d) Neem het elektrische schakelschema hieronder over.
Als hiervoor tijd of vaardigheid ontbreekt, kun je het schema van ons krijgen (met puntenreductie).

Proef 2

Een perspex balkje is aan een verticale strip bevestigd. Het balkje kan om een evenwichtsstand trillen. Houd de uitwijkingen steeds ZEER KLEIN.

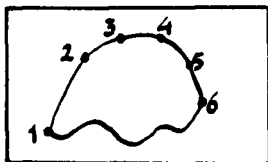
- a) De lengte van de balk bedraagt
De dikte is
De hoogte is
De afstand van het midden tot de ophanghaakjes is
- b) Bevestig links en rechts een gewicht van 50 g aan de balk. Bepaal de trillingstijd. Doe datzelfde voor meer gewichten (onder elkaar hangen).
- | | |
|------------------------|-------------|
| Met 1 gewicht l. en r. | T = |
| Met 2 gew. | " T = |
| Met 3 gew. | " T = |
| Met 4 gew. | " T = |
| Met 5 gew. | " T = |
- c) Schets de opstelling hieronder.

Proef 3.

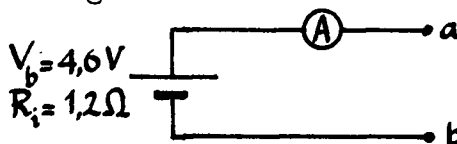
Onder de plank bevindt zich een lus van metaaldraad. Vanaf 6 punten is verbinding naar buiten gemaakt.

De afstanden tussen de punten zijn

tussen 1 en 2	40 cm
2 en 3	20 cm
3 en 4	20 cm
4 en 5	20 cm
5 en 6	20 cm
6 en 1	onbekend.



- a) Maak de volgende schakeling



- b) Verbind de punten a en b met de volgende tweetallen punten op de plank.
- | | |
|--------|----------------------------|
| 1 en 2 | je vindt dan dat I = |
| 1 en 3 | I = |
| 1 en 4 | I = |
| 1 en 5 | I = |
| 1 en 6 | I = |

Proef 4.

Op tafel ligt een vel millimeterpapier met daarop een glazen staaf. Kijk vanaf 30 cm door de staaf loodrecht op het papier.

- a) Wat is er te zien?
- b) De diameter van de staaf is
- c) Leg de staaf evenwijdig aan de dwarslijntjes van het millimeter. Kijk zo door het glas dat je minstens 2 millimeterlijntjes ziet, in de lengterichting van de staaf. Verleng deze lijntjes buiten de staaf met een pen. Vergelijk de afstand tussen de lijntjes met de werkelijke afstand.
De vergroting bedraagt
- d) Neem je staaf in de hand en kijk erdoor naar dit stencil.
Kijk bij verschillende afstanden tot het papier.
Wat zag je?

Proef 5.

Een stalen kogel kan over de gebogen rail rollen, waarna hij deze horizontaal verlaat en terech op een lager gelegen stuk carbonpapier. Bij het neerkomen op het eronder gelegen millimeterpapier een zwarte stip.

- a) Meet de hoogte van de onderkant van de goot boven de tafel
- b) Plak je grafiekpapier vast.
- c) Merk het punt loodrecht onder het uiteinde van de goot op het papier.
- d) Leg carbonpapier op het millimeterpapier.
- e) Laat de kogel bij de merktekens 1, 2 en 3 op de goot los, telkens een paar keer. Vang de kogel na 1 keer stuiten meteen op.
- f) Meet de hoogtes van de merktekens boven het uiteinde van de goot
 $h_1 = \dots\dots\dots$
 $h_2 = \dots\dots\dots$
 $h_3 = \dots\dots\dots$
- g) Meet de bijbehorende horizontale afgelegde afstanden d.
d is de hor.afstand tussen het uiteinde van de goot en de plaats van neerkomen.
 $d_1 = \dots\dots\dots$
 $d_2 = \dots\dots\dots$
 $d_3 = \dots\dots\dots$

VERSLAG

Proef 1.

1. Maak een duidelijke, overzichtelijke tekening van het schakelschema van de opstelling.
2. Bereken de weerstand van de lampjes uit de fabrieksgegevens.
3. Maak een overzicht van de meetgegevens.
4. Bereken de weerstand van de lampjes uit de metingen bij b.
5. Vergelijk deze weerstanden met de uit de fabrieksgegevens berekende weerstanden. Bespreek eventuele verschillen.
6. Verklaar de veranderingen van de aanwijzingen van meters V_2 , A_1 en A_2 bij het aansluiten van de gemerkte banaanstekker.
7. Verklaar de waargenomen lampsterkten bij a.
8. Verklaar de veranderingen van de lampsterkten die bij b staan genoteerd.

Proef 2.

1. Maak een tekening van de opstelling.
2. Hoe werd T bepaald?
3. Beschouw de gewichten als puntmassa's op de gemeten afstand R van de draaias. Maak een tabel van 3 kolommen. In de eerste het aantal gebruikte gewichten, in de tweede de bijbehorende trillingstijd en in de derde het berekende traagheidsmoment van de opgehangen gewichten, t.o.v. de draaias.
4. Maak een grafiek van T^2 als functie van het traagheidsmoment van de gewichten.
5. Wat is de fysische betekenis van het snijpunt van de grafiek door de meetpunten met de verticale as?
6. Wat is de fysische betekenis van het snijpunt van de grafiek met de horizontale as?
7. Bepaal het traagheidsmoment van het balkje (zonder de gewichten) uit de grafiek.
8. De soortelijke massa van perspex is $1,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Bereken volume en massa van het balkje.
9. Bereken uit deze massa het traagheidsmoment van het balkje.
10. Zijn de op 2 manieren berekende J's met elkaar in overeenstemming? Betrek in je antwoord een schatting van de fout van beide bepalingen.

Proef 3.

1. Maak een tekening van de opstelling.
2. Maak een tabel van de waarnemingen.
3. Bereken de weerstandswaarden behorend bij de waarnemingen bij b.
4. Maak een grafiek van de weerstand als functie van de afstand tussen punt 1 en punt n. $n = 1, 2, 3, 4, 5$ resp. 6.
5. Geef een verklaring voor het verloop van de grafiek.
6. Bepaal uit de grafiek de lengte van het onbekende stuk tussen 6 en 1.

Proef 4.

1. Maak een tekening van de opstelling.
2. Waarom gaan stralen door het middelpunt van de staaf ongebroken verder?
3. Waar bevindt zich het optisch middelpunt van de staaf lens?

4. Hoe groot is de voorwerpsafstand bij meting c?
5. Hoe groot is de vergroting die bij c is waargenomen.
6. Bepaal de beeldafstand bij c.
7. Bereken de brandpuntsafstand zo nauwkeurig mogelijk.
8. Verklaar de waarnemingen bij d.

Proef 5.

1. Maak een tekening van de opstelling.
2. Breng de meetresultaten van f en g in een tabel.
3. Maak een grafiek van d als functie van h .
4. Geef een theoretische verklaring van de vorm van de grafiek. Verwaarloos daarbij de invloed van de wrijving en van het traagheidsmoment van de kogel.
5. Maak nu een grafiek van d^2 als functie van h .
6. Bepaal hieruit de valtijd van de kogel.
7. Wat is de systematische invloed van de rotatie van de kogel op de bepaling van de valtijd?

2.7.2. HAVO

Proef 1.

Voor je zie je een bekende proef:

Opstelling:



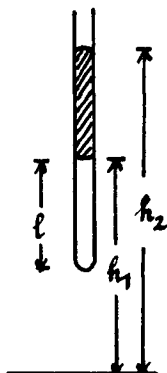
De Wet Van Boyle

De opstelling bestaat uit een dunne buis met daarin een kwikdraad. Deze kwikdraad sluit een hoeveelheid lucht af.







Uitvoering:

Met behulp van deze opstelling bepaal je de druk p en het Volume V van een afgesloten hoeveelheid lucht. In plaats van het volume kun je ook de lengte l van de afgesloten luchtkolom bepalen. De druk van het afgesloten luchtkolom wordt bepaald door de luchtdruk en de druk van de kwikdraad.

Metingen:



- a) Lees de barometerstand af. Noteer deze in onderstaande tabel.
- b) Plaats de buis in verticale stand. Bepaal de lengte van de afgesloten hoeveelheid lucht en meet de afstand h_1 van onderkant kwikdraad tot tafel en de afstand h_2 van bovenkant kwikdraad tot tafel. Noteer deze metingen ook in de tabel.
- c) Doe dit voor verschillende standen van de buis en noteer de metingen in volgende tabel.

	stand	l (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

b = cm
kwikdruk

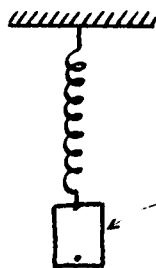
Proef 2.

De Harmonische Trilling

Inleiding:

In deze proef gebruik je de harmonisch trillende veer om een onbekende massa m te bepalen.

Opstelling:



Aan een veer is een onbekende massa m vastgemaakt. Aan deze onbekende massa m kun je bekende massa's van 50 gram hangen.

onbekende massa m .

Uitvoering:

Bepaal de trillingstijd T van de veer met onbekende massa m door de tijdsduur te meten die nodig is voor 20 trillingen.

Bevestig nu aan de onbekende massa een massa van 50 gram (blokje) en doe de meting opnieuw, enz.

Noteer in onderstaande tabel alle gegevens.

MASSA AAN VEER (g)	20 T (sek)
onbekend	
+ 50 g	
+ 100 g	
+ 150 g	
+ 200 g	
+ 250 g	

Proef 3.

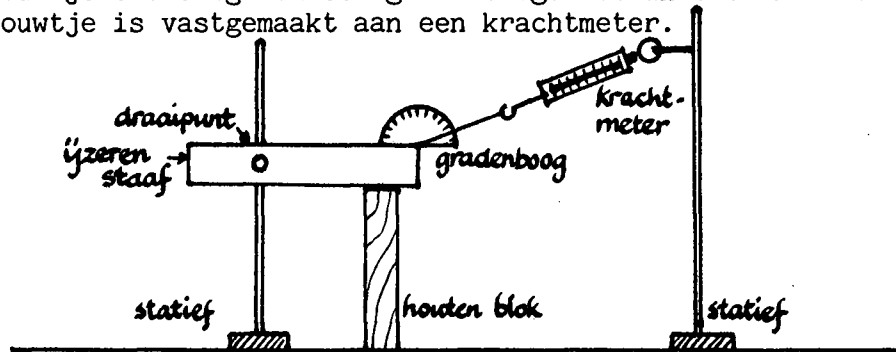
Evenwicht

Inleiding:

In deze proef meet je de kracht die nodig is om een ijzeren staaf horizontaal in evenwicht te houden.

Uitvoering:

Een ijzeren staaf met een massa van 300 gram is niet in het midden opgehangen. Zie tekening. Aan het uiteinde van de staaf is een touwtje bevestigd en een gradenboog. Het andere einde van het touwtje is vastgemaakt aan een krachtmeter.



Om nauwkeurige metingen mogelijk te maken staat bij de opstelling een houten blokje dat je kunt gebruiken om te controleren of de ijzeren staaf horizontaal is. Met behulp van het statief waarin de krachtmeter zit, kun je de hoek veranderen waarmee het touwtje aan de ijzeren staaf trekt. Op de krachtmeter kun je dan de kracht aflezen die nodig is om de ijzeren staaf horizontaal in evenwicht te houden.

Opdracht:

Meet bij verschillende hoeken de kracht waarmee het touw aan de staaf trekt.

Hoek (graden)	Kracht (Newton)
90	
80	
70	
60	
50	
45	

XX De hoek wordt gemeten tussen de richting van het touw en de horizon.

XX Let op dat het touw en de meter in één lijn werken. Zie tekening.

Proef 4.

Bepaling brandpuntsafstand + antwoordvel.

Proef 5.

Elektrische schakelingen + antwoordvel.

VERSLAG Antwoorden op dit stencil.

Je krijgt in het algemeen voorgedrukte grafieken. Zet hier steeds zelf eenheden en zo nodig getallen langs de as.

Proef 1.

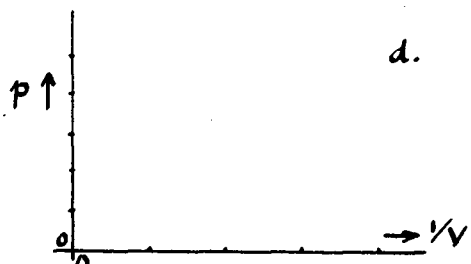
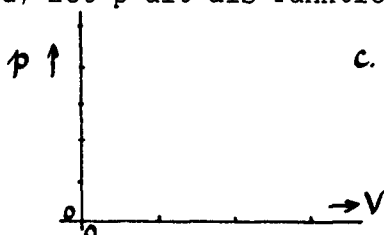
a) Vul de volgende tabel in:

stand nr.	L	h_1	h_2	b	p (afgesloten gas)	p.L
1						
2						
3						
4						
5						
6						

b) Is aan de wet van Boyle voldaan?

c) Zet p uit als functie van het volume van de lucht (doorsnee = $A \text{ cm}^2$)

d) Zet p uit als functie van $1/V$.



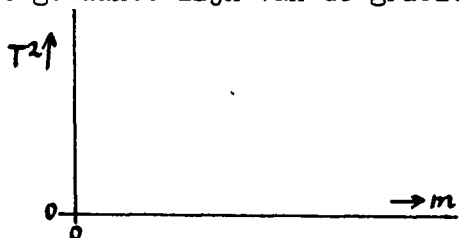
e) Welke van de 2 grafieken is het best bruikbaar voor de controle van de wet van Boyle?

f) Geef in grafiek d met een stippellijn aan, hoe deze grafiek zou hebben gelopen, als de grafiek bij een konstante hogere temperatuur zou zijn uitgevoerd.

Proef 2.

Voor trillingen geldt de formule $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$

Hoe zou op basis van deze formule de gedaante zijn van de grafiek van T^2 uitgezet tegen m?

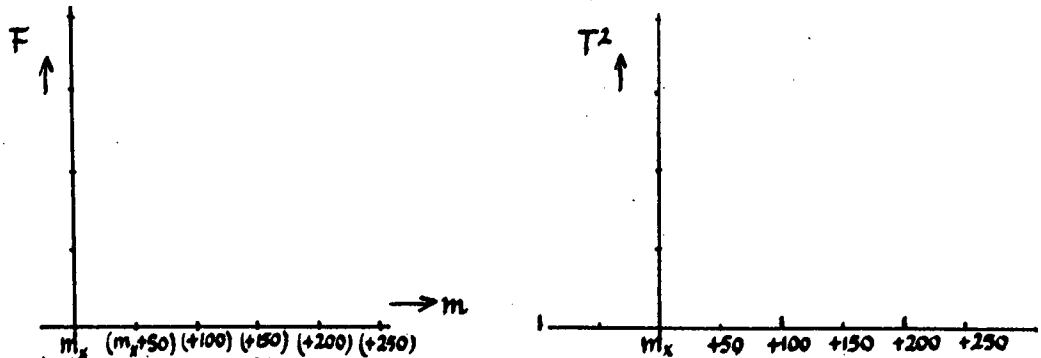


a) Vul de volgende tabel in. De onbekende massa noemen we m_x .

Massa	20 T	T	T^2
m_x			
$m_x + 50 \text{ g}$			
$m_x + 100 \text{ g}$			
$m_x + 150 \text{ g}$			
$m_x + 200 \text{ g}$			
$m_x + 250 \text{ g}$			

b) Maak een grafiek van T als functie van de extra massa van de veer.

c) Maak een grafiek van T^2 als functie van de extra massa.



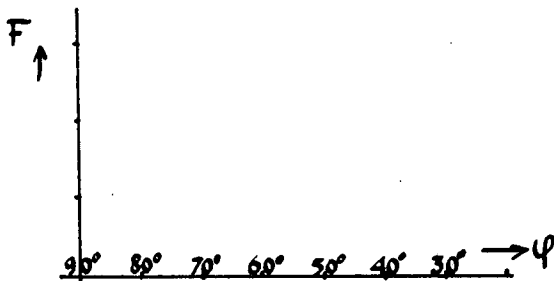
d) Trek de grafiek van c) door totdat die de horizontale as snijdt.

e) Hoe groot is m_x ? $m_x = \dots\dots\dots$

Toelichting op de gevolgde methode:

Proef 3.

a) Maak een grafiek van de gemeten kracht F als functie van hoek φ .



b) Waarom verandert F als φ verandert?

c) Bereken de theoretische kracht, als $\varphi = 90^\circ$.

Gegevens: De balk heeft een lengte van 30,0 cm.

Het gat, waardoor de ophangpin steekt, bevindt zich op 9,4 cm van het linkeruiteinde. De balk heeft een massa van 300 g.

d) Bereken de theoretische kracht, als $\varphi = 60^\circ$.

e) Vergelijk de gemeten en berekende waarden.

Voor verdere voorbeelden zie 2.20.

2.8.

RSG Petrus Hondius
Mevr. W.A. Albada, Zuidlandstraat 113, Terneuzen.

2.8.1. Bovenbouwpraktikum en tentamen.

VWO

De leerlingen doen in de loop van de 4e, 5e en 6e klas enkele tientallen proeven van een lesuur. Hiervan wordt in de loop van de daarop volgende week een verslag geschreven.

De proeven beogen:

- a) Het vinden van een relatie, grafisch of formeel tussen twee gemeten grootheden (zie proef magneetveld van een spoel).
- b) Het verkrijgen van enige experimentele vaardigheid en het toepassen van de theorie (zie proef meting weerstand van een stroommeter).
- c) Het bepalen van een grootte, evt. met een standaardproef, met een redelijke nauwkeurigheid (bijv. proef van Kundt voor de bepaling van de snelheid van geluid in glas).

Bij a) is het mogelijk dat de relatie vantevoren niet aan de leerlingen bekend is. Vaak is echter met de al bekende theorie de relatie af te leiden. De leerling wordt dan gevraagd in zijn verslag na te gaan of de door hem gevonden relatie overeen komt met de theoretisch afgeleide.

De leerling maakt bij alle proeven een schatting van de meeton nauwkeurigheden en verwerkt deze zo ver als mogelijk is.

De leerling is vrij en wordt aangemoedigd de proef te verbeteren, er variaties op aan te brengen of evt. te vervangen door een betere.

De proeven worden uitgevoerd met demonstratieapparatuur en eenvoudige zelf gemaakte apparaten. Van de proeven is elk exemplaar slechts in enkelvoud aanwezig. In een roulatiesysteem worden de proeven door groepjes van twee leerlingen uitgevoerd. Om de beurt schrijven de leerlingen het verslag.

Op het schoolexamen moeten de leerlingen twee maal een proef uitvoeren en daarbij een aantal vragen beantwoorden naar aanleiding van de proef. Dit in een tijdsbestek van 3 uren. (Het derde tentamen is geheel theoretisch). Tot nu toe is het gelukt hiervoor proeven te bedenken, die de leerlingen niet eerder hadden gezien en die in een aantal aanwezig konden zijn gelijk aan de halve klassegrootte, zodat iedere leerling, individueel dezelfde proef kreeg en deze 3 uren lang tot zijn beschikking had. De klas werd daarbij gesplitst in twee helften, die elkaar opvolgen. (Maximale klassegrootte tot nu toe 24). De opdrachten op het tentamen zijn meer gericht dan tijdens het praktikum. De redenen hiervoor zijn:

- a) Vergemakkelijken van de beoordeling, want iedereen moet echt hetzelfde doen.
- b) De leerling en wel de betere tegen zichzelf te beschermen.
Er zijn veel enthousiaste leerlingen geweest die een praktikumproef hebben uitgebreid, zowel praktisch als theoretisch tot een heel onderzoek. Dit kan niet in een tijdsbestek van drie uren, vandaar de afbakening.

Op de praktische tentamens kan de leerling 50 % verdienen met het praktische deel en 50 % met het theoretische deel. De scheiding ligt vrij willekeurig. Daar het derde tentamen geheel theoretisch is, telt het praktikum voor 1/3.

HAVO

De Havo-leerlingen voeren in de bovenbouw ook proeven uit van maximaal een lesuur, via het roulatiesysteem. De proeven zijn vaak eenvoudiger dan die van het VWO. Er moet wel nauwkeurig worden gemeten maar naar de verwerking van de meetonnauwkeurigheden wordt niet gekeken.

De Havo-leerlingen hebben moeilijkheden met het theoretisch interpreteren van metingen, met het opzoeken van de passende theorie, het tonen van initiatief en het schrijven van verslagen (vergeleken met VWO-leerlingen).

Gevolg: de leerlingen voeren kleine proeven uit aan de hand van strakke richtlijnen.

Tentamen: Door de geringe diepgang kunnen in 3 uren gemakkelijk twee proeven worden uitgevoerd. Dit is slechts een keer gedaan. De klas was gesplitst in twee helften, de ene helft begon met proef 1, de andere helft met proef 2. Na 1,5 uur wisselen. De beide andere tentamens zijn theoretisch, zodat ook hier het praktikum voor 1/3 geldt.

2.8.2. Schoolonderzoek VWO : Meting weerstand van een stroommeter.

Praktisch deel

Een aantal proeven wordt uitgevoerd met de volgende apparatuur:

spanningskastje, stand 1

zwarte meter, gebied 50 mA

witte meter, gebied 140 mA

een weerstand met een gegeven waarde.

Deze weerstand is te regelen en te gebruiken als spanningsdeler.

De weerstand van een deel is evenredig met de lengte van dat deel.

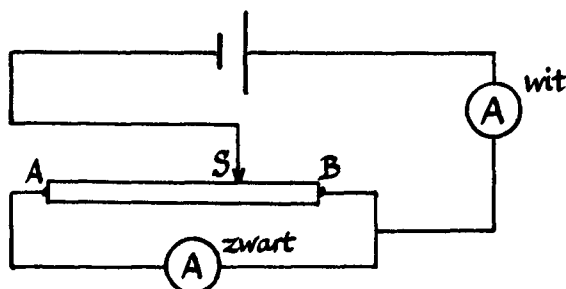
Op de weerstand is een schaalverdeling (mm) geplakt.

Laat een schakeling voordat hij wordt aangesloten, controleren.

Kontrolle wordt alleen uitgevoerd voor het behoud van de meters; goedkeuring is dus geen garantie voor een juiste schakeling.

Gevraagde en geboden hulp bij het maken van een schakeling kost punten.

1. Maak de volgende schakeling:



Schuif kontakt S en meet de stroom door beide meters als functie van SB.

Zet grafisch uit de stroom door elke meter als functie van de weerstand van SB.

Geef de nauwkeurigheid op waarmee de stromen zijn afgelezen.

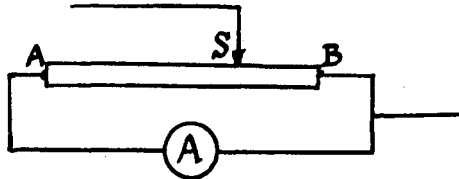
2. Verwissel de meters en voer opnieuw proef 1 uit. Teken weer de grafiek.

3. Verklaar het verloop van de stroom door de zwarte meter in proef 1 en de witte meter in proef 2.

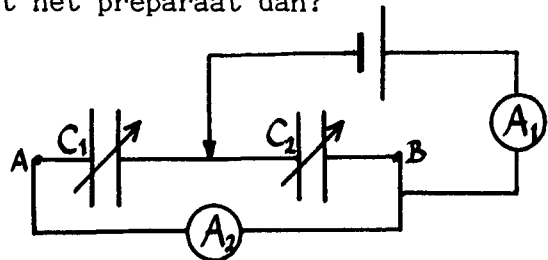
4. Idem voor de stroom door de witte meter in proef 1.
5. Idem voor de zwarte meter in 2.

Theoretisch deel

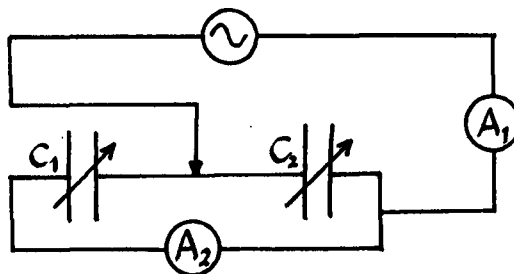
6. Toon aan dat de weerstand in het hieronder gegeven deel van de schakeling maximaal is als $R_{SB} = R_{SA} + R_{\text{meter}}$



7. Bereken nu de weerstand van de witte meter.
8. Stel dat je de weerstanden vervangt door plaatkondensatoren die variabel zijn. Dan loopt er geen stroom. Met behulp van één radioactief preparaat kan men stroom laten lopen door beide meters. Leg uit waar men het preparaat dan moet plaatsen. Bij een andere plaatsing loopt door één meter stroom. Door welke meter en waar staat het preparaat dan?



9. Stel dat men nu in plaats van de gelijkspanningsbron een wisselspanningsbron neemt in 8. Tussen A en B is de ohmse weerstand te verwaarlozen. De condensatoren worden zo ingesteld dat de som van de capaciteiten $C_1 + C_2$ konstant is. Hoe zien nu kwalitatief de grafieken van de stromen door de meters 1 en 2 er uit als functie van de waarde van C_2 , als je mag aannemen dat de weerstand van meter 2 te verwaarlozen is. In welk deel van de grafiek is deze aanname niet gerechtvaardigd? Motiveer steeds je antwoord.

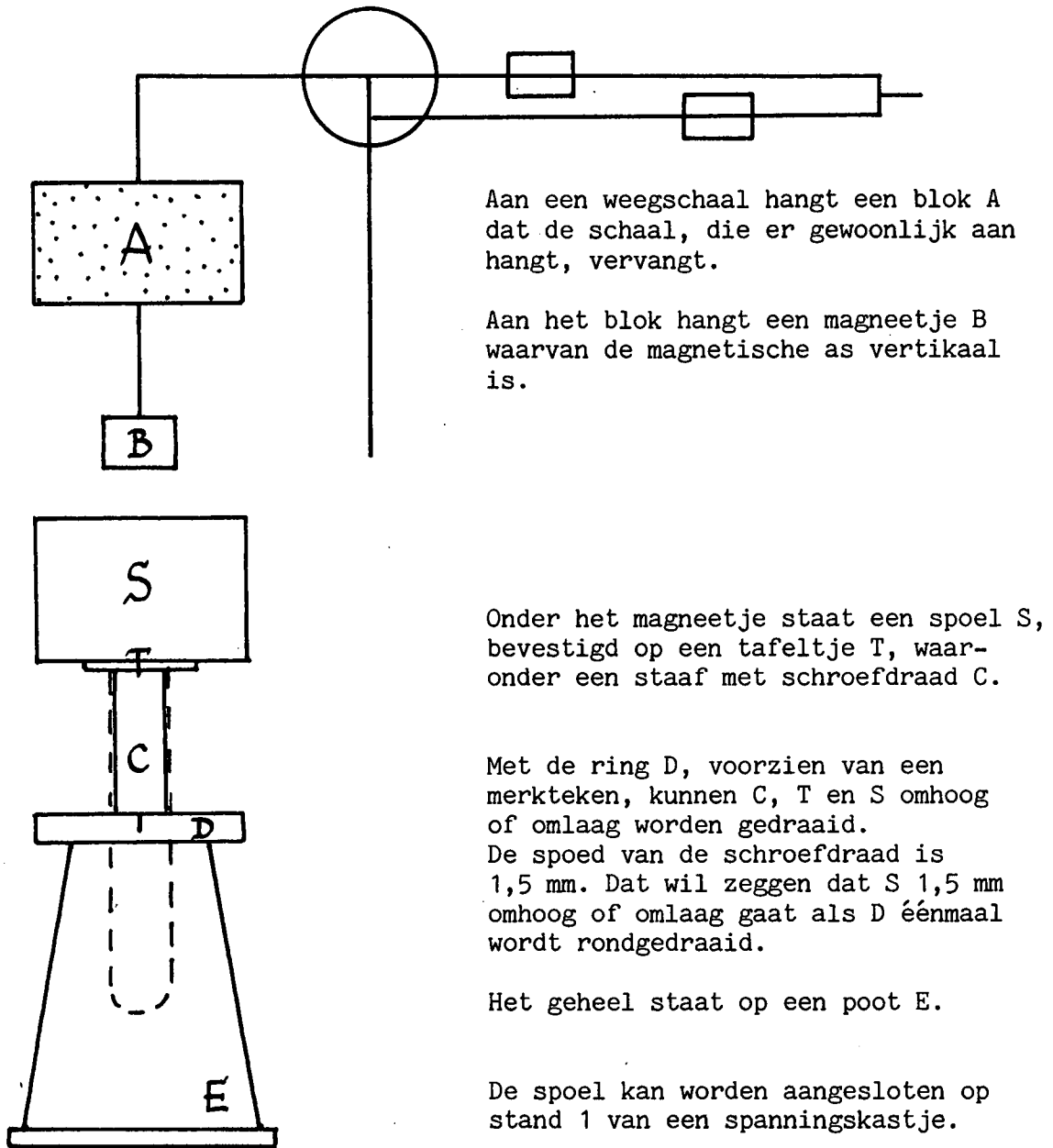


Opmerking voor docenten:

Een meter had een weerstand van enkele Ohms, de andere van ongeveer 50Ω . De weerstand was ongeveer 30Ω . De proef gaat alleen als de waarde van de weerstand ligt tussen die van de meters.

2.8.3. Schoolonderzoek VWO : Magneetveld van een spoel.

Praktisch deel.



Aan een weegschaal hangt een blok A dat de schaal, die er gewoonlijk aan hangt, vervangt.

Aan het blok hangt een magneetje B waarvan de magnetische as vertikaal is.

Onder het magneetje staat een spoel S, bevestigd op een tafeltje T, waaronder een staaf met schroefdraad C.

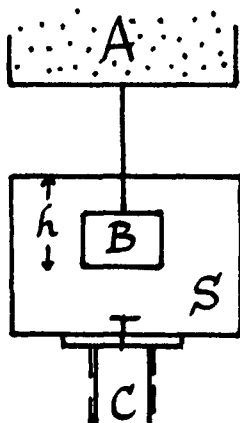
Met de ring D, voorzien van een merkteken, kunnen C, T en S omhoog of omlaag worden gedraaid. De spoed van de schroefdraad is 1,5 mm. Dat wil zeggen dat S 1,5 mm omhoog of omlaag gaat als D éénmaal wordt rondgedraaid.

Het geheel staat op een poot E.

De spoel kan worden aangesloten op stand 1 van een spanningskastje.

De kracht, die door de spoel op de magneet wordt uitgeoefend, wordt gemeten als functie van de hoogte van de spoel h . In de beginstand ($h=0$) staat de onderkant van de magneet gelijk met de bovenkant van de spoel. Dan gaat de spoel omhoog en komt de magneet dus in de spoel. h is de afstand van de onderkant van de magneet tot de bovenkant van de spoel.

(Praktisch deel, vervolg)

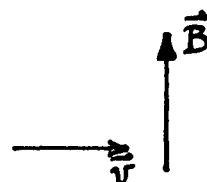


1. Bepaal de kracht die de magneet ondervindt als functie van h .
2. Zet de magnetische kracht uit tegen h .
3. Leid uit de stroomrichting af waar de polen van de spoel zitten. Motiveer je antwoord. (De pijl op de spoel geeft de draad-richting).
4. Leid met behulp van 3 en de gemeten kracht af waar de polen van de magneet zitten.
5. Leid af hoe het veld in de spoel er uit ziet. Motiveer.

Theoretisch deel.

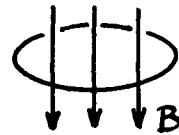
Zie in het vervolg af van relativistische effecten.

6. Elektronen komen een vertikaal gericht magnetisch veld binnen, dat een sterkte van $0,01 \text{ T}$ heeft, met een horizontaal gerichte snelheid van 10^7 m/s .
Bepaal de richting en de grootte van de kracht die de elektronen ondervinden.
7. Toon aan dat de elektronen een cirkelbaan gaan beschrijven en bereken hiervan de straal.
8. In sommige versnelmachines beschrijven elektronen cirkelbanen in een magnetisch veld. Door afwijkingen in de snelheid willen de elektronen wel eens uit hun cirkelbaan gaan, bijvoorbeeld naar buiten. Leg uit of dit gebeurt bij een groter of een kleiner wordende snelheid.
9. Toegepast wordt dit in een cyclotron. Hoe krijgt een elektron daar een andere snelheid?
10. In andere machines wil men de elektronen zo goed mogelijk in een vaste cirkelbaan houden. Krijgt het elektron daar een iets afwijkende snelheid, zodat het de gewenste cirkel verlaat, bijvoorbeeld naar buiten, dan kan men er voor zorgen dat de afwijking van de cirkelbaan gering blijft, door het magnetisch veld inhomogeen te maken.



Leg uit of het veld naar buiten toe sterker of minder sterk moet worden.

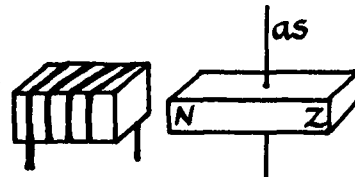
11. In weer andere machines beschrijven elektronen een cirkelbaan in een magneetveld, dat in de loop van de tijd verandert. De elektronen zijn op te vatten als een kringstroompje. Ga na hoe het veld van deze kringstroom gericht is.



Leg uit wat er met de snelheid van de elektronen gebeurt als het veld B sterker wordt gemaakt.

12. In een dynamo laat men elektronen lopen met behulp van een magneetveld.

Een magneet met een horizontale magnetische as draait om een verticale as, naast een spoeltje van koperdraad, met een horizontale as, die soms samenvalt met de magneetas.



De omlooptijd van de magneet is T .

Schets de spanning tussen de einden van de spoel als functie van de tijd $t = 0$ tot $2T$, waarbij op $t = 0$ de assen samenvallen. Motiveer.

13. Geef met een pijl de stroomrichting aan in de spoel, vlak na $t = 0$, als de spoel is kortgesloten en licht toe.
14. De spanning wordt bekeken met een oscilloscoop en heeft een topwaarde van 4 V , als de spoel aan de oscilloscoop is verbonden, en een topwaarde van 3 V , als de einden van de spoel ook nog zijn verbonden via een weerstand van koper met een waarde van $30\ \Omega$. Bereken de weerstand van de spoel.
15. Men verhoogt de temperatuur van spoel, magneet en weerstand. Dit heeft invloed op de spanning die op de oscilloscoop wordt afgelezen. Leg uit of men in plaats van 3 V een hoger of een lager waarde afleest.
16. Bij een zeer hoge temperatuur leest men vrij plotseling niets meer af, hoewel er geen draden zijn doorgebrand of -gesmolten. Leg uit hoe dit komt.

2.9.

Philips van Horne SG
J.C.J. Masschelein c.s., Bocholterweg 128, Weert.

2.9.1. Inleiding

Het praktikumgebeuren neemt aan onze scholengemeenschap een voorname plaats in in het natuurkundeonderwijs, ook in de bovenbouw.

Hieronder geven we een kwantitatieve beschrijving van de situatie in de bovenbouw. Dit geeft dan een eerste oriënterende indruk.

Het bovenbouwpraktikum omvat een vijftigtal proeven, evenredig verdeeld over de "klassieke" onderwerpen: mechanica, warmte, gassen en dampen, golven en trillingen, elektriciteit en magnetisme en moderne fysica.

In de vierde klas Havo wordt 2 uur praktikum gedaan per 2 weken: d.w.z. 2 uur praktikum op 8 lessen. Op 4 VWO wordt 2 uur praktikum gedaan in 3 weken (2 uur op 9 uren).

In de vijfde klas, zowel Havo als VWO, wordt 2 uur praktikum gedaan op 2 weken.

Omdat het telkens om wat uitgebreidere proeven gaat, worden voor het praktikum telkens blokken uitgetrokken.

Het is duidelijk dat het relatieve belang dat wij aan praktikumwerk hechten in het geheel van het natuurkundeonderwijs óók weerspiegeld wordt in het schoolonderzoek (ook indien er geen ministeriële richtlijn hieromtrent zou bestaan!).

Doelstellingen

Het opzetten van een praktikum schoolonderzoek hangt vanzelfsprekend nauw samen met de (al dan niet expliciet geformuleerde) doelstellingen t.o.v. het natuurkundepraktikum.

Met ons schoolonderzoek wilden wij nagaan in hoeverre leerlingen

1. in staat waren om een adequate onderzoekstechniek en een adequate onderzoeksmethode uit te denken om een bepaald experimenteel probleem op te lossen.

Aan leerlingen worden daarom "nieuwe" experimentele problemen voorgelegd. Hiermee bedoelen we dat het zoveel mogelijk om proeven moest gaan die ze niet hadden uitgevoerd tijdens hun natuurkundepraktica.

Bij de evaluatie van dit aspect wordt vanzelfsprekend uitgegaan van de mogelijkheden die de leerling ter beschikking staan. Er wordt vooral op gelet of een leerling bewust kiest uit reeks van meetmogelijkheden, of de leerling zich bewust is van de begrenzingen die eigen zijn aan de door hem voorgestelde meetprocedure, of hij in staat is methodes te ontwerpen waarmee hij zijn eigen meetprocedure kan controleren.

2. in staat waren een experiment technisch uit te voeren volgens de voorgestelde meetprocedure.

Hier wordt vooral bekeken of de leerling in staat is een aantal meettechnieken vlekkeloos toe te passen (Vb: schakelt hij de voltmeter parallel? Leest hij de thermometer af na roeren?

De evaluatie van dit aspect hebben we aan de amanuensis overgelaten.

3. in staat waren om van de uitgevoerde meting een verslag uit te brengen.

Bij de evaluatie van dit deel werd rekening gehouden met de presentatie en de verzorging van het verslag als geheel, de zakelijkheid van het verhaal, het gebruik preciese begrippen en de nauwkeurigheid van de formulering.

Indien dit van belang zou zijn, kunnen verslagen van leerlingen ter beschikking worden gesteld.

4. in staat waren om konklusies te trekken uit de gedane experimenten.

De organisatie van het schoolonderzoek.

De uiteindelijke vorm waarin het praktikum SO verloopt, wordt voor een deel bepaald door de specifieke mogelijkheden van de school. Omdat het mogelijk is een praktikumlokaal en een kabinet een volledige dag vrij te maken voor het schoolonderzoek, hebben wij ernaar gestreefd het SO van de Havo en van het VWO elk op 1 dag volledig af te werken.

Vooraf worden leerlinggroepen gevormd van twee leerlingen.

Dit gebeurt op vrijwillige basis: een leerling kiest met wie hij gaat samenwerken.

In de praktijk hebben zich tot nog toe geen moeilijkheden voorgedaan bij het samenstellen van de groepen.

Het eigenlijke SO duurt per leerlinggroep ongeveer 2 u.

De groepen starten daarbij met tussenpauzes van 15 min. (of 1 u.).

Op die manier zijn nooit meer dan vijf groepen tegelijk aan het werk. Daarenboven is er telkens tijd beschikbaar om in het praktikum rond te wandelen.

De "onderzoeksonderwerpen" staan op steekkaarten.

Eén leerlinggroep trekt één onderwerp.

Na het trekken van het onderwerp kunnen de leerlingen het experiment gedurende een half uur voorbereiden. Hierbij moeten ze een onderzoeksplan opstellen. (Dit gebeurt in het kabinet.)

Na dit half uur volgt een gesprek met de leraren-examinatoren over hun meetprocedure.

Dit gesprek is om twee redenen belangrijk:

1. het is een belangrijk evaluatiemoment (zie doelstellingen).
2. het geeft de leraar de mogelijkheid korrigerend op te treden.

Er kunnen zich drie mogelijkheden voordoen:

- of de leerlingengroep heeft het probleem niet begrepen, en brengt geen of een verkeerd meetplan.

In het gesprek wordt dan door de leraar een methode voorgesteld.

- of de leerlingengroep heeft wel een behoorlijke meetprocedure uitgedacht, maar die is binnen de (helaas beperkte) mogelijkheden aan onze school niet realiseerbaar.

In dit geval wordt een alternatief dat wel realiseerbaar is aan de hand gedaan.

- of de leerlingengroep stelt een goede en uitvoerbare meetprocedure voor. In dit geval is er geen probleem.

Na het gesprek (dat hoogstens 15 min. vergt) komen de leerlingen in het praktikumlokaal. Door de amanuensis worden ze aan de nodige meetapparatuur geholpen.

De leerlingen moeten zelfstandig de meetopstelling bouwen en hun meetplan uitwerken. In dit stadium verzamelen ze alleen meetresultaten.

Dit onderdeel wordt door de amanuensis geëvalueerd.

Op de eerste twee delen, n.l. de voorbereiding en de uitvoering van het experiment wordt een gemeenschappelijk cijfer gegeven. De leerlinggroep beschikt over ongeveer 1 u. om het experiment uit te voeren.

Na voltooiing van het experiment gaan de leerlingen naar een derde ruimte ("de meetkamer", waar ze individueel een verslagschrijven. Het verslag wordt na afloop van het praktikum SO door de leraar geëvalueerd.

Beoordeling

De door ons gevolgde methode van praktikum SO funktioneert zeer behoorlijk op Havo. De resultaten op het VWO zijn ook bevredigend. Moeilijkheden ontstaan vooral op het vlak van de evaluatie.

Vorig jaar hebben we gebruik gemaakt van een soort evaluatiekaart, waarbij een aantal aspecten geëvalueerd werden. Zo werd de eerste doelstelling uitgerafeld tot de aspecten "originaliteit", "uitvoerbaarheid", "waarde" en "inzicht".

Om het oordeel over die aspecten wat doorzichtiger te maken, werd vooraf afgesproken alleen een ruwe schaal te gebruiken: 1- $\frac{1}{2}$ -0. Toch blijft het beoordelen een erg moeilijke zaak. We zullen hierover gedurende dit schooljaar binnen onze sektie verder moeten nadenken.

De toekomst

Voor dit en de eerstkomende schooljaren wordt het praktisch SO op de Havo op dezelfde manier georganiseerd.

Voor het VWO wordt een andere vorm gebruikt voor dit schooljaar bij wijze van experiment: het projekt.

Leerlingen kiezen in januari een bepaald onderwerp.

Dit onderwerp wordt in een eerste fase bestudeerd en er wordt een meetplan opgesteld. Hieraan mag men 3x 2 lesuren werken (en vanzelfsprekend ook thuis). Voor het uitwerken van het onderwerp kan de leerling gebruik maken van in de klas aanwezige literatuur.

Daarna wordt een gesprek georganiseerd tussen leerlinggroep en leraar. Hierin kunnen de leerlingen hun meetplan toelichten. Eventueel treedt de leraar korrigerend op. Leerlingen kunnen daarna vaste meetopstellingen bouwen (m.b.v. de amanuensis). We hebben hiertoe in het natuurkundekabinet een ruimte afgezonderd.

Gedurende 5 praktikumlessen (5x 2 u.) kan men naar eigen inzicht het onderwerp experimenteel benaderen.

Daarna moet thuis een verslag van het verrichte onderzoek worden geschreven. Over het geheel wordt een gezamenlijk cijfer gegeven.

P.S. Het projektwerk gaat van start op 14 november.

2.9.2. Lijst van opdrachten voor 6 VWO.

1. Ga na hoe de magnetische inductie in een helmholtzspoel afhangt van de stroomsterkte door de spoel.
2. Bepaal calorimetrisch de smeltwarmte van ijs.
3. Ga door rechtstreekse meting de juistheid van de wet van Boyle na.
4. Bepaal hoeveel gram waterdamp momenteel aanwezig is in 1 m³ lucht in het klaslokaal.

5. Bepaal het verloop van de dichtheid van water in een temperatuursgebied tussen 20°C en 100°C .
6. Ga door drie fysische methoden de identiteit van een onbekende vloeistof na.
7. Onderzoek waaruit een aantal 4-polen zijn opgebouwd.
8. Bepaal de geluidssnelheid in etherdamp.
9. Bepaal de golflengte van de voornaamste lijnen uit het zichtbare gebied van een met Cd-damp gevuld gasontladingsbuisje.
10. Voorzie een niet geijkte draaispoelmeter van een schaal. Bepaal de inwendige weerstand. Maak shunten zodat de meter kan worden gebruikt tot 1A FSD
30V FSD.
11. Onderzoek de beweging die een in glycerine vallend kogeltje uitvoert.
12. Onderzoek hoe de verzadigingsstroom bij een fotocel afhangt van de lichtsterkte.
13. Onderzoek het weerstandsverloop van een NTC in het temp.gebied van 0°C tot 20°C .
14. Ga de juistheid van de wet van Joule na.

2.9.3. Lijst van de opdrachten voor 5 HAVO.

1. Bepaal de geluidssnelheid in lucht I (rechtstr. meting).
2. Bepaal de geluidssnelheid in lucht II (resonantiemethode).
3. Ga de juistheid van de wet van Boyle na.
4. Bepaal de valversnelling.
5. Bepaal de inhoud (elektrische inhoud) van een aantal gesloten doosjes zonder ze te openen.
6. Bepaal met behulp van drie fysische methoden de identiteit van een onbekende stof.
7. Bepaal de golflengte van laserlicht (m.b.v. dubbele spleet).
8. Bepaal de brandpuntsafstand van een lens.
9. Meet hoe de weerstand van een LDR verandert als functie van de verlichtingssterkte.
10. Voorzie een blankometer (ampère)meter van een schaal; bereken en maak weerstanden zodat het instrument én als voltmeter én als ampèremeter te gebruiken is.
11. Bepaal het door een pompelaar afgegeven vermogen (kalorimeter).
12. Meet enkele grootheden met een oscilloskoop. Maak een aantal beeldvormen zichtbaar op de oscilloskoop.

Reserve-proeven

1. Bepaal de smeltwarmte van ijs.
2. Bepaal de (stroom, spannings)-karakteristiek van een halfgeleiderdiode.
3. Meet de golflengte van Na-licht (m.b.v. een tralie).

EVALUATIE EN INSTRUKTIE

K A A R T

1. GROEP	2. aanvang praktikum	3. einde voorbereiding
		4. einde uitvoering proef
		5. einde praktikum

6. TITEL VAN DE PROEF

7. BEOORDELING			
<u>voorbereiding</u>	0 | ½ | 1	<u>uitvoering</u>	0 | ½ | 1
originaliteit	| | |	orde/overzichtelijkh.	| | |
uitvoerbaarheid	| | |	vaardigheid	| | |
waarde	| | |	zelfstandigheid	| | |
inzicht	| | |	korrektheid	| | |
		tempo	| | |
		<u>verslag 1</u>	0 | ½ | 1
		zakelijkheid	| | |
		kennis app.	| | |
		kwaliteit pr.	| | |
		diskussieniv.	| | |
		interpret.	| | |
		<u>verslag 2</u>	0 | ½ | 1
<input style="width: 50px; height: 30px;" type="text"/>		<input style="width: 50px; height: 30px;" type="text"/>	

/ 25

/ 25

2.10

Erasmus College
B. van Dodeweerd en
P. Wisse, van Doornenplantsoen 31, Zoetermeer.

2.10.1. Bepaling van de brekingsindex van een prisma m.b.v. de minimum deviatiehoek.

Aanwezig:

- Methode 1: prisma, grondplaat, papier, spelden.
- Methode 2: magnetische optische bank: lichtbron-spleet, lens, schijf van Hartel, papier, plakband.

Inleiding:

Een lichtstraal ondergaat in een prisma twee achtereenvolgende brekingen in dezelfde richting. De hoek tussen de invallende en de uittreedende straal noemt men de deviatiehoek D . Deze hoek is afhankelijk van de hoek van inval aan het eerste oppervlak (i), de tophoek van het prisma (A) en de brekingsindex (n). Als men i varieert, blijkt D een minimumwaarde te vertonen, de z.g. minimumdeviatie D_{min} . Het is te bewijzen, dat in dat geval de lichtstraal binnen het prisma de basis is van een gelijkbenige driehoek met A als tophoek (zie fig. 1).

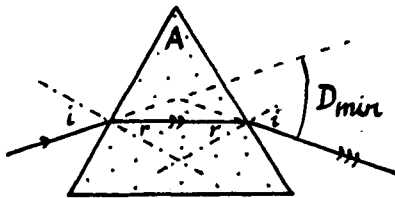


Fig 1.

Er geldt: $D_{min} = 2(i-r)$ (1)

Toon aan, dat dan geldt voor de brekingsindex:

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2} (A + D_{min})}{\sin \frac{1}{2} A} \quad (2)$$

Opdracht

Methode 1 (uitgebreid).

Bevestig het mm-papier op het bord en leg het prisma zodanig, dat een der zijden langs een lijn van het mm-papier ligt. De normaal is dan makkelijk te bepalen. Teken de omtrek van het prisma af (gebruik het prisma met $A = 45^\circ$).

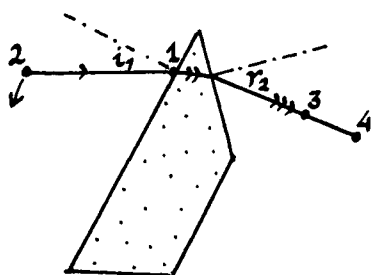


Fig 2.

Steek nu een spel tegen het prisma in de voet van de normaal, bij 1 (fig. 2). Deze speld blijft daar staan! Steek nu nog een speld in het onderste quadrant, b.v. bij 2 en breng het oog nu aan de andere kant op gelijke hoogte met het prisma. Beweeg het hoofd, tot 1 en 2 precies op één lijn worden gezien en zet twee spelden 3 en 4 aan de andere kant van het prisma op dezelfde lijn (zie fig. 2).

Markeer de positie van de spelden. Herhaal de procedure door 2 met kleine stukjes in de richting van de pijl te verplaatsen. ($+ 30^\circ \leq i \leq 70^\circ$). Men vindt zo een aantal in- en uittreedende stralen.

Meet m.b.v. een gradenboog i , r_2 en de deviatiehoek. Teken in één grafiek nu D en r_2 als functie van i , alsmede de lijn $i_1 = r_2$.

Bepaal D_{\min} . Bepaal het snijpunt P van de lijnen $i_1 = r_2$ en r_2 als fct. van i_1 .

- i. Bepaal n m.b.v. (2)
- ii. Geef de betekenis aan van het punt P .

Methode 2 (beknopt).

Laat een nauwe bundel licht over de schijf van Hartel vallen. Leg op de schijf een stuk papier en plak het vast. Leg het prisma op het midden, met één zijde langs de middellijn en teken de omtrek af. Varieer de hoek van inval ($30^\circ \leq i \leq 70^\circ$). Markeer de in- en uittrekkende stralen. Meet de deviatiehoek op de schijf van Hartel (leg de invallende straal langs een middellijn en het snijpunt der stralen op het middelpunt).

Gepaal grafisch (uit i vs D) D_{\min} en bereken n m.b.v. (2).

2.10.2. Polarisatie van een gereflecteerde lichtbundel.

Aanwezig:

Schijf van Hartel, lichtbron, polarisatiefilter, fotoelektrische cel, meetversterker, μA -meter, statief.

Inleiding:

Een op een oppervlak vallende bundel wordt bij reflectie gepolariseerd. Als de hoek van inval een bepaalde waarde aanneemt, kan de bundel volledig gepolariseerd worden. Als het oppervlak het grensvlak is van een optisch dicht en een optisch minder dicht medium, geldt de wet van Brewster: de gebroken straal staat loodrecht op de teruggekaatste straal.

Er geldt: $\angle i = \angle t$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \quad (\text{Snellius})$$

$$t + r = 90^\circ \quad (\text{Brewster})$$

Dus $\sin r = \cos i$

$$\Rightarrow \text{tg } i = n \quad \text{men noemt } i \text{ de Brewster-}$$

hoek i_B .

Opdracht:

Laat een bundel wit licht op het grensvlak lucht-glas vallen en vang de teruggekaatste straal op op de fotocel. De uitslag van de μA -meter is een maat voor de intensiteit. Probeer nu m.b.v. het polarisatiefilter de polarisatierichting van de bundel te vinden.

Draai daartoe het filter, tot de intensiteit minimaal is (verklaar dit). Laat nu het filter zo staan. Laat nu i variëren van 10° - 80° en bepaal I als functie van i .

1. Bepaal de polarisatierichting.
2. Bepaal I vs i met en zonder filter.
3. Bepaal de Brewsterhoek.
4. Bepaal n .

2.11.

RSG Het Goese Lyceum
S.H. Wijn Nobel c.s., v.Dusseldorpstraat 78, Goes.

VWO

2.11.1. Inleiding

Werkwijze

De totale groep bestond uit 25 leerlingen. De groep werd in tweeën gesplitst:

- 's ochtends (9.30-13.30 u.): 12 ll.
- 's middags (13.30-17.30 u.): 13 ll.

De ochtendleerlingen die eerder klaar waren moesten wachten tot 13.30 u., zodat contact met de tweede groep uitgesloten was. Er was voor gezorgd dat gedurende de hele zitting twee docenten beschikbaar waren.

Introductie voor leerlingen:

- 1) neonbuisje (2x)
- Aantal proefopstellingen: 2) knikker in kom (2x)
- 3) trillende vloeistofkolom (3x)
- Er kunnen dus zeven man tegelijk werken. De rest kan alvast beginnen met 1c, 1d, 1e en 3b.
- Aan iedereen de proefopstellingen even laten zien.
- Tijdschema, dat vantevoren op bord gezet is, aan de leerlingen uitleggen. De leerlingen zijn in het schema aangeduid met hun examennummer:

	1a	1b	2a	2b	3a	3b	3c
9.30 h	39	40	41	42	43	44	45
10.00	52	53	50	51			
	54	41	43	44	40	52	53
10.30	42	50	45	39			
	51	43	40	52	39	41	42
11.00	44	45	53	54			
	39	40			50	51	54
11.30	52	53					
	54	41					
12.00	42	50					
	51	53					
12.30	44	45					

Opm.: Het schema was een richtlijn. De leerlingen kregen voldoende tijd om de proeven af te maken. Proef 1 was in twee gedeelten gesplitst. Over het eerste gedeelte deden de leerlingen gemiddeld 20 minuten. Het tempo van afwickelen van het schema werd hierdoor bepaald. De leerlingen wachtten verder gewoon hun beurt af.

2.11.2. Schoolonderzoek 6 VWO (tijd: 3 klokuren).

1. Enige proefjes met een neon/gas-ontladingsbuisje.

Een neongas-ontladingsbuisje bestaat uit een glazen ballon; deze is gevuld met neongas en er bevinden zich 2 elektroden in (zie fig. 1).

We plaatsen zo'n buisje in de schakeling van fig. 2. Als we de spanning V_{CD} langzaam laten toenemen, dan is aanvankelijk

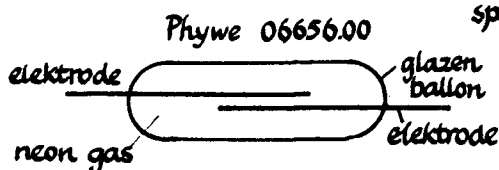
$V_{AB} = V_{CD}$, de stroom door de ampèremeter nul en brandt het lampje niet. Echter bij een bepaalde waarde van V_{CD} , laten we deze V_1 noemen, begint plotseling het lampje licht uit te zenden. De spanning V_{AB} zakt daarbij tot een waarde die we V_2 noemen en de ampèremeter slaat uit.

Voeren we de spanning V_{CD} nog verder op, dan blijft V_{AB} ongeveer gelijk en neemt de stroom toe.

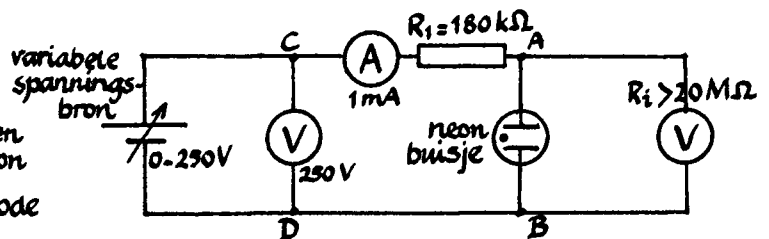
Wanneer het buisje eenmaal brandt, dooft het pas weer bij een waarde $V_{CD} < V_1$.

Het gedrag van het buisje bij oplopende V_{CD} is dus anders dan voor dalende V_{CD} .

- Meet V_{AB} en I als functie van V_{CD} (oplopend) voor de in tabel 1 aangegeven waarden en bepaal V_1 .
Vul de gemeten waarden in de tabel in.
Maak een grafiek van $V_{AB} = f(V_{CD})$ en $I = f(V_{CD})$ (onder elkaar).
- 1) Ga na of de gemeten waarde van I klopt, uitgaande van de gemeten spanningen V_{AB} en V_{CD} .
2) Verklaar nu ook het verloop van de grafiek $I = f(V_{CD})$.
- Wat gebeurt er in het buisje als de stroom loopt?
- Verklaar dat er licht wordt uitgezonden als de stroom loopt. We zetten nu een condensator parallel met het lampje (zie de schakeling in fig. 3). Je ziet het lampje dan gaan flitsen; op de scoop zie je een zaagtand-spanning (zie fig. 4).
- 1) Verklaar dat het lampje flitst en niet continu brandt;
2) Verklaar het ontstaan van de zaagtand-spanning.
- Meet hoe de flitsperiode (T_{fl}) van het lampje afhangt van de capaciteit C (tabel 2) (met stopwatch).
Maak een grafiek waarin ik vind $T_{fl} = f(C)$.
- Verklaar volledig het verloop van de grafiek van $1f$ (dus numeriek en kwalitatief).



Figuur 1



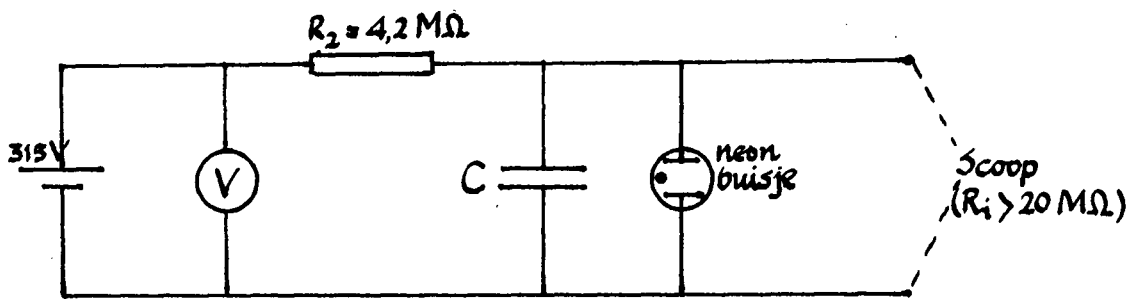
Figuur 2

V_{CD} in V	V_{AB} in V	I in mA
0		
20		
40		
60		
80		
90		
100		
125		
150		
200		
250		

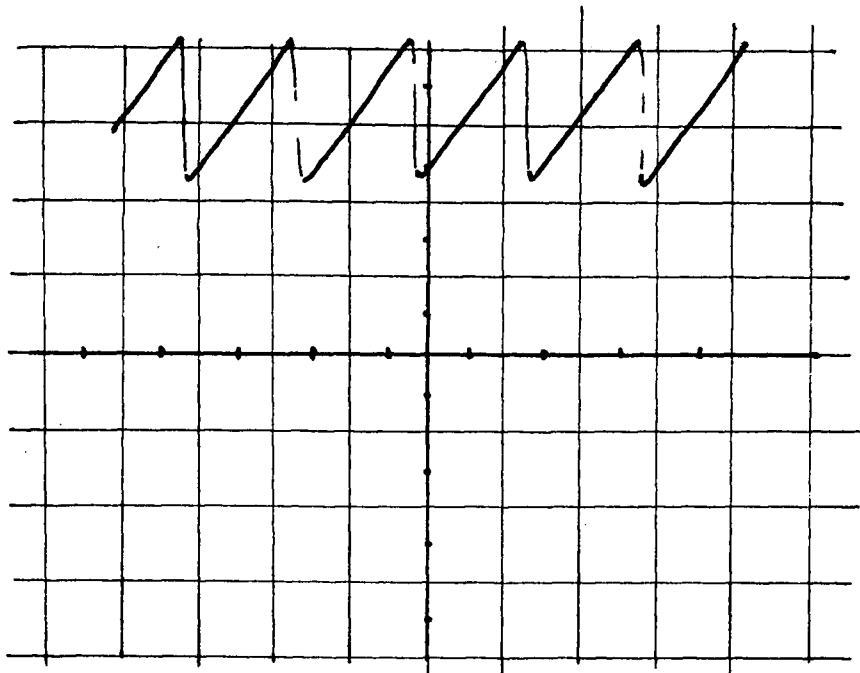
Tabel 1.

C in μ F	T in s
1, ...	
2, ...	
4, ...	
6, ...	
8, ...	

Tabel 2.



Figuur 3



10,0 V/hokje \pm 3%

Figuur 4

2. Een knikker in een draaiende kom.
 - a. Bepaal de hoeksnelheid van de kom.
Bepaal de straal van de baan van het knikkertje.
Bepaal de massa van het bolletje.
 - b. Bereken de grootte van de centripetale kracht op het bolletje.
 - c. Konstrueer de richting en de grootte van alle krachten die op het bolletje werken.
Bepaal in deze konstruktie de hoek α .
3. De gedempte harmonische trilling van een kolom water in een U-buis.
 - a. Bepaal hoe de trillingstijd van het water in de U-buis afhangt van de massa van het water.
Meet voor minstens 5 verschillende waarden.
Probeer een nauwkeurigheid van $< 3\%$ te bereiken.
Maak een tabel van al je metingen.
Maak ook een grafiek.
 - b. Leid een formule af voor de trillingstijd voor dit geval.
 - c. Ga na of je gemeten waarden overeenstemmen met deze formule.

2.11.3. Schoolonderzoek Licht.

WVO

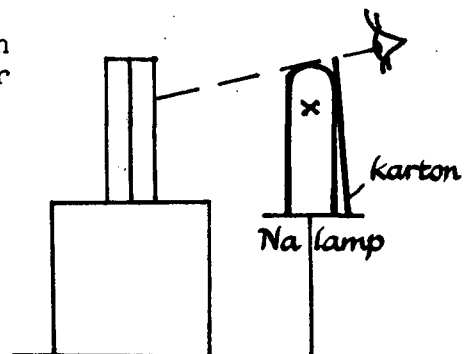
1. a. Bepaal van het tralie het aantal lijnen (of krassen of spleten) per cm met behulp van de Na lamp.
Leid de gebruikte formule af.
Schets de gang van de lichtstralen.
 - b. Bepaal m.b.v. het tralie de golflengte van de violette lijn uit het licht van de vertikaal staande demonstratie TL-buis.
Gebruik je oog als lens. Je netvlies is dan opvangscherm.
Probeer waarom het beter is om ver weg te staan dan dichtbij de lamp.
2. RAAK DE GLAZEN PLATEN NIET AAN (vingerafdrukken en vallen).

Tussen twee dikke en redelijk vlakke platen van glas is aan één zijde een reepje Al folie geklemd. Aan de andere zijde zijn ze direkt op elkaar geklemd.

Bekijk dit stel platen zoals aangegeven in de figuur hiernaast, dus direkt over het kartonnetje heen.

Het kartonnetje staat er om:

- 1) de kijkrichting enigszins vast te leggen,
- 2) het glasopp. gelijkmatig te verlichten,
- 3) direkt in het oog vallend licht te weren.



Je hoeft géén rekening te houden met de breking in het glas; de invalshoek en de terugkaatsingshoek zijn vrijwel gelijk aan elkaar en vrijwel nul.

- a) Beschrijf wat je ziet. Geef geen details.
- b) Geef met een schetsje erbij een kwalitatieve verklaring.
- c) Doe de voor de hand liggende metingen en noteer de nodige gegevens om daaruit de hoek tussen de twee platen te kunnen berekenen.
- d) Bereken de hoek tussen de twee platen.
- e) Bepaal die hoek ook op een heel andere, zeer eenvoudiger manier. Geef aan wat en hoe je gemeten hebt.
- f) Vergelijk de uitkomsten van d) en e).

2.11.4. Schoolonderzoek Elektriciteit II.

VWO

1. Noteer het nummer van je tafel.
2. Teken een schakeling waarmee het potentiaalverschil over en de stroom door het gegeven lampje kan worden bepaald.
3. Maak die schakeling en laat hem controleren.
4. Verricht de metingen en plaats die in een nette tabel waarin ook een kolom voor R.
5. Maak een grafiek van R tegen I.
6. Van welk materiaal is de gloeidraad gemaakt en waarom?
7. Hoe groot is ongeveer het rendement van een gloeilamp?
8. Geef een fysische verklaring van de loop van de grafiek.
9. Op naar de scoop! Ieder heeft om te beginnen 15 minuten voor de metingen. Zet de stopwatch aan. Neem je eigen lampje mee en plaats het in de aangegeven stekkerbusjes. Teken een overzichtelijk schema van de schakeling en geef daarbij de relevante informatie.
10. Schrijf op wat één van de belangrijkste kenmerken is van de scoop.
11. Verricht en noteer de metingen nodig om de weerstand van het lampje in koude toestand en in normaal brandende toestand te bepalen. Teken het beeld van het scherm na.
12. Vergelijk de uitkomsten met die van 5. en schrijf je konklusie(s) op.
13. Welk effect neem je waar als je bij 11. enkele metingen snel na elkaar doet? Waardoor wordt dat veroorzaakt?
14. Bereken m.b.v. de onderstaande gegevens de temperatuur van de gloeidraad in normaal brandende toestand.
15. Schat de lengte van het gloeidraadje en bereken de dikte.

t in $^{\circ}\text{C}$	ρ in $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$ $\cdot 10^{-2}$
20	5,51
727	25,3
1227	41,4
1727	59,4
2727	98,9
3237	118

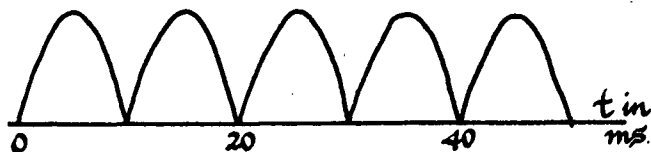
2.11.5. Schoolonderzoek Melde (met wisselstroom).

Deze opstelling gaat over de proef van Melde. Door de koperdraad gaat een wisselende stroom. De lorentzkracht brengt de draad in beweging. Deze opstelling heeft het voordeel dat aan beide einden zeker een knoop komt.

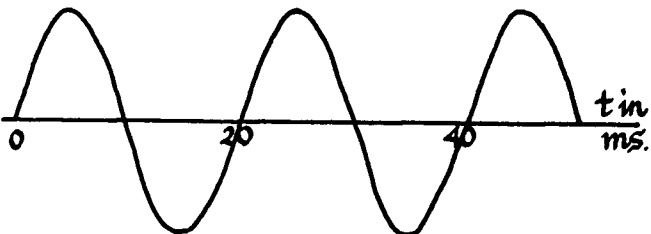
Bedenk dat de koperdraad maar een geringe weerstand heeft. Laat daarom de knop waarmee je de elektrische spanning regelt niet verder dan 30 komen.

Bij het begin van de proef is de draad aangesloten op de twee bovenste aansluitingen.

Deze gelijkspanning wordt geleverd door de twee bovenste aansluitingen.



Deze wisselspanning wordt geleverd door de twee onderste aansluitingen.



Het regelen van de spankracht F in de draad gaat het beste als je de kruisklem iets losdraait en met de hand tegen de statiefstang drukt en zó, langzaam naar boven of naar beneden verschuift. De golf moet gelegenheid hebben zich in te stellen.

Wordt de amplitude te groot maak dan de voedingsspanning voorzichtig wat lager.

Schrijf je naam en het nummer van je opstelling op alle papieren die je inlevert.

Noteer alle metingen die nodig zijn om een opdracht uit te voeren. Dus niet alleen het eindresultaat.

De metingen voor opdracht 1. en 3. in tweevoud opschrijven.

Het 2e exemplaar geef je na opdracht 3. aan je buurman/vrouw.

De magneet circa 8 à 20 cm van de veerbalans plaatsen.

Als je niet meer weet wat de verdeling op de veerbalans voorstelt, ijk dan met de bekende gewichtjes.

1. Meet voor een aantal golflengten λ de bijbehorende spankracht F_S . De waarnemingen in tweevoud. De draad is aangesloten op de bovenste aansluitingen.
2. Sluit de draad aan op de onderste aansluitingen en herhaal enkele metingen van opdracht 1. Noteer ze.
3. Bepaal de massa per lengte eenheid van je koperdraad
 - a) met de schroefmicrometer) licht eventuele
 - b) met de balans) verschillen toe.De waarnemingen van 3a en 3b in tweevoud. Geef deze waarnemingen en die uit opdracht 1. aan je buurvrouw/man.
4. Maak een grafiek waarin je V^2 uitzet tegen F_S . (Verzamel je waarnemingen en de daaruit afgeleide berekende groot-heden in één tabel).

Maak duidelijk of je grafiek in overeenstemming is met de resultaten van de proef van Melde.
5. Breng de waarnemingen 1. en 3. van je buur ook in een tabel zoals bij 4. en verwerk die gegevens in jouw eigen grafiek.
6. Klopt het resultaat van die twee grafieken met je verwachtingen? Lever een kritische beschouwing over de waarnemingen die je van je buur gekregen hebt.
7. Welke grootheid verandert er en hoe, als je de draad op de twee onderste aansluitingen aansluit, zie 2.
8. Waarom is het beter de magneet in de buurt van één der uiteinden van de draad te plaatsen in plaats van op een willekeurige plek?

2.11.6. Trillingen, statica, enz.

HAVO

1. Meet de "trillingstijd" T van de torsieslinger voor een aantal verschillende waarden van de lengte l .
(Begin met de ingestelde lengte. Laat het Al-plaatje steeds op zijn plaats en laat de klem boven zakken en stel dan een andere lengte in. Maak de draaiingshoek telkens circa 45°).
2. Maak een duidelijke tabel waarin T ; T^2 ; l en l^2 voorkomen.
3. Maak een grafiek waaruit het verband tussen trillingstijd en lengte goed controleerbaar uitgehaald kan worden.
Noem de naam van de relatie.
4. Meet de diameter van de draad met de schroefmicrometer.
5. Meet ook de diameter van de draad met behulp van lens A (op de manier zoals bij de proef van Young de afstand tussen de 2 nauwe spleten gemeten wordt). Geef je waarnemingen ook op.
6. Vergelijk de uitkomst van 4. en 5. kritisch met elkaar.
7. Bij een bepaalde lengte van de draad is de kracht aan de omtrek van het tonnenvoetje, nodig om het voetje over 45° te draaien gelijk aan 0,10 newton.
Bereken de grootte van de kracht die je aan de omtrek van de draad zelf zou moeten uitoefenen om ook een draaiing van 45° te krijgen.

Bij 5. mag je op de optische bank en op 't schermpje met potlood streepjes zetten.

2.11.7. Schoolonderzoek Elektriciteit II.

HAVO

"Oefening Baart Kunst".

Het werken aan schakelingen in de tussenuren gaat nu zijn vruchten afwerpen. Zo doorgaan. Werk rustig en nauwkeurig. Denk aan de eenheden en houd 't netjes.

1. Noteer het nummer van je tafel.
2. Teken een schakeling, waarmee het verband tussen het potentiaalverschil en de stroom van het lampje bepaald kan worden. Op het lampje staat: 24 V; 0,5 A.
3. Maak die schakeling met behulp van het schakelbordje.
4. Laat die schakeling controleren.
5. Verricht de metingen die nodig zijn. Zie ook 7.
6. Maak een nette tabel, waarin behalve voor V en I ook nog plaats is voor R en P .
7. Maak uit je tabel een grafiek van R tegen I en later, zo nodig in dezelfde figuur een grafiek van P tegen I .
8. Teken in dezelfde figuur de grafiek van R tegen I voor een weerstand van konstantaandraad van 40Ω .
9. Van welk metaal is de gloeidraad gemaakt en waarom?
10. Leg aan de hand van een stukje theorie uit: het verschil tussen de grafiek van het lampje en die van de konstantaandraad.
11. Het lampje wordt nu in serie met een weerstand van konstantaandraad aangesloten op een potentiaalverschil van 20 V. Teken de schakeling met een voltmeter en een ampèremeter zo aangesloten dat je het potentiaalverschil over het lampje kunt meten en de stroom door het lampje.
12. Bereken de grootte van de weerstand opdat in het lampje een vermogen van 1 W ontwikkeld wordt.

13. Meet de dikte van de gegeven konstantaandraad en bereken de lengte van de konstantaandraad nodig voor de weerstand uit 12.
14. Maak de schakeling van 11. met de weerstand uit 12. erin en controleer of je metingen overeenstemmen met je berekeningen en geef kommentaar.

2.11.8. Schoolonderzoek HAVO.

1. NIET AAN DE KNOPPEN DRAAIEN !

DE "BOLLE BUIS".

Voordat je naar de opstelling gaat moet je opschrijven welke gegevens je nodig hebt.

Bereken met de gegevens die je bij de opstelling hebt vergaard de afbuiging van de elektronenbundel.

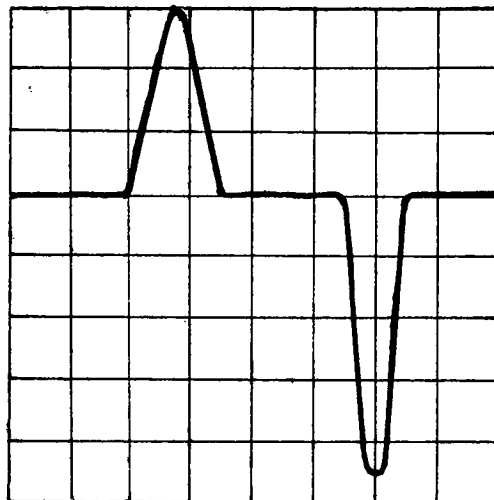
Vergelijk de uitkomst van je berekening met de direkte meting van de afbuiging en geef kommentaar.

2. NIET AAN DE KNOPPEN DRAAIEN !

Een stel magneten valt zodanig langs een spoel, dat op het scherm van de scoop het getekende beeld ontstaat (de tekening is wat vereenvoudigd!). Voor je naar de opstelling gaat moet je opschrijven welke gegevens je nodig hebt.

Bereken met die gegevens de veldsterkte tussen de polen van het stel magneten.

3. Ja hoor, ook de stroombalans!
Bepaal de veldsterkte van "de magneet op 0,5; 1,0; 1,5 en 2,0 cm afstand van het midden van het pooloppervlak. Om de stroombalans snel tot rust te brengen, kun je met een watje heel voorzichtig de uitslag wat afremmen. De massa van de ruitertjes is 0,10 gram.
Gebruik het op de tafel geplakte strookje 5 mm ruitjes om de magneet op de gevraagde afstanden te plaatsen.



2.11.9. Schoolonderzoek Elektriciteit.

HAVO

1. Maak een schakeling waarmee je het totale vermogen van drie gelijke - parallel geschakelde - fietslampjes (6 volts lampjes) kunt bepalen. Laat de schakeling controleren (1 x gratis).
2. Maak een tabel waarin de waarnemingen en de berekende waarden voorkomen, die je nodig hebt om het totale vermogen als functie van de stroomsterkte in een grafiek te kunnen uitzetten.
3. Maak die grafiek.
4. Maak de spanning die het voedingsapparaat levert zes volt en verander de spanning van het voedingsapparaat niet meer. Bereken nu de weerstand die nodig is om de 3 parallel geschakelde lampjes op het halve vermogen te laten branden.
5. Teken de schakeling die hiervoor nodig is, met de meetinstrumenten zo aangesloten dat je kunt controleren dat de lampjes inderdaad op het halve vermogen branden.
6. Op je tafel ligt een stukje konstantaandraad. Bereken hoeveel konstantaandraad je nodig hebt om de weerstand uit vraag 4 te maken. Metingen en berekeningen overzichtelijk opgeven.

2.12.

CSG Oostergo
J.B. Schaapman en
W. Koster, Birdaarderstraatweg 13, Dokkum.

2.12.1. Schoolonderzoek VWO.

LEES eerst de gehele opdracht aandachtig!

De wet van Ohm: $V_{AB} = I \cdot R$.

Hierin is:	V_{AB}	= spanning	in volt	(V)
	I	= stroomsterkte	in ampère	(A)
	R	= weerstand	in ohm	(Ω)
	C	= capaciteit	in farad	(F)
	Q	= lading op de platen	in coulomb	(C)
	V_{AB}	= spanning tussen de platen		(V)

Voor een condensator: $C = \frac{Q}{V_{AB}}$

Bouw de schakeling van fig. 1 op.
 Laat daarbij de verbinding tussen R en de +pool van de spanningsbron open (in de figuur gesymboliseerd door de open schakelaar).
 Let op + en - aansluiting van de condensator!
 Laat de schakeling nu eerst controleren.
 In- en uitschakelen d.m.v. de schakelaar S in het schema vindt in feite plaats door het in- en uittrekken van een stekker van de draad tussen R en de +pool van de bron.

Om de 15 sec. wordt een signaal gegeven; dit wordt bij proef 3 gebruikt.

Bij het begin van de proef moet de voltmeter op nul staan.

Proef 1.

(kwalitatief) Sluit S.

- Aa. Wat neem je waar aan de voltmeter?
- b. Verklaar dit in één volzin.

Proef 2.

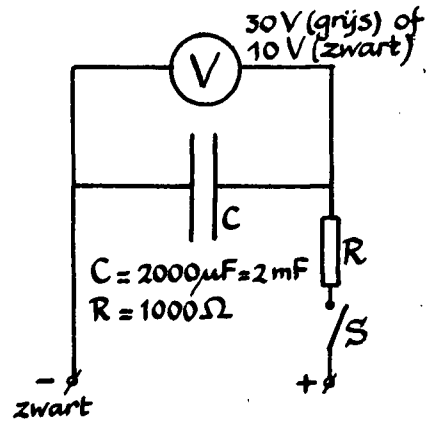
(kwalitatief) Open S.

- Ba. Wat neem je waar aan de voltmeter?
- b. Verklaar dit in één volzin.

- Ca. Welk verschil is er vergeleken met de waarneming bij vraag Aa, anders dan in de richting van de wijzerbeweging?
- b. Verklaar dit verschil.

Proef 3.

(kwantitatief) Sluit S tot de voltmeter niet verder uitslaat.
 Open S en lees de voltmeter om de 15 sec. af tot 0,1 V nauwkeurig.
 Ga door tot de voltmeter onder 2 V (grijze meter) of 1 V (zwarte meter) aanwijst. Herhaal de proef 2 x.
 Da. Verzamel de waarnemingen in een aantal tabellen.
 b. Teken V, t-diagrammen van de verschillende proeven. Iedere proef een eigen diagram. Zorg dat ze niet kleiner zijn dan ongeveer 10 cm x 10 cm.



Figuur 1

Kies nu voor het vervolg van de proef één van de diagrammen uit (de "mooiste").

- E. Beschrijf en verklaar het verloop van dit diagram.
- Fa. Hoeveel lading is van de condensator verdwenen in de eerste 15 sec. na het begin van de proef?
 - b. Bepaal hoe groot de weerstand van de voltmeter (ongeveer) is.
- G. Laat zien dat bij deze proef sprake is van een halveringstijd.
- Ha. Teken het V,t-diagram nog eens, maar nu op het grafiekenpapier met langs de verticale as een logaritmische schaalverdeling.
 - b. Bepaal de halveringstijd. Geef aan hoe je aan het antwoord komt.
- I. Leid een formule af (uit de theorie of uit een der diagrammen) die het verband aangeeft tussen V en t bij proef 3.

Proef 4.

Sluit S nog eens tot de voltmeter niet verder uitslaat.

Neem nu beide stekkers uit de klemmen van de spanningsbron en verbind ze met elkaar.

Ja. Welk verschil is er met proef 2 (en 3)? Hoe komt dat?

- b. Je mag aannemen dat bij proef 4 de halveringstijd 2 sec. is. Bepaal nu met behulp van dit gegeven nogmaals de weerstand van de voltmeter.

Te behalen punten: uitvoering proeven: 20; per onderdeel A t/m J: 7 (totaal: 90).

Het cijfer wordt vastgesteld volgens: $\frac{\text{totaal aantal behaalde punten} + 10}{10}$

2.12.2. Schoolonderzoek WVO. (1975)

Er is 1 uur beschikbaar voor het doen van metingen; daarna nog ca. $1\frac{1}{2}$ uur voor het maken van het verslag.

A. Formules en gegevens:

Voor een harmonische trilling geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ (1)

waarin: T = trillingstijd in s

m = trillende massa in kg

C = krachtskonstante van het trillend systeem in N/m.

$C = \frac{F}{u}$, F = de naar de evenwichtsstand terugdrijvende kracht.
u = de uitwijking uit de evenwichtsstand.

Neem bij deze proef voor g: 10 m/s^2 .

Houd de rode veer boven, de blauwe onder.

De massa van de veren moet je maar verwaarlozen.

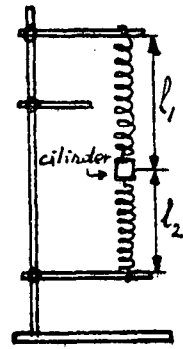
Verander niets aan de stand van de kruisklemmen!

B. Metingen:

- a. Bepaal de massa van de cilinder. Noteer het nummer van de cilinder.
- b. Bepaal de veerconstante van elk der veren. Maak de opstelling van fig. 1.
- c. Bepaal de trillingstijd ($T_{\text{vert } 1}$) als de cilinder in verticale trilling wordt gebracht

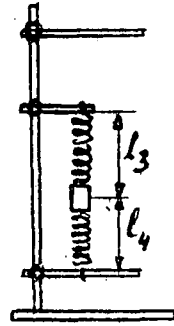
- (door de cilinder met de hand enige cm omlaag te trekken en los te laten).
- d. Bepaal de trillingstijd $T_{\text{hor 1}}$ als de cilinder in horizontale trilling wordt gebracht (door de cilinder met de hand enige cm opzij te trekken en los te laten).
- e. Bepaal l_1 en l_2 (zie fig. 1).

figuur 1.



- Maak de opstelling van fig. 2.
- f. Bepaal weer de trillingstijd ($T_{\text{vert 2}}$) als de cilinder in verticale trilling wordt gebracht.
- g. Bepaal ook weer de trillingstijd ($T_{\text{hor 2}}$) als de cilinder in horizontale trilling wordt gebracht.
- h. Bepaal l_3 en l_4 (zie fig. 2).

figuur 2.



C. Verslag:

- Geef een duidelijk overzicht van de verrichte metingen en de daaruit afgeleide berekeningen van de metingen a t/m h.
- In de opstelling van fig. 1 is de spankracht (S_2) in de onderste veer 9,0 N.
 - Geef aan, hoe je dit zou kunnen controleren. (Je hoeft die controle niet uit te voeren).
 - Bereken de spankracht (S_1) van de bovenste veer.
 - Bereken de trillingstijd $T_{\text{vert 1}}$ met behulp van: deel A en deel B, de metingen a en b.

Fig. 3 stelt de toestand voor tijdens de horizontale trilling.

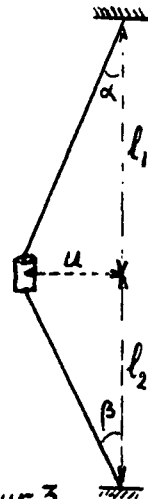
Je mag aannemen, dat bij een geringe horizontale verplaatsing van de cilinder de lengtes van de veren l_1 en l_2 niet merkbaar veranderen ($\sin = \tan$), en daardoor de grootte van de spankrachten S_1 en S_2 ook niet.

- d.I. Neem fig. 3 (groter) over en teken daarin de op de cilinder werkende krachten.
- d.II. Toon aan, dat voor de resultante van die krachten geldt:

$$F = \left(\frac{S_1}{l_1} + \frac{S_2}{l_2} \right) \cdot u \quad (2)$$

- d.III. Bereken de trillingstijd $T_{\text{hor 1}}$ met behulp van de formules (1) $T_{\text{hor 1}}$ (zie deel A) en (2) (zie deel C2d.II) en de meetresultaten (behalve natuurlijk die van meting d) van deel B.

figuur 3.



- In de opstelling van fig. 2 is de spankracht in de bovenste veer 7,0 N.
 - Wat merk je op over $T_{\text{vert 1}}$ en $T_{\text{vert 2}}$? Verklaar dit.
 - Wat merk je op over $T_{\text{hor 1}}$ en $T_{\text{hor 2}}$? Verklaar dit.

D. Vaststelling van het cijfer:

Te behalen punten: C.1.	: 20
C.2.a.	: 10
b.	: 10
c.	: 10
d.	: 20
C.3.a.	: 10
b.	: <u>10</u> +
	90

Het cijfer wordt vastgesteld volgens:

totaal aantal behaalde punten + 10.
10.

2.12.3. Schoolonderzoek 1976.

- 1.a. Leeg de capillaire buis horizontaal op tafel.
Hoe groot is de druk van het gas in het bolletje?
- b. Verwarm het bolletje met de hand (capillair horizontaal).
Wordt het gas verwarmd bij konstante druk of bij konstant volume of veranderen p en V beide?
- 2.a. Zet de capillaire buis vertikaal.
Hoe groot is nu de druk van het gas in het bolletje? (2 antwoorden).
- b. Verwarm het bolletje met de hand (capillair vertikaal).
Wordt het gas verwarmd bij konstante druk of bij konstant volume of veranderen p en V beide?
3. Verwarm het water in een van beide bekers tot ca. 100°C.
Zet het bolletje met capillair en de thermometer in het maatglas in het koude (hete) water. Lees de stand van de onderkant van de kwikdruppel in de capillaire buis af en lees de thermometer af.
Noteer beide getalwaarden.

Giet een beetje heet (koud) water weg en vul aan met koud (heet) water. Lees weer beide instrumenten af. Noteer beide getalwaarden.

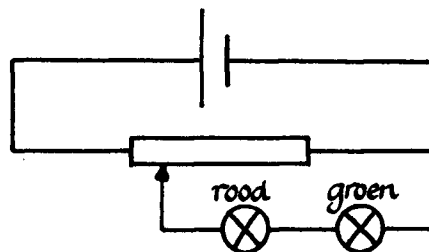
Herhaal dit totdat tenslotte het bolletje in koud (heet) water staat.
In totaal vijf à zeven meetpunten.
4. Teken de grafiek van de stand van de kwikdruppel als functie van de temperatuur. (vert. 1 cm - 1 cm, hor 10°C - 2 cm).
5. Welke konklusie kun je uit de grafiek trekken?
6. Het oppervlak van de inwendige doorsnede van de capillaire buis bedraagt
- Hoe groot is de volumetoename van het gas per graad temperatuurstijging?
7. Schat de inhoud van het bolletje. (Hoe?)
8. Bepaal met behulp van de algemene gaswet de inhoud van het bolletje.
9. Je kunt het oppervlak van de doorsnede van het capillair zelf berekenen door de inwendige diameter van het capillair te meten, maar dat gaat niet erg nauwkeurig.
Bedenk zelf een methode om dat oppervlak nauwkeuriger te bepalen. Geef aan welk(e) instrument(en) je nodig hebt en beschrijf hoe de bepaling verloopt.
10. Vermeld op je antwoordpapier de metingen in tabelvorm.

2.12.4. Schoolonderzoek natuurkunde VWO (1977)

Tijdens het praktikum mag je gebruik maken van alle apparatuur die zich op de bank bevindt.

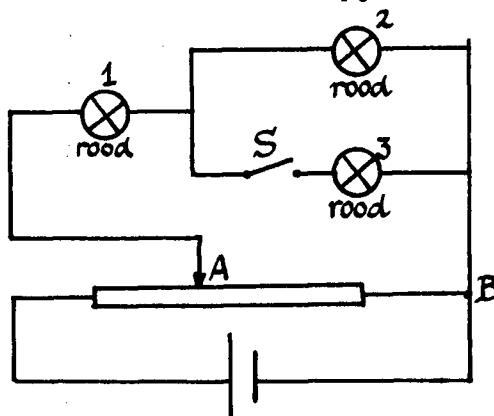
1. Je vindt op de bank een kant en klare schakeling.
 - a. Teken het bijbehorende schakelschema. Hoe heet deze schakeling? Vraag toestemming om de spanning aan te sluiten.
 - b. Zet met behulp van het schuifkontakt de voltmeter op 4 Volt. Vervang de voltmeter door het rode lampje. Op welke spanning brandt dit lampje nu? Geef aan hoe je aan je antwoord komt en leg het uit.
 - c. Laat het rode lampje nu op 5 Volt spanning branden. Draai het rode lampje los. Let op de voltmeter. Wat is het verschil met meting b.? Verklaar dit.
 - d. Herhaal de metingen b. en c. met het blauwe lampje. Wat is het verschil tussen de metingen met het rode lampje en het blauwe lampje? Geef een verklaring!

2. Maak de schakeling van figuur 1. Wat neem je waar? Geef een verklaring. Wat is het vermogen van de lampjes in deze situatie? Welke metingen heb je uitgevoerd? Geef een berekening.



figuur 1.

3. Maak de schakeling van figuur 2. V_{AB} konstant houden (ca. 6 Volt).
 - a. S open: Wat neem je waar? Hoe groot is de stroom door lampje 1 en door lampje 2?
 - b. Sluit S: Wat neem je waar? Verklaar dit. Hoe groot is de stroom door lampje 1? Hoe groot is de stroom door lampje 2?

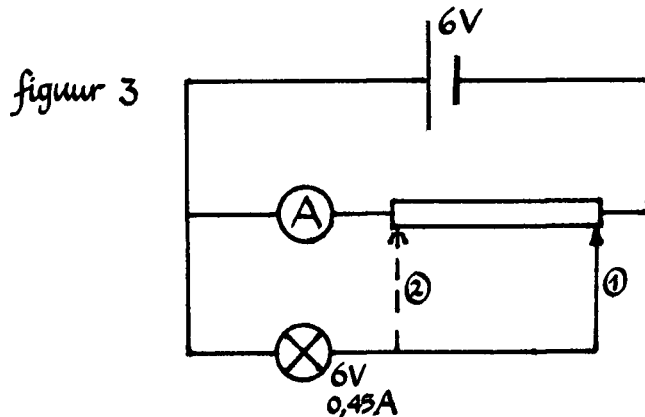


figuur 2.

4. Deze vraag heeft betrekking op de schakeling van figuur 3. Je mag deze proef uitvoeren. Het hoeft niet. Je moet wel de vragen beantwoorden.

- 1° Schuifkontakt in stand 1: Het lampje brandt fel.
De A-meter geeft ca. 200 mA aan.
- 2° Schuifkontakt in stand 2: Het lampje brandt niet.
De A-meter geeft ca. 200 mA aan.

- a. Geef een verklaring voor deze waarnemingen.
 b. Wanneer we het schuifkontakt langzaam van stand 1 naar stand 2 verplaatsen, is de stroom door de A-meter bij een bepaalde stand van het schuifkontakt minimaal.
 Geef hiervoor een verklaring.
 Aanwijzing: Stel een vergelijking op voor de vervangingsweerstand.



2.12.5. Schoolonderzoek HAVO (1977).

Metingen aan een luchtkussenbaan met behulp van een tijdtikker.

Formules:

$F = m \cdot a$ (F in newton; m in kg; a in m/s^2).

$$\left. \begin{aligned} s_t &= v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\ v_t &= v_0 + a \cdot t \end{aligned} \right\} \text{bij een eenparig versnelde beweging}$$

! Verwaarloos tijdens de gehele proef de invloed van de wrijving (behalve bij vraag m).

Het verslag bestaat uit de antwoorden op de vragen/opdrachten a t/m m.

Opstelling:

De luchtkussenbaan ligt zuiver horizontaal.

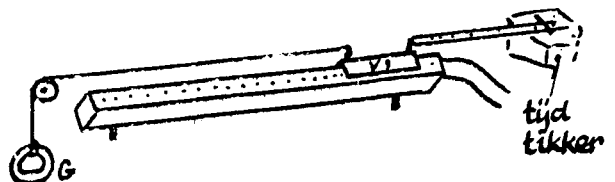
a) Hoe zou je dit praktisch kunnen controleren?

Door de stofzuiger in te schakelen drijft het voertuig V1 op de baan op een luchtkussen, zodat het wrijvingsloos kan bewegen.

b) Hoe zou je dit praktisch kunnen controleren?

Door middel van het gewichtje G is het mogelijk V1 een versnelde beweging te geven.

Deze laatste beweging gaan we onderzoeken met behulp van de tijdtikker. De tijdtikker geeft 50 tikken per seconde.



Metingen:

- c) Maak een zo lang mogelijke strook met behulp van de tijdtikker.
 d) Bepaal de massa van V2 tot 1 g nauwkeurig ($V1 = V2/$).

Uitwerking:

- e) Teken op mm-papier het s,t-diagram. Neem als tijdsinterval 0,2 sec. Schaalverdeling: $1 \text{ m} \hat{=} 10 \text{ cm}$ op papier; $0,2 \text{ sec} \hat{=} 1 \text{ cm}$ op papier.
- f) Knip de strook in stukken, die 0,2 sec beslaan en plak hiervan op mm-papier een v,t-diagram, zodat voor de horizontale as weer geldt: $0,2 \text{ sec} \hat{=} 1 \text{ cm}$ op papier.
- g) Bereken de schaalverdeling van de verticale as en zet die er bij.
- h) Hoe ziet het v,t-diagram van een eenparig versnelde beweging eruit?
- i) Voor welk gedeelte van het door jou bij vraag f) gemaakte v,t-diagram geldt (eventueel met enige benadering) dat de beweging eenparig versneld is?
- j) Bepaal voor dit gedeelte de versnelling $a (= \frac{\Delta v}{\Delta t})$.
- k) Bereken nu de kracht die G tijdens dit gedeelte van de beweging uitgeoefend heeft.

Deze kracht is (praktisch) de zwaartekracht, die G ondervindt.

- l) Bereken de massa van G.

Bij het bovenstaande is steeds de wrijving verwaarloosd. Dat dit niet korrekt is, blijkt bij controle van de massa van G. Deze is in werkelijkheid anders dan bij vraag l) berekend.

- m) 1. Beredeneer of de werkelijke massa van G groter of kleiner is dan de bij vraag l) berekende.
- 2. Bij welk(e) onderdeel(e)n van de opstelling is er volgens jou sprake van de meeste wrijvingsinvloed. Hoe is dit te verbeteren?
- 3. Uit welke onderdelen van de proef blijkt nog meer, dat de wrijving niet geheel te verwaarlozen is?

2.13.

Praedinius Gymnasium

J.D.A. Roeders, Turfsingel 82, Groningen.

2.13.1. Overzicht organisatie praktisch gedeelte schoolonderzoek.

A. Voor het S.O. worden in het natuurkundelokaal en het kabinet een aantal verschillende proeven opgesteld, of onderdelen voor proeven klaargelegd. Op dit moment beschikken we over 19 proefopstellingen; we streven naar een aantal van 25 proeven. De proeven zijn voorzien van een nummer en bij elk is een instructie aanwezig. Een lijst van proeven is te vinden onder punt D van dit overzicht.

B. Het S.O. wordt afgenomen aan groepen van 8-10 leerlingen per zitting, gedurende de laatste (2e) "mondellingeweek", eind april. Elke zitting neemt een ochtend in beslag en is als volgt ingedeeld:

9.00-9.05 Direkt na binnenkomst trekt iedere kandidaat een lot (nummer van de proef). Dit nummer bepaalt de proef, die uitgevoerd moet worden.

9.05-9.30 Voorbereidingstijd. Studietoeken en diktaat mogen worden gebruikt.

9.30-10.45 }
10.45-12.00 } Uitvoering van de proef en het schrijven van het verslag.

Het verslag bestaat uit de volgende onderdelen:

- Doel van de proef.
- Theorie: Theoretische afleidingen en beantwoording van vragen uit de instructie, die op de theorie van de proef betrekking hebben.
- Uitvoering: Korte beschrijving van de meetopstelling en vermelding van de meetgegevens.
- Resultaten en konklusie: Berekening van de gevraagde grootheden uit de meetgegevens, relaties tussen grootheden, konklusies. Vragen uit de instructie over experimentele facetten van de proef dienen hier beantwoord te worden. Een "fouten"-diskussie wordt, indien gevraagd, in deze paragraaf gegeven.
Voor het doen van berekeningen zijn een aantal eenvoudige elektronische rekenmachientjes in het lokaal aanwezig.

Het verslag wordt een dag later op een afgesproken tijdstip met de kandidaat besproken gedurende 10 minuten.

Het aantal kandidaten tot nu toe bedraagt steeds omstreeks 40, zodat het praktisch S.O. zich uitstrekt over vier ochtenden.

C. Het eindcijfer wordt bepaald uit drie deelcijfers, inliggend tussen 0 en 10:

1. Indruk tijdens praktikum (P). Hieronder valt o.a. de experimentele vaardigheid, zelfstandigheid van werken. Met iedere kandidaat wordt tijdens het uitvoeren van de proef een kort gesprek gevoerd over doel en uitvoering van de proef. Na afloop van een zitting wordt dit "praktische" cijfer uit gegevens, die leraar en technisch onderwijs assistent afzonderlijk hebben verkregen, door hen beiden in onderling overleg vastgesteld.

2. Theoretisch gedeelte van het verslag (T).
3. Experimenteel gedeelte van het verslag (de paragrafen Uitvoering en Resultaten) (E).

Deze drie cijfers monden uit in een eindcijfer door een gewogen gemiddelde te berekenen, b.v. eindcijfer = $(5P + 2T + 3E) / 10$.

D. Lijst van proeven.

1. Bepaling van de versnelling van de zwaartekracht met een slinger.
2. Het massa-veer systeem.
3. De eenparig versnelde beweging; 2e wet van Newton.
4. Proef van Melde.
5. De voortplantingssnelheid van geluid.
6. *Interferentie van licht (Young).
7. Golflengtebepaling van licht met een tralie.
8. *Polarisatie van licht bij terugkaatsing en breking; wet van Brewster.
9. Weerstandsbevestigingen met de brugschakeling van Wheatstone.
10. *Meting van magnetische velden (magnetische schommel).
11. De wisselstroom-serieketen.
12. De zaagtandspanning; ijking van een draaikondensator.
13. *De fysische slinger.
14. Centrale botsingen.
15. *Rotatie; bepaling traagheidsmoment.
16. Lenzen; microscoop.
17. De diode; gelijkrichting.
18. *Absorptie van licht; concentratiebepaling van absorberende stof.
19. De massa van het elektron ("Fadenstrahlrohr").

Van de met *) aangeduide proeven is een instructie met eventueel afbeelding van de opstelling bijgevoegd bij dit overzicht.

Proef 1 zal vanwege het eenvoudige karakter t.o.v. de andere proeven bij het volgende S.O. niet meer opgesteld worden.

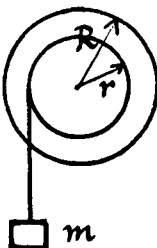
Niet iedere proef kan elk jaar worden opgesteld; alleen die proeven kwamen in aanmerking, die betrekking hadden op groepen uit het eindexamenprogramma voor dat jaar.

2.13.2. Rotatie.

Doel van de proef is het onderzoek van de rotatie van een lichaam door de werking van een konstant moment. Voorts wordt het traagheidsmoment van dit lichaam experimenteel bepaald.

Theorie:

Het principe van de proef is weergegeven in onderstaande figuur.



Aan een wiel is een lichte schijf (straal r) gemonteerd; wiel en schijf zijn draaibaar om dezelfde, horizontaal opgestelde as. Om de schijf is een koord gewonden dat met een eind vastzit aan de schijf; aan het andere eind kan een gewicht (massa m) gehangen worden. Als het gewicht wordt losgelaten gaat het wiel draaien.

Welke kracht op het wiel veroorzaakt het voor de draaiing benodigde moment? Toon aan dat het gewicht een versnelling a krijgt, gegeven door

$$a = \frac{mg}{m + I/r^2} \quad (1), \text{ met } I \text{ het traagheidsmoment.}$$

Wordt op tijdstip $t=0$ het gewicht losgelaten, dan wordt op tijdstip t de hoekverdraaiing $\varphi(t)$ van het wiel gegeven door $\varphi(t) = \frac{1}{2}\alpha t^2$ (2) waarbij voor de hoekversnelling α geldt: $\alpha = \frac{mgr}{mr^2 + I}$

Toon dit aan. Hoe zou men deze soort rotatie kunnen noemen?

Uitvoering:

Het wiel is bij deze proef draaibaar om een verticale as. Via katrollen wordt de valbeweging van het gewicht op het wiel overgebracht. Het wiel kan worden geblokkeerd; tegelijk met het lossen van de rem op het wiel wordt het gewicht via een "valluik" in beweging gezet.

A. Bepaling van de hoekversnelling.

De hoekversnelling van het wiel wordt bepaald door de tijd t te meten, die het gewicht nodig heeft om over een afstand h te dalen. De hoekverdraaiing $\varphi(t)$ is dan te vinden uit $\varphi(t) = h/r$. De waarde van r bij deze proef is 5,0 cm. Uit formule (2) is dan α te bepalen. Meet nu - steeds tweemaal - de valtijd voor het gewicht van 2 x 40 gram voor $h = 0,2; 0,4; 0,6; 0,9; 1,2$ en 1,5 meter.

Bepaal dan grafisch uit het (φ, t^2) -diagram de hoekversnelling. Waarom een (φ, t^2) -diagram?

B. Bepaling van het traagheidsmoment.

Uit (1) blijkt dat voor deze proef het traagheidsmoment gegeven wordt door $I = m r^2 (g/a - 1)$ (4).

Dit betekent dat we deze grootte kunnen bepalen door het meten van de lineaire versnelling a van een gewicht met massa m . Meet daartoe de tijd voor het dalen van h meter voor twee der drie gewichten (80 en 120 g) en $h = 0,6; 1,0$ en 1,4 meter. Laat elke meting door een controlemeting volgen. Bereken voor de drie waarden van m de bijbehorende versnelling en dan met (4) het traagheidsmoment. Bereken de gemiddelde waarde van I en beschouw dit als de beste waarde.

Uit de massa ($M = 2,75$ kg) van het wiel en de straal ($R = 0,33$ m) is onder zekere voorwaarden het traagheidsmoment volgens $I = MR^2$ te berekenen. Welke zijn die voorwaarden? Voer de berekening uit en vergelijk deze theoretische waarde met de experimenteel bepaalde.

Verklaar het (eventuele) verschil.

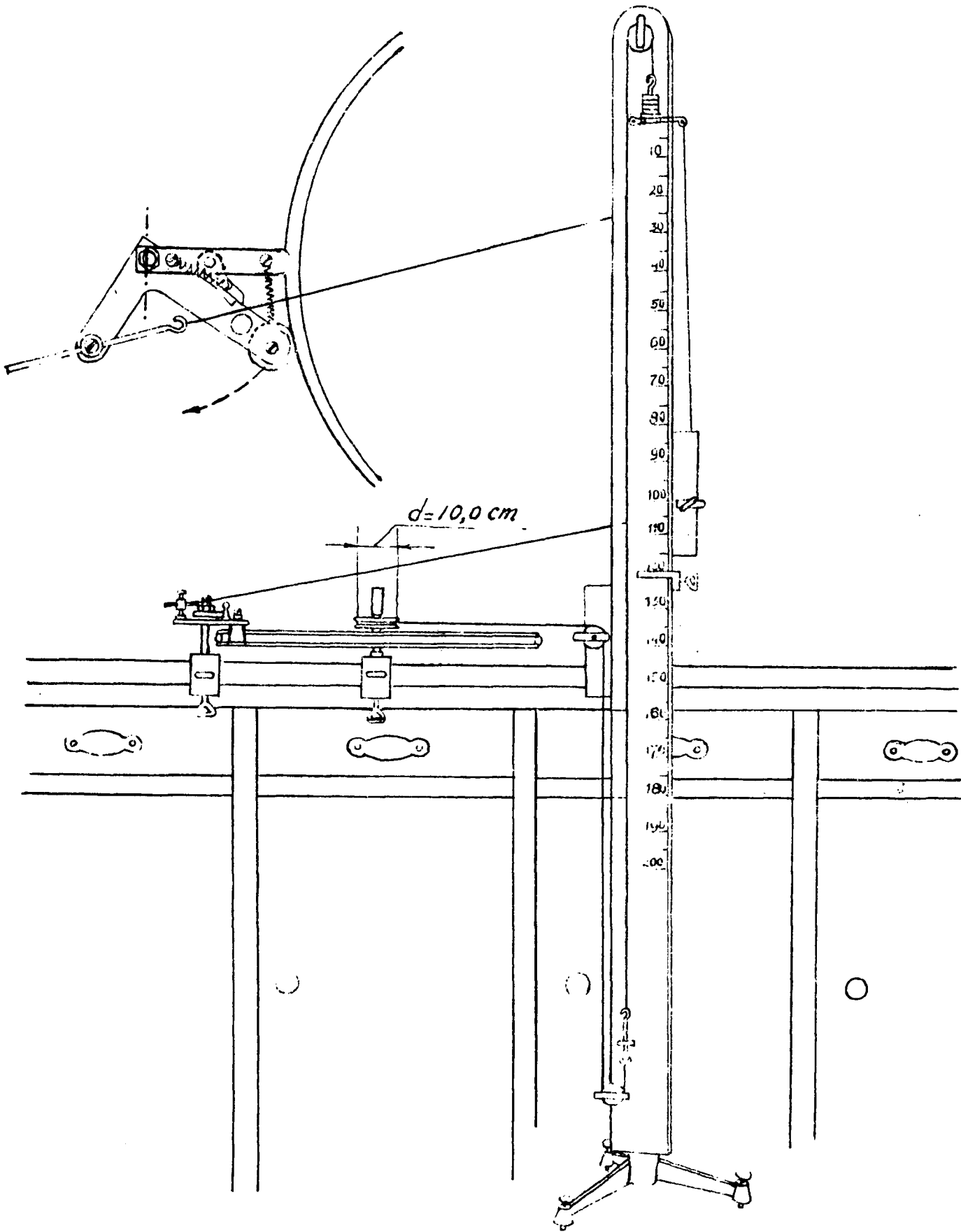
Opstelling rotatieproef:

Doel: Bepaling van het traagheidsmoment.

Omschrijving van het toestel: Bijgaande afbeelding laat duidelijk zien, dat hier sprake is van een gekombineerde toepassing van twee veelal reeds tot de standaarduitrusting behorende apparaten. Het toestel van Atwood en een wiel waarvan de velg verzwaard is met b.v. een loden band.

De as van het wiel en de as van het mechaniek kunnen met behulp van tafelklemmen in de gewenste positie aan een tafelblad worden geklemd.

Het mechaniek (zie aparte afbeelding) geeft aan de kandidaat de gelegenheid om gelijktijdig zowel het valluik te laten omklappen als de rem op het wiel te lossen.



2.13.3. De fysische slinger.

Het doel van de proef is het onderzoeken van de invloed van het traagheidsmoment van een slingerend lichaam op de slingertijd.

Theorie:

Een lichaam met massa m slingert om een as door punt O ; het traagheidsmoment om die as is I en de afstand van draaipunt tot zwaartepunt is l' .



De slingertijd T van deze fysische slinger wordt dan gegeven door

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl'}} \quad (1)$$

Toon dit aan.

Voor een overal even dikke, homogene staaf met massa m en lengte l , die draait om een as aan een staafeind, is het traagheidsmoment

$$I = \frac{1}{3} ml^2 \quad ; \quad \text{het traagheidsmoment om het zwaartepunt (hier dus het midden van de staaf) is dan } I_z = \frac{1}{12} ml^2.$$

Laat men een staaf slingeren om een as aan een staafeind en vergelijk men de trillingstijd T met die van een mathematische slinger (wat verstaat men daaronder), T_m , dan is $T = T_m$ als de lengte L van de mathematische slinger voldoet aan :

$$L = \frac{2}{3} l$$

Toon dit aan.

Uitvoering.

Bij de te gebruiken staaf (massa 0,1 kg) kan het draaipunt op een willekeurige positie worden ingesteld. Het meten van de slingertijd T moet nauwkeurig gebeuren. Meet daarom de tijd nodig voor minstens 40 slingeringen en bepaal T daaruit.

A. De slingerende staaf.

Bepaal T en meet de staaf lengte voor het geval dat de staaf slingert om een as aan het staafeinde. Vergelijk de gemeten waarde van T met de theorie.

B. Leg het draaipunt nu op afstand $L = \frac{2}{3} l$ van het uiteinde (punt P) en laat de staaf weer slingeren. Welke waarde van T vind je nu? Laat met relatie (1) zien, dat het traagheidsmoment bij onderdeel A (I_A) driemaal zo groot is als het traagheidsmoment I_B van de staaf bij slingeren om punt P.

Als we nu bedenken dat bij draaiing om een as door Z geldt

$$I_z = \frac{1}{12} ml^2 \quad , \quad \text{dan is kennelijk :}$$

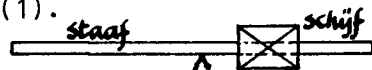
$$I_A = \frac{4}{12} ml^2 = \frac{1}{12} ml^2 + \frac{1}{4} ml^2 = I_z + m\left(\frac{l}{2}\right)^2$$

$$\text{en } I_B = \frac{4}{36} ml^2 = \frac{1}{12} ml^2 + \frac{1}{36} ml^2 = I_z + m\left(\frac{l}{6}\right)^2$$

Wat verwacht je nu voor het traagheidsmoment om een as op afstand b van het zwaartepunt? Het resultaat is algemeen geldig (wet van Steiner). Verifieer het gevonden verband door een proef.

C. Monteer in Z het schijfvormige stuk messing (massa is dezelfde als van de staaf; vat het op als puntmassa). Laat de staaf slingeren om een as door het uiteinde. Meet de slingertijd en vergelijk die met de waarde volgens (1).

D. Bepaling zwaartepunt.



Bevestig de schijf ergens op de onderste helft van de staaf. Meet de slingertijd en de afstand q tussen draaipunt (aan uiteinde) en de schijf. Voor het traagheidsmoment geldt $I = \frac{1}{3} ml^2 + mq^2$. Waarom? Bereken nu met behulp van (1) de plaats van het zwaartepunt van deze slinger. Controleer tenslotte deze bepaling door de staaf los te maken van het statief en hem horizontaal door ondersteuning op één punt in evenwicht te brengen. Van welke wet maak je nu gebruik?

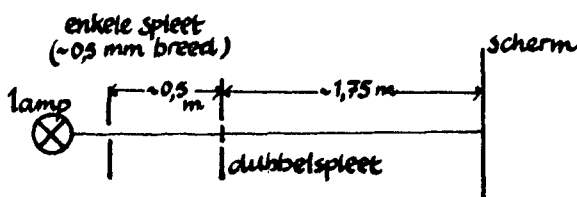
2.13.4. Interferentie van licht; de proef van Young.

Doel:

Het waarnemen van interferentie van licht en golflengtebepaling van licht.

Uitvoering:

Bij de proef van Young wordt gebruik gemaakt van twee nauwe, evenwijdige spleten met geringe onderlinge afstand, om twee coherente (wat is dat?) lichtbronnen te verkrijgen. Deze twee spleten worden verlicht vanuit een enkele spleet (waarom?) en op een scherm achter de dubbelspleet worden interferentieverschijnselen waargenomen. Laat zien dat voor monochromatisch licht (golflengte λ) de afstand tussen twee opvolgende maxima op het scherm gegeven wordt door $x = a \cdot \lambda / d$, waarbij a de afstand van dubbelspleet en scherm is en d de spleetafstand is. Maak de opstelling als in de figuur aangegeven.



- Gebruik wit licht en geef in een schets weer wat je waarneemt op het scherm. Verklaar je waarnemingen.
- Zet voor de lamp het kleurfilter. Meet de afstand tussen zoveel mogelijk interferentielijnen op het scherm. Bepaal hieruit de waarde x . Meet de afstand a tussen dubbelspleet en scherm. Bepaal de spleetafstand d door van de dubbelspleet een vergroot beeld te ontwerpen op het scherm met de positieve lens. Verlicht de dubbelspleet met de lamp. Bepaal uit het vergrote beeld, de beeldafstand en de voorwerpsafstand, de spleetafstand d . Bereken dan de golflengte van het gebruikte licht. Maak een schatting van de procentuele fout in de gemeten golflengte.

2.13.5. Polarisatie van licht.

Doel:

Onderzoek naar polarisatietoestand van licht bij terugkaatsing en breking. Bepaling van de brekingsindex van licht voor glas.

Theorie:

Laten we ongepolariseerd licht invallen op een glasplaatje dan blijkt het gereflecteerde licht gepolariseerd te zijn. Bij een bepaalde invalshoek φ is het gereflecteerde licht zelfs volledig gepolariseerd (wat betekent dit?).

Bij die hoek blijken de gereflecteerde en gebroken lichtstraal loodrecht op elkaar te staan.

Geef in een tekening de polarisatierichting van de gereflecteerde straal bij die hoek aan en verklaar de volledige polarisatie.

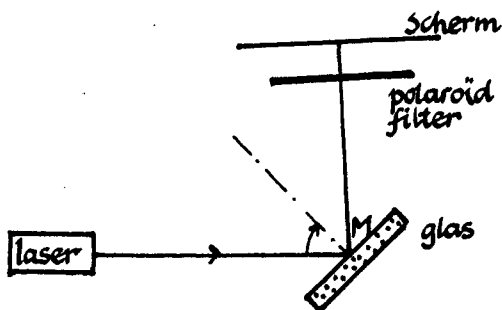
Toon aan dat tussen φ en de brekingsindex n het volgende verband bestaat: $\text{tg } \varphi = n$ (Wet van Brewster).

Uitvoering:

We gebruiken als lichtbron een helium-neonlaser die ongepolariseerd licht met golflengte 6328 \AA uitzendt.

N.B. Kijk nooit rechtstreeks in de bundel (oogschade)!

De polarisatietoestand van het licht wordt onderzocht met een polaroïdfilter dat draaibaar is opgesteld. Ga na dat het laserlicht niet gepolariseerd is. Hoe doe je dat?



Stel de laser op aan het ene eind van de optische bank en monteer de draaitafel, voorzien van gradenboog, aan het andere eind.

Gebruik de onderste graadverdeling (rode wijzer). Zet de wijzer op 0° en plaats het glasplaatje op het plateau.

Het moet zorgvuldig loodrecht op de laserbundel staan.

Dat gelukt goed door te letten op de gereflecteerde bundel. Let er verder op dat de bundel het plaatje treft in het draaipunt M. Als de vereiste instelling is verkregen, wordt het plateau over $\approx 10^\circ$ gedraaid. Vang het gereflecteerde licht op het scherm op. Plaats tussen glasplaat en scherm het polaroïdfilter en onderzoek door draaiing van het filter de polarisatietoestand van de bundel. Verander de reflectiehoek en herhaal de procedure. Bepaal op deze wijze de hoek waarbij volledige polarisatie optreedt. Onderzoek bij reflectiehoek ook de polarisatietoestand van de gebroken lichtstraal. Verklaar wat je waargenomen hebt.

Herhaal de proef met de acht op elkaar geplakte glasplaatjes. Ook hier weer zorgvuldig instellen!

Bepaal weer φ en onderzoek ook nu de polarisatietoestand van de gebroken bundel. Verklaar wat je hebt waargenomen. Vergelijk de polarisatierichtingen van gereflecteerde en gebroken lichtbundel. Onderzoek vervolgens de polarisatietoestand van het door een metaalplaatje gereflecteerde licht. Verklaar het resultaat.

Bereken voor glas de gemiddelde waarde van de hoek φ uit beide proeven. Bepaal hieruit de brekingsindex.

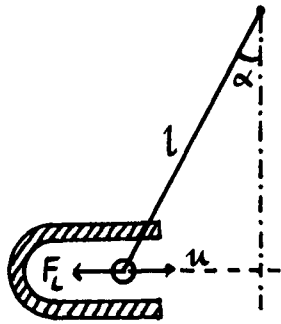
2.13.6. Meting van magnetische velden.

Doel:

Het bepalen van de magnetische inductie B van een hoefmagneet (permanente magneet) en van een spoel met ijzerkern (elektromagneet).

Theorie:

Voor de bepaling van B gebruiken we een "magnetische schommel": een messingstaaf (massa m) opgehangen aan twee zeer soepele en lichte stroomdraden van lengte l. De messingstaaf wordt opgesteld



tussen de polen van de magneet.

Door een stroom I door de schommel ontstaat een Lorentzkracht

$$F_L = I b B \text{ als } \vec{B} \perp \vec{I}$$

b is de lengte van de staaf waarover het veld werkzaam is. Voor b mag de breedte van de magneetpolen worden gerekend.

De schommel raakt uit zijn evenwichtsstand, waardoor de zwaartekracht voor een teruggedrijvende kracht zorgt.

In de nieuwe evenwichtsstand van de schommel geldt:

$$I = \frac{m g u}{B l b} \quad \text{als uitwijking } u \ll l.$$

Leid deze betrekking af.

Uitvoering:

Plaats de hoefmagneet op het in hoogte verstelbare plateau en stel de hoogte zo in dat de messingstaaf in het centrum van het magneetveld hangt en evenwijdig met de poolvlakken is. Maak de stroomkring in orde (ampèremeter opnemen; schaalgebied 6A). Ga na of de "kurkretrekkerregel" voorspelt wat je waarneemt als je even een stroom van enkele ampères door de schommel stuurt.

Meet nu de verplaatsing u van de wijzer aan de staaf voor $I = 1, 2, 3, \dots, 6$ A. Dit kan het beste gebeuren door onder de wijzerpunt een stuk millimeterpapier te leggen (mag niet verschuiven) en met potlood de verplaatsing hierop aan te geven. Verplaats de magneet steeds zo, dat de staaf voortdurend op dezelfde plaats in het magneetveld blijft (waarom?).

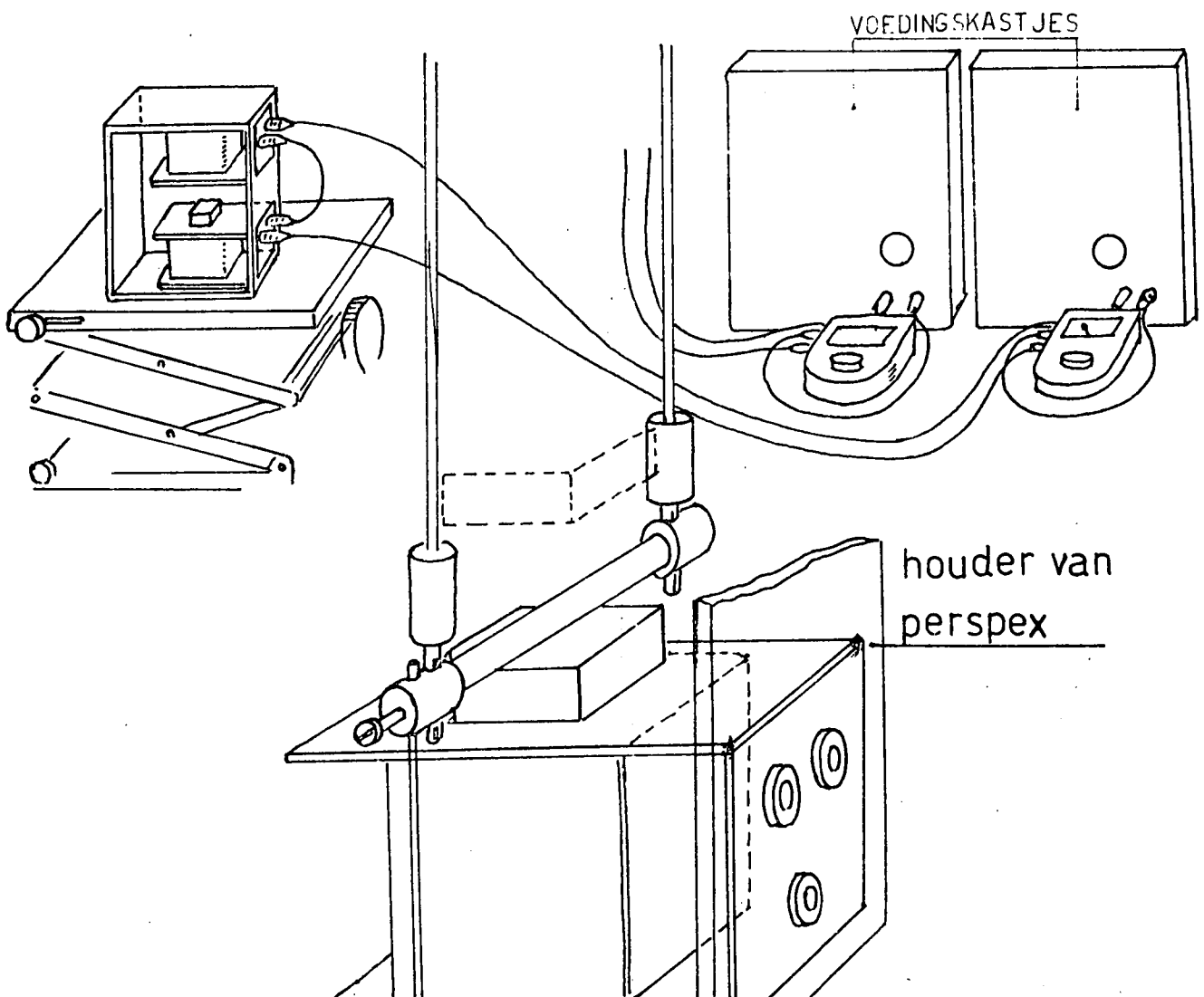
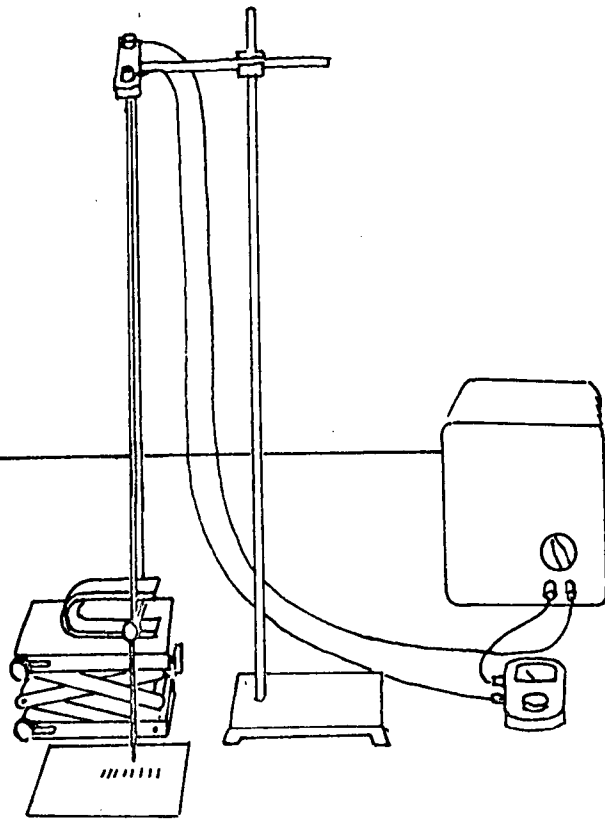
Herhaal de proef nadat de magneet is omgekeerd en bereken dan de gemiddelde waarde van steeds twee korresponderende verplaatsingen u. Vervang de permanente magneet door de elektromagneet. Schakel de twee spoelen in serie en neem ze op in een aparte stroomkring. Zorg ook hier weer voor nauwkeurige positionering van de staaf in de lichtspleet tussen beide spoelen. Zorg dat de staaf steeds dezelfde positie in het veld blijft innemen. Meet voor $I = 4$ A door de schommel de verplaatsing u bij stroomsterkten I_s door de spoelen van 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 en 2,5 A. Herhaal de metingen voor $I = 6$ A.

Bepaal de lengte l van de schommel; de massa van de staaf (de stekkerpennen samen zijn 8,5 gram); de breedte b van de permanente magneetpolen en b van de ijzerkern in de elektromagneet. Maak grafische voorstellingen van I, resp. I_s als functie van u. Bepaal uit de helling van eerstgenoemde grafiek de magnetische inductie tussen de polen van de permanente magneet.

Wat valt je op omtrent het verband tussen I_s en u? Wat is je konklusie? Bepaal de helling van beide lijnen. Laat hieruit zien dat de relatie tussen de magnetische inductie van de spoel B_s en de stroomsterkte I_s dus geschreven kan worden als $B_s = \text{konstante}$. Bereken deze konstante uit beide meetseries. Bepaal de gemiddelde waarde. De maximaal toelaatbare stroom I_s is 5A. Hoe groot is de maximale waarde van de magnetische inductie in de lichtspleet van beide spoelen?

METING VAN MAGNETISCHE VELDEN

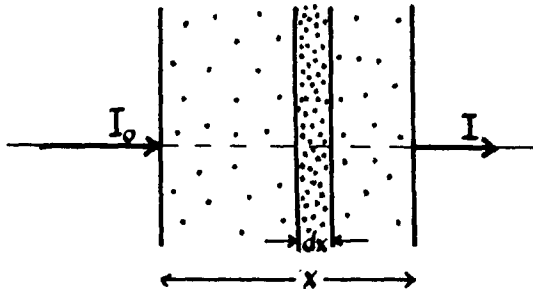
-137-



2.13.7. De absorptie van licht.

Het doel van de proef is het onderzoek van absorptie van licht in een absorberende oplossing en de bepaling van de concentratie van een absorberende stof in een vloeistof.

Theorie:



Laat men licht met intensiteit I_0 op een absorberende laag vallen en is de intensiteit van het uit-tredende licht I dan is de relatie tussen I en I_0 als volgt te vinden: Het blijkt dat de hoeveelheid licht die geabsorbeerd wordt in een zeer dun laagje dx evenredig is met de intensiteit van het op dat laagje invallend licht.

De intensiteitsvermindering $-dI$ die het licht ondergaat bij passage van een dunne laag dx is dus te schrijven als

$$-dI = aI dx \quad (1),$$

waarbij a de absorptiecoëfficiënt van de absorberende stof is.

Voor een absorberende stof die opgelost is in een vloeistof is a evenredig met de concentratie (c) van die stof, dus

$$a = a_0 c \quad (2)$$

Waarvan hangt a nog meer af?

Voor een laag met dikte x volgt uit (1) de betrekking

$$I = I_0 e^{-ax} \quad (\text{wet van Beer}).$$

Leid deze betrekking af.

Uit intensiteitsmetingen als functie van de doorlopen dikte x kan de absorptiecoëfficiënt a bepaald worden van een bekende concentratie c van een absorberende stof in een vloeistof. Op analoge wijze kan de absorptiecoëfficiënt a_x van een onbekende concentratie c_x van de absorberende stof worden bepaald. Uit (2) volgt dan dat $c_x = (a_x/a)c$.

Uitvoering:

Als lichtbron wordt een laser gebruikt. De laserbundel wordt via een spiegel vertikaal door een eveneens vertikaal cylinderglas, waarin zich de absorberende vloeistof (CuSO_4 opl. in water) bevindt, op een lichtgevoelige weerstand (LDR) gericht. De dikte van de absorberende vloeistoflaag kan op eenvoudige wijze worden gevarieerd. De weerstandwaarde van de LDR is omgekeerd evenredig met de intensiteit van het opvallende licht. De LDR wordt aangesloten op een konstante spanning en de stroom door de LDR wordt gemeten.

Hoe is het verband tussen stroomsterkte en lichtintensiteit?

Maak de opstelling in orde. Zorg ervoor, dat de lichtbundel goed door het diafragma voor de LDR gaat.

Verschuif tijdens de metingen niets aan de opstelling!

De eerste meting wordt gedaan met de bekende concentratie (0,1 N).

De kleinst afleesbare laagdikte is 3 cm. Stel bij deze dikte de spanning over de LDR zó in, dat de stroomsterkte circa 1 mA is door deze weerstand (meetbereik instellen op 1mA; Leybold meter).

Lees vervolgens bij 4, 5,11, 12 cm laagdikte de stroomsterkte af.

Verplaats dan het voorraadvat naar beneden en verminder de laagdikte van 12 naar 113 cm. Lees steeds de stroom af.

Noteer de metingen in een tabel en bereken voor elke dikte het gemiddelde van de twee stroomwaarden. Herhaal de metingen met de onbekende concentratie.

Uitwerking der meetresultaten.

De concentratieverhouding van beide oplossingen kan eenvoudig worden bepaald op de volgende manier. Omdat pas kan worden gemeten als $x \gg 3$ cm, wordt de wet van Beer als volgt geschreven:

$$I = I_3 e^{-a(x-3)}$$

waarbij I_3 de intensiteit van het licht door 3 cm vloeistof is. We voeren nu de halfwaarde dikte $d_{1/2}$ in, waarvoor geldt $I = \frac{1}{2} I_3$. Wat is dus de betekenis van $d_{1/2}$? Laat zien dat de volgende relatie geldt:

$$d_{1/2} = (\ln 2/a) + 3$$

Zet de meetresultaten uit op half logaritmisch papier.

Wat is het voordeel hiervan? Uit de grafiek kan eenvoudig de halfwaarde dikte voor beide gevallen worden bepaald. De concentratieverhouding en dus ook de onbekende concentratie volgt dan uit

$$\frac{c_x}{c} = \frac{a_x}{a} = \frac{d_{1/2} - 3}{(d_{1/2})_x - 3}$$

Foutendiskussie.

Ga na, hoe groot de onzekerheid is in de bepaling van uit de grafiek. Hoe groot wordt daardoor de bepaling van c_x ?

2.14

RSG Harderwijk
W. Molendijk, Eisenhowerlaan 59, Harderwijk.

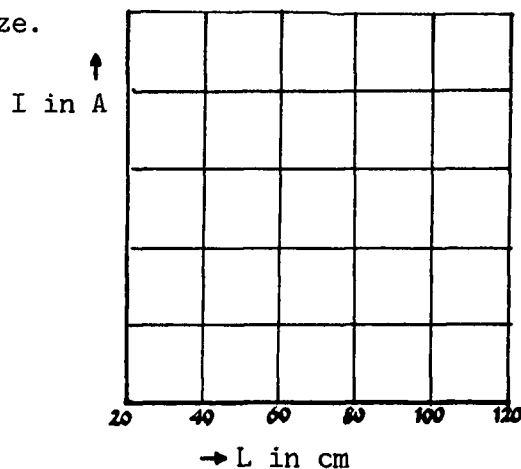
2.14.1. Schoolonderzoek, onbekende proeven (atheneum).

1. Verborgen tussen de stukken karton is een gesloten kring van weerstanddraad, die gemaakt is door een aantal stukken weerstanddraad met elkaar te verbinden. De verbindingen zijn gemaakt door de draden om elkaar te wikkelen. Deze verbindingen steken door het karton heen; we hebben ze 1 t/m 6 genummerd.
De lengte van de stukken weerstanddraad tussen de eerste en volgende verbindingpunten, alle gemeten in dezelfde richting langs de kring vind je in onderstaande tabel.
Verbind de ingestelde spanningsbron in serie met de ampèremeter met de kontaktpunten 1 en 2 (niet te lang!).
Lees de ampèremeter af en noteer je resultaat in de tabel.
Herhaal deze procedure voor de andere paren kontaktpunten uit de tabel. Teken in onderstaand assenstelsel een grafiek van de stroomsterkte I tegen de lengte L van de weerstanddraad. Geef de as daartoe een geschikte schaalverdeling. Gebruik de grafiek om een schatting te maken van de totale lengte van de weerstanddraad van deze kring.

De lengte is:

Verklaar op het proefwerkvel je werkwijze.

kontaktpunten	draadlengte L	stroomsterkte I
1 en 2	40 cm	
1 en 3	60 cm	
1 en 4	80 cm	
1 en 5	100 cm	
1 en 6	120 cm	

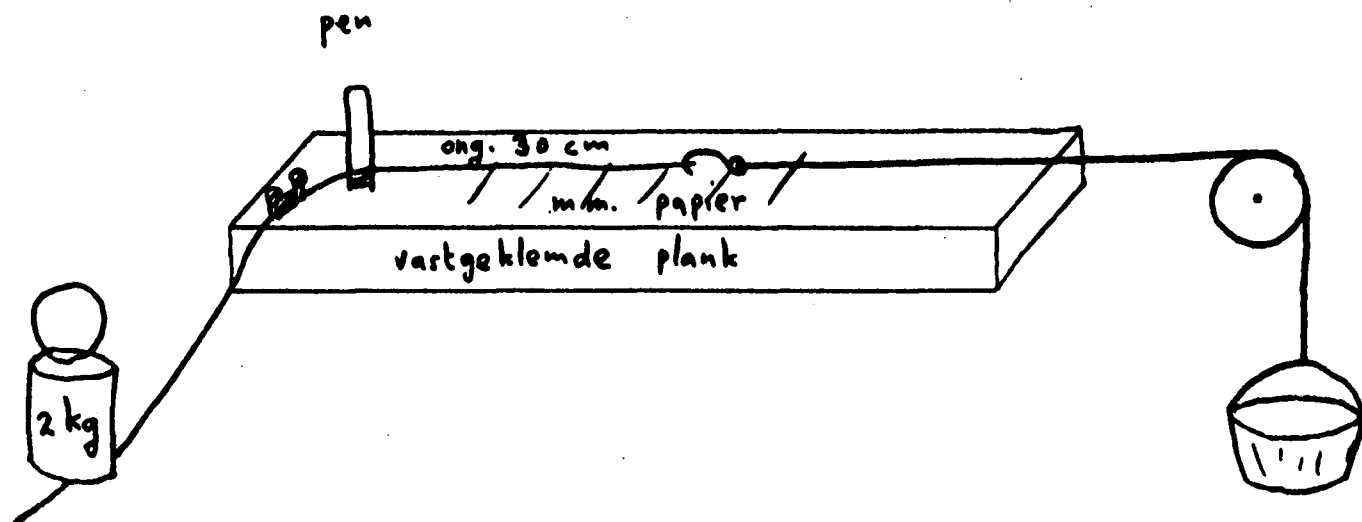


2. Knip een stuk van ongeveer 1 meter garen af van het klosje. Doe het dubbel en haak het aan het touwtje, waaraan een plastic emmertje hangt. Bekijk de figuur voor het principe van de opstelling. Neem voor de lengte van de draad tussen de pen en het haakje ongeveer 30 cm. Draai de dubbele draad dan een keer of vijf rond de pen en maak hem vervolgens vast aan de schroeven. Zet het 2 kg gewicht op het uiteinde, opdat de hoeveelheid garen tussen pen en haakje voortdurend gelijk blijft.
Vul nu het emmertje met gewichten totdat de draad breekt.
Noteer welke kracht daarvoor nodig was en ook hoeveel de draad uitgerekt was op het moment dat hij brak. (Misschien moet je het nog eens doen).

Benodigde kracht: ; $l_0 = \dots\dots\dots$; $l_{max} = \dots\dots\dots$

Uitrekking van de draad:

- Gebruik deze resultaten om een schatting te maken van de hoeveelheid arbeid, die verricht wordt tot vlak voordat de draad breekt.
- Laat zien welke stappen je in je berekening doet.
- Welke aanname heb je gemaakt?
- Als de dubbele draad 60 cm lang was i.p.v. 30 cm, zou de verrichte arbeid dan anders zijn geweest? Verklaar je antwoord.



- Een niet gebroken straal water valt vertikaal op een horizontale plaat. Je zult zien, dat er op de plaat een betrekkelijk vlak gedeelte is rond de plaats waar de straal neerkomt. Dit gedeelte wordt begrensd door een duidelijk zichtbare cirkelvormige rand, waarbuiten het water wat ruwer en dieper is.

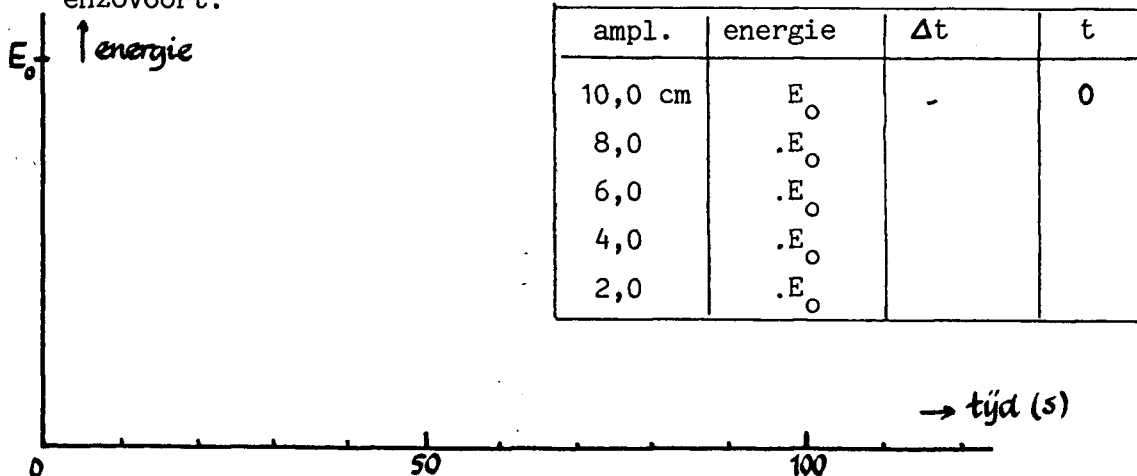
Je mag de plaat bewegen zoals je wilt, maar laat het geheel ten slotte achter zoals je het vond.

Stel dat je een onderzoek moet doen om erachter te komen waardoor de grootte van het cirkelvormige gebied bepaald wordt.

Leg nauwkeurig uit, welke drie experimenten je dan zoudt doen.

- Als je een slinger laat slingeren, dan konstateer je dat hij na enige tijd weer stil hangt. Alle energie van de slinger is dan omgezet in warmte ("verloren gegaan"). Maak een grafiek van het energieverlies van een slinger tegen de tijd.

Neem een slinger met een lengte van ong. 20 cm. Geef deze een uitwijking van 10,0 cm op $t = 0$. De energie, die de slinger heeft op $t = 0$ noemen we E_0 . Meet de tijd, die nodig is om de amplitudo af te laten nemen tot 8,0 cm. Vervolgens de tijd, die nodig is om de amplitudo af te laten nemen van 8,0 cm tot 6,0 cm, enzovoort.



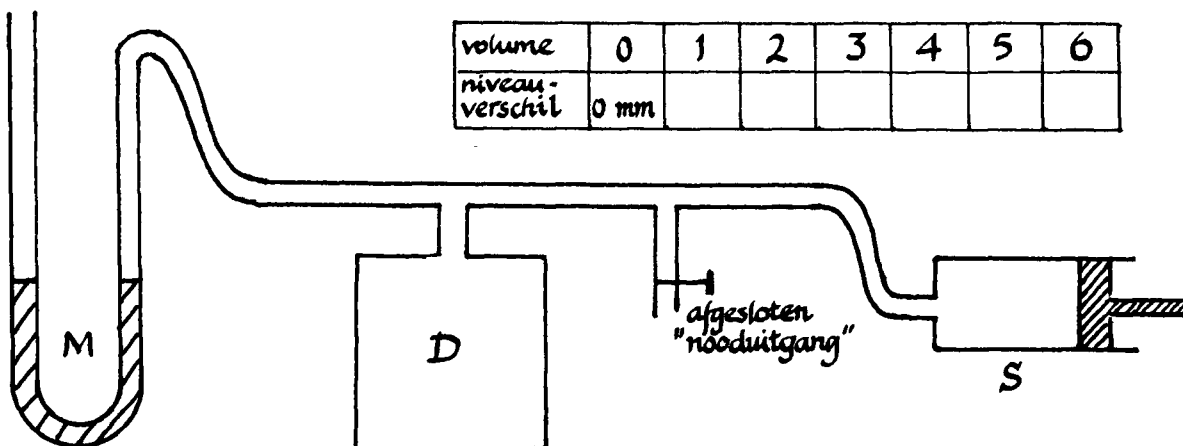
5. Je hebt een lang stuk weerstanddraad. Aan de ene kant kun je het klemmen in een bankschroef, aan de andere kant is een dwarsstangetje bevestigd. Klem de draad in de zijkant van de bankschroef, zodat de lengte van bankschroef tot dwarsstangetje 80 cm bedraagt. Schakel deze draad in serie met de ingestelde gelijkspanningsbron en de ampèremeter en noteer de stand van de ampèremeter. (Laat de draad niet langer dan nodig verbonden. Gebruik krokodil-klemmen voor het maken van de elektrische verbindingen met de draad, maar haal ze weg als je de draad gaat uitrekken). Pak nu het dwarsstangetje aan het eind van de draad en trek daar langzaam en gelijkmatig aan, totdat de draad een blijvende lengtevermeerdering van 10 % heeft ondergaan. Verbind 88 cm van de uitgerekte draad in serie met de spanningsbron en de ampèremeter en noteer weer de stand van de ampèremeter.

Stroomsterkte 1 = stroomsterkte 2 =

Geef een verklaring voor de gevonden resultaten. Laat met een korte berekening zien, dat jouw verklaring ook getalmatig bevestigd wordt door de metingen.

6. Leg de perspex staaf op het grafiekenpapier evenwijdig aan één stel van de lijnen. Kijk recht naar beneden door de staaf en bepaal de vergroting, die 1 mm op het grafiekenpapier lijkt te hebben. Schrijf het resultaat op en beschrijf nauwkeurig hoe je het hebt verkregen. Als je je waarnemingen vele malen zou moeten herhalen, verwacht je dat ze dan een grote spreiding zouden vertonen? Verklaar je antwoord. Hoe groot is die spreiding ongeveer?

- 2.14.2. De in fig. 2 getoonde apparatuur is al opgesteld. Je kunt niet zien wat zich in doos D bevindt. Je kunt er lucht inbrengen door spuit S. Een eventuele overdruk zal worden aangegeven door een verschil tussen de vloeistofniveaus in manometer M. Je begint met de zuiger in de stand 0. Daarna duw je hem rustig naar binnen in zes gelijke (volume-)stappen, die aangegeven zijn door de strepen 1 t/m 6 op de cylinder. Na iedere stap noteer je het verschil tussen de vloeistofniveaus van de manometer in onderstaande tabel. Beweeg de zuiger weer rustig naar stand 0 terug.
- Is er een lek in het door de zuiger afgesloten volume lucht?
 - Raad op grond van je waarnemingen wat er in doos D verborgen is. (Vertel in ieder geval wat je opvalt aan de waarnemingen).



2.15.

SG Van Oldenbarnevelt
W. Bijker c.s., Afrikaanderplein 40B, Rotterdam.

2.15.1. Inleiding.

Sinds 1974 hebben wij een praktisch schoolonderzoek bij HAVO en VWO toegepast. Na een aanlooperperiode in de vorige cursus, draait het bovenbouwpraktikum dit jaar volledig in de hierna te schetsen opzet.

Vorm en type van de praktikumopdrachten.

Het type van de opdrachten is onderzoekend en/of verifiërend; dit is afhankelijk van de opdracht en/of de aanpak door de leerlingen zelf.

De vorm van de meeste opdrachten is "half-open".* Elke opdracht bestaat uit een stuk theorie, waarin het probleem ingeleid wordt en een literatuurverwijzing. Deze literatuurverwijzing moet de leerling steun geven bij de (voor alle proeven noodzakelijke) voorbereiding. Leerlingen hebben de mogelijkheid om in de plaats van de gesuggereerde proeven zelf andere zinnige vragen m.b.t. het probleem te onderzoeken; een dergelijk eigen initiatief wordt positief gewaardeerd bij de eindbeoordeling. De half-open praktikumopdrachten zijn met opzet vaag gehouden om de leerlingen zoveel mogelijk tot nadenken te stimuleren. Dit maakt wel de beoordeling, zeker in het begin, extra moeilijk. Naarmate in de loop der jaren meer praktikumopdrachten zijn uitgevoerd, kunnen de eisen die aan de uitvoering en uitwerking gesteld worden langzaamaan verscherpt worden.

De proeven worden om praktische redenen niet geïntegreerd in het lesgebeuren. In het rooster zijn wel blokken voorzien waarin de leerlingen hun, verschillende, proeven kunnen doen. De leerlingen krijgen 1 à 2 weken vantevoren de half-open opdrachten en moeten het verslag na een week inleveren. Aan de hand van dit verslag vindt de beoordeling plaats op een aantal ook voor de leerling duidelijke punten.

Naast deze half-open opdrachten gebruiken we ook gesloten praktikumopdrachten (zie verder) en projecten. Deze projecten (die in de plaats kunnen komen van een aantal praktikumopdrachten) dienen niet van louter theoretische aard te zijn. Het wordt gestimuleerd dat leerlingen zich hierbij ook op paden buiten de natuurkunde begeven.

* We willen ons hier niet mengen in de discussie over de betekenis van de termen "gesloten", "half-open" en "open"; moge onze definitie impliciet uit de voorbeelden blijken.

Het praktisch schoolonderzoek.

Zowel voor HAVO als VWO bestaat het praktisch schoolonderzoek uit twee opdrachten:

- a) een gesloten opdracht, individueel uit te voeren; aan de hand van een door de leerling gemaakt meetrapport wordt direct na de uitvoering van de proef een beoordelingsgesprek gehouden; de leerlingen bereiden de proef voor;

- b) een half-open opdracht, in groepjes van twee uit te voeren; de beoordeling geschiedt aan de hand van een verslag; geen voorbereiding.

Bij deze opzet van het schoolonderzoekpraktikum komen zoveel mogelijk aspecten van het praktikum aan de orde: plotselinge confrontatie met een probleem, snelle uitwerking en theoretische discussie tijdens het eerste deel; theoretische voorbereiding, opzetten van een meetprogramma en uitgebreide verslaggeving tijdens het tweede deel.

Het praktisch schoolonderzoek bepaalt 1/3 van het schoolonderzoekcijfer; dus 1/6 van het eindexamencijfer.

Materiaal voor de leerlingen.

De leerlingen krijgen het volgende materiaal:

- een algemene toelichting, waarin o.a. de beoordelingsnormen;
- een inleiding over het opzetten van een onderzoek en het maken van een verslag;
- een verhaal over het gebruik en het maken van grafieken;
- een modelverslag, nadat ze zelf over dat onderwerp een verslag gemaakt hebben.

De praktikumopdrachten.

De steeds groeiende lijst met praktikumopdrachten omvat in totaal nu 71 opdrachten, waarvan de verdeling over de verschillende onderwerpen uit de volgende tabel blijkt.

	bovenbouw- praktikum	school- onderzoek
mechanica	20	8
trillingen & golven	8	2
elektriciteit & magn.	4	7
warmteleer	7	4
optika	1	1
stofeigenschappen	5	4

Hierna volgen een aantal voorbeelden van praktikumopdrachten.

2.15.2. Zweefmolen.

Een voorwerp met een massa m is via een touw met een lengte l verbonden met de top van een vertikaal ronddraaiende staaf (tijd van één omwenteling: T). Hierdoor maakt het touw een hoek α met de vertikaal (vergelijk dit met een zweefmolen).

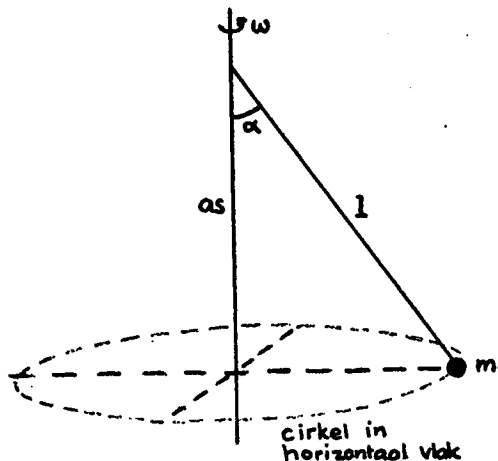
Bepaal voor een aantal waarden van T (minstens vijf) de hoek α , waarbij de lengte l konstant blijft, evenals de massa m (l en m wel meten!).

Bepaal voor een aantal waarden van l (minstens vijf) de hoek α , waarbij T konstant blijft, evenals m (T en m wel meten!).

Opdrachten:

1. Teken in een grafiek het verband tussen $\cos \alpha$ en de omwentelings-tijd T ($\cos \alpha$ vertikaal, T horizontaal uitzetten).
2. Uit de grafiek van 1. kun je de konklusie trekken dat $\cos \alpha$ wel eens evenredig zou kunnen zijn met
Deze evenredigheid is te controleren door in een nieuwe grafiek de grootheden op de assen zó uit te zetten dat het verband tussen de grootheden weergegeven wordt door een rechte lijn; een rechte lijn in een grafiek betekent evenredigheid tussen de grootheden op de assen als de lijn in de grafiek door het nulpunt van de grafiek gaat.
3. Bepaal uit de grafiek van 2. de evenredigheidskonstante.
4. Teken in een grafiek het verband tussen $\cos \alpha$ en de lengte l van het touw.
5. Teken in een grafiek het verband tussen $\cos \alpha$ en l^{-1} .
Konklusie?
6. Bepaal uit de grafiek van 5. de evenredigheidskonstante.
7. Probeer de gevonden evenredigheden theoretisch af te leiden, met andere woorden; Leid een formule voor $\cos \alpha$ af.
Aanwijzingen: Werk met $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$ (ω = hoeksnelheid; r = straal van de door m beschreven cirkel) en vervang ω op het laatste moment door $2\pi/T$.
Bedenk dat, als bij een bepaalde omwentelingstijd T (of hoeksnelheid ω) de hoek α niet meer verandert, er een krachterevenwicht is opgetreden!
8. Controleer met behulp van de formule uit 7. de in 3. en 6. bepaalde evenredigheidskonstanten.

Bepaal eventueel nog het verband tussen α en m (bij konstante T en l).

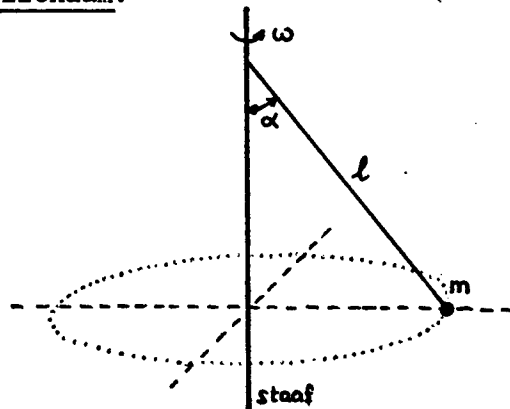


- een gesloten opdracht;
VWO en HAVO.
- bedoeld voor:
schoolonderzoek.

2.15.3. Uitwijkingshoek van een rondslingerend lichaam.

Theorie:

Een voorwerp met een massa m is via een touw met lengte l verbonden met de top van een vertikaal ronddraaiende staaf. Deze staaf heeft een omlooptijd T .
Door het draaien van de staaf maakt het touw een hoek α met de vertikaal (zie fig. 1). De massa m beschrijft een cirkel in een horizontaal vlak. De grootheden m , l en T kunnen invloed hebben op de grootte van de hoek .



figuur 1: Rondslingerend lichaam

Leid de formule die het verband tussen de bovengenoemde grootheden weergeeft af.

Literatuur: Natuurkunde op corpusculaire grondslag
Schweers en Van Vianen
deel 3V, 2.24 t/m 2.26.

Metingen:

Onderzoek het verband tussen de hoek α en de afzonderlijke grootheden l , m en T . Controleer het onder 1. afgeleide verband tussen de hoek α en elk van de drie genoemde grootheden afzonderlijk met behulp van de verrichte metingen (bijvoorbeeld grafisch).

Kontroleer daarna de formule als geheel (numeriek).

Vergelijk de geschatte meetfout in α met de fout in α als op de gevonden formule voor de berekening van α een foutenberekening wordt toegepast. Hoe is deze laatste fout in principe te verkleinen? Welke meetmethode voor α verdient de voorkeur, de direkte meting van α of de bepaling van α via de meting van l , m en T ?

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- een half-open opdracht;
VWO.- bedoeld voor: schoolonderzoek. |
|---|

2.15.4. Achtbaan.

1. Theorie:

Een lichaam wordt op een hoogte h op een hellend vlak losgelaten en doorloopt daarna een cirkelbaan (zie fig. 1).

Met behulp van de theorie van de cirkelbeweging is te berekenen hoe groot de snelheid van het lichaam moet zijn in het hoogste punt van de cirkelbaan om nog net niet van de baan los te raken.

Met behulp van een eenvoudige energie-beschouwing is dan te bepalen op welke hoogte het lichaam op het hellend vlak losgelaten moet worden om het lichaam *nét* in staat te stellen de cirkelbaan volledig te doorlopen. Eventuele wrijvingskrachten moeten hierbij buiten beschouwing worden gelaten.

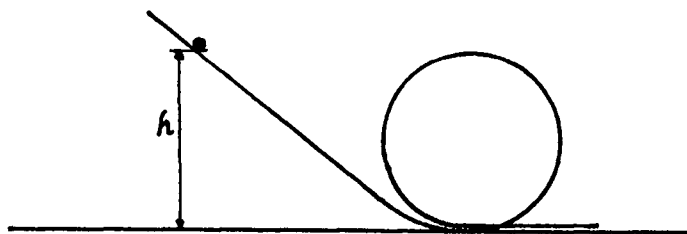


Fig. 1. Meetopstelling.

Literatuur: Natuurkunde op corpusculaire grondslag
Schweers en Van Vianen
deel 3V, 2.24 t/m 2.26, 3.7
deel 3H, 2.18, 3.7

2. Metingen:

Onderzoek of de bij 1. bepaalde voorwaarde voor de loslaathoogte juist is. Zo niet, bepaal dan de loslaathoogte waarvoor het lichaam nog net wél in de cirkelbaan blijft. Verklaar het verschil tussen theorie en praktijk. In hoeverre en hoeveel invloed heeft de wrijvingskracht?

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- een half-open opdracht;
VWO en HAVO.- bedoeld voor: 1) bovenbouw-
praktikum 4e jaar, 2e semester.
2) schoolonderzoek. |
|--|

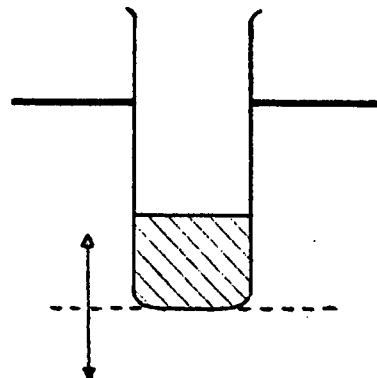
2.15.5. Dobberen.

1. Theorie:

Een geheel of gedeeltelijk in een vloeistof ondergedompeld lichaam ondervindt een opwaartse kracht, die gelijk is aan het gewicht van de door het lichaam verplaatste vloeistof. Als de opwaartse kracht en de op het lichaam werkende zwaartekracht met elkaar in evenwicht zijn, blijft het lichaam drijven.

Een onderaan verzwaard reageerbuisje drijft op deze manier in water. Als het buisje enkele centimeters omlaag geduwd wordt en dan losgelaten, voert het een (sterk gedempte) trilling uit.

Bewijs dat deze trilling van het buisje harmonisch is, als de wrijving en het stijgen en dalen van het waterniveau tijdens de trilling verwaarloosd worden. Bepaal de formule voor de trillingstijd van deze trilling.



Literatuur: Natuurkunde op corpusculaire grondslag
Schweers en Van Vianen
deel 1, 4.5
deel 3V/3H, 5.3 t/m 5.5.

2. Metingen:

Voer de nodige metingen uit ter controle van de bepaalde formule voor de trillingstijd. Varieer bijvoorbeeld de grootte van de trillende massa en de soort vloeistof. Probeer de invloed van de wrijving op de trillingstijd te bepalen door de metingen van de trillingstijd te herhalen in "meer of minder vloeibare" vloeistoffen. De viscositeit ("taaiheid") van een vloeistof wordt hiervoor als maat gebruikt: als een vloeistof weinig vloeibaar is (bijvoorbeeld stroop), dan zal de wrijvingskracht die een lichaam in zo'n vloeistof ondervindt vrij groot zijn en de viscositeit is dan ook vrij groot. Gegevens over de viscositeit van vloeistoffen zijn verkrijgbaar bij de amanuensis.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- een half-open opdracht;
VWO en HAVO.- bedoeld voor: 1) bovenbouwpraktikum, 4e en 5e leerjaar;
2) schoolonderzoek. |
|--|

2.15.6. Labiél evenwicht.

1. Theorie:

De kracht die een magneetpool uitoefent op een stukje ijzer is in principe te bepalen door het stuk ijzer aan een veerbalans boven de magneetpool te hangen. Bij de meting van afstand en kracht blijkt echter dat het stuk ijzer telkens omhoog of omlaag dreigt te schieten.

De magnetische kracht F_m als functie van de afstand x zouden we kunnen stellen op:

$$F_m = \frac{b}{x^2}$$

Hierin is b een konstante.

De veerkracht F_v als functie van de afstand x wordt gegeven door

$$F_v = C(a - x)$$

Hierin is C de veerconstante en a de afstand van het blokje ijzer tot de magneetpoel als de magneet het blokje niet zou aantrekken. Als deze beide krachten in een grafiek worden uitgezet tegen x , dan zijn er drie verschillende situaties mogelijk, afhankelijk van de grootte van a . Ga na wat er in elk van die drie situaties met het blokje ijzer gebeurt. Bedenk daarbij dat een lichaam nooit helemaal stilhangt, maar altijd wel in beweging is als gevolg van trillingen, tocht, enz.

Literatuur: Natuurkunde op corpusculaire grondslag
Schweers en Van Vianen
deel 3V, 4.7

2. Metingen:

Bedenk een methode voor het meten van de magnetische kracht zonder last te hebben van het omhoog of omlaag wegschieten van het blokje ijzer. Bepaal de grootte van de magnetische kracht als functie van de afstand x .

In hoeverre is de veronderstelling dat F omgekeerd evenredig is met x^2 juist? Als deze veronderstelling niet juist is, hoe kan dan het verband tussen F en x geformuleerd worden? In hoeverre heeft dit invloed op het gedrag van het blokje ijzer in de drie onder 1. genoemde situaties?

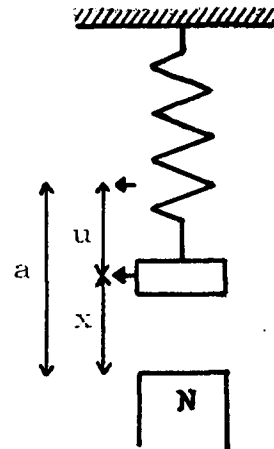


Fig. 1.
Meetopstelling.

- een half-open opdracht; VWO.
- bedoeld voor: schoolonderzoek.

2.15.7. Wind-energie.

Het gebruik van windkracht voor energie-opwekking is al eeuwen oud. De ontdekking van de stoommachine, de verbrandingsmotoren en de elektromotor maakten aan het verdere gebruik van windkracht snel een eind. De belangstelling voor deze vorm van energie-opwekking begint de laatste tijd echter weer langzaam toe te nemen. Behalve door het langzaam uitgeput raken van bestaande energie-voorraden, spelen daarbij ook factoren mee als milieuvervuiling en de gevaren van nieuwe vormen van energie-opwekking (bijvoorbeeld met behulp van kernsplijting). De meest bruikbare vorm van energie-opwekking met behulp van windkracht lijkt de omzetting van wind- in elektrische energie te zijn.

Het onderzoek naar het gebruik van windkracht voor energie-opwekking staat nog maar in de kinderschoenen en er zijn dus nog een heleboel problemen op te lossen.

Het is de bedoeling dat je bij dit projekt nagaat, op welke manieren de energie die in wind opgeslagen zit bruikbaar kan worden gemaakt, welke problemen daarbij optreden en wat daarvoor mogelijke oplossingen zouden kunnen zijn. Dit deel van het projekt kun je beschouwen als een soort inleiding op dit onderwerp. Daarnaast is het de bedoeling dat je een wind-energieinstallatie bouwt en daarna een aantal metingen verricht wat betreft bijvoorbeeld de opgewekte hoeveelheid energie en het rendement van de installatie, één en ander afhankelijk van de weersomstandigheden. Maak daarna een schatting van de omvang van de installatie als een normaal huishouden de gehele dag door de installatie van energie voorzien zou moeten worden.

Je hebt de vrijheid om andere aspecten van het onderwerp zonne-energie in het projekt en in de metingen te verwerken; wat hierboven staat is dus niet meer dan een suggestie. De enige voorwaarde is eigenlijk dat er gemeten wordt aan een zelfgemaakte opstelling waarin windkracht op één of andere manier in een bruikbare vorm van energie wordt omgezet.

Literatuur:

Bij het zoeken naar literatuur kun je het beste gebruik maken van een bibliotheek. Praktische experimenten op het gebied van het gebruik van windkracht voor energie-voorziening worden onder andere uitgevoerd door "de kleine aarde"; zij geven ook een gelijknamig blad uit waarin regelmatig aandacht besteed wordt aan het verloop en de resultaten van hun experimenten.

Adres: De kleine aarde
Munsel 17
Boxtel (NB)

- projektsuggesties voor
VWO en HAVO.

2.16.

RSG Gouda
W.G. Amesz, Brug. Martenssingel 15, Gouda.

Naar aanleiding van het verzoek om toezending van ideeën voor opdrachten praktisch deel SO, gedaan op de "Woudschotenkonferentie 77" hierbij de volgende suggesties:

1. Het vermogen van een gloeilampje.

Nodig: lampje (10 V), spannings- en stroommeter.

Gegeven:

de grafiek van het verband tussen de weerstand R van de gloeidraad als functie van de temperatuur in het gebied van 20°C tot 100°C . (Bij een VWO-versie deze weerstand laten bepalen m.b.v. brug van Wheatstone, het lampje ondergedompeld in gedestilleerd water van diverse temperatuur).

Opdrachten:

- Uit de gegeven grafiek laten berekenen met welke waarde de weerstand van de gloeidraad toeneemt bij 1°C temp.stijging.
- Nu verder aannemen dat het verband tussen R en T lineair blijft en bij deze veronderstelling berekenen welke waarde R bij 3000°C zou krijgen.
- Laten tekenen van het dan geldende R - T diagram (temp. tot 3000°C).
- Bij een zestal spanningen op het lampje de stroom door het lampje laten opnemen en bijbehorende waarde van weerstand en vermogen berekenen.
- Uit de getekende grafiek de bijbehorende temp. aflezen.
- Een P - T diagram tekenen.

2. Trillende naald.

Nodig:

Metalen naald, b.v. uit oude paraplu, waarvan één uiteinde in kurk gestoken wordt. De kurk wordt in statief geklemd (naald horizontaal). Een massa (50 g) hangt aan het andere uiteinde van de naald. Stopwatch.

Opdrachten:

- De trillingstijd T als functie van de trillende lengte laten opmeten.
 - De relatie $T^2 \sim l^3$ laten verifiëren (de relatie in Havo wel, in VWO niet geven?).
- Diskussie van welke factoren T ook zal afhangen.

3. Slingerende balk.

Nodig:

houten balk, 50 cm lang, inkepingen om de 5 cm. De balk aan 2 draden horizontaal opgehangen. Stopwatch.

Opdrachten:

De slingertijd T laten bepalen als functie van de afstand van de ophangdraden ($T \sim l/d$).

Diskussie van andere factoren die T bepalen.

4. Afkoelsnelheid.

Nodig:

smal maatglas 50 cm³, blikje (laag model, tomatenpuree).

Opdrachten:

Doe 25 cm³ heet (70°C) water in

- 1) hoog maatglas,
- 2) niet afgedekt blikje,
- 3) door perspex plaatje afgedekt blikje (in afdekplaatje een opening om de thermometer door te steken).

Om de minuut de temp. aflezen, 10 min. lang.

De meetresultaten grafisch weergeven, vragen m.b.t. afkoelsnelheid, factoren die de ligging van de grafieken en het verloop betreffen.

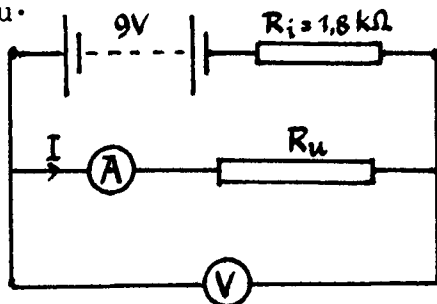
5. Vermogensoverdracht:

Nodig:

spanningsbron (b.v. 9 V) met in serie daarmee een weerstand van 1,8 k (1 %) als kunstmatig hoge inwendige weerstand (de waarde van deze R wordt niet medegedeeld). Verder losse weerstanden van 0,51-0,80-1,2-1,8-2,4-2,7-3,3 k, alle 1 %. Volt en Ampèremeter.

Opdrachten:

Maak de volgende schakeling en meet V en I bij de genoemde waarden van R_u.



- Wanneer treedt een maximum in de vermogensoverdracht in? Teken een grafiek van P als functie van R_u.
- Eventueel: Leid een relatie af tussen P en V, R_i en R_u. Beschouw P als functie van R_u. Bepaal de ligging van het maximum van deze functie (differentiëren).

6. Dansende reageerbuis.

Nodig: demonstratiereageerbuis, loodkorrels, hoog vat met water.

Opdrachten:

Vul de buis zover met lood, dat deze net stabiel blijft drijven, ook bij een trilling met een amplitudo van enkele cm. Druk de buis enkele cm omlaag en bepaal de trillingstijd T door de tijd nodig voor 10 trillingen te meten. Bepaal ook de massa.

- Klopt de experimenteel gevonden relatie tussen T en m met de theoretische?

Opmerking: De bij elke proef gegeven opdrachten beschouwe men als suggesties, niet als kant-en-klare recepten!

2.17

Revius Lyceum
G.P.Beukema, Dribergestraatweg 6c, Doorn

2.17.1. Inleiding

Het schoolonderzoek bestaat uit drie gedeelten, die elk $2\frac{1}{2}$ à 3 uur duren. Het praktische gedeelte vindt plaats aan het eind van de cursus; het gaat over de hele stof. De leerlingen hebben vrij veel praktikum gedaan (10 à 15 uur in het laatste jaar, ± 30 uur in voorgaande jaren).

In het praktisch schoolonderzoek voeren de leerlingen vijf of zes korte experimenten uit. Ze besteden $1\frac{1}{2}$ uur aan instellen, waarnemen en meten; daarna gaan ze naar een ander lokaal om de resultaten uit te werken en schriftelijke vragen over de proeven te beantwoorden; ook hiervoor hebben ze $1\frac{1}{2}$ uur. Door deze opzet kunnen drie groepen van elk 15 à 20 leerlingen dezelfde opdrachten uitvoeren.

Elke leerling doet dezelfde proeven (A, B, enz.) maar niet in gelijke volgorde. Elke opstelling is in zesvoud aanwezig: A.1 t/m A.6, enz.; bij het binnenkomen krijgt iedere leerling een opstelling toegewezen, maar daarna treedt de leraar nauwelijks regelend op. Een leerling die met een proef klaar is kan i.h.a. zelf kiezen uit de opstellingen die op dat moment vrij zijn.

Een leerling die binnen $1\frac{1}{2}$ uur klaar is kan alvast de uitwerkingspapieren krijgen. Een leerling die voor de uitwerking noodzakelijke gegevens mist, kan die krijgen van de surveillerende leraar (maar dit telt wel mee in de beoordeling van het experiment).

Het eerste praktische schoolonderzoek vwo (1976) bestond uit vijf proeven:

- A. Proef van Melde
- B. Wet van Boyle
- C. Bepaling van de soortelijke weerstand van drie verschillende metalen
- D. Laden van een condensator (zie hierna: 2.17.2)
- E. Het stuitende ping-pong balletje

Het eerste praktische schoolonderzoek havo (1977) bestond uit zes proeven:

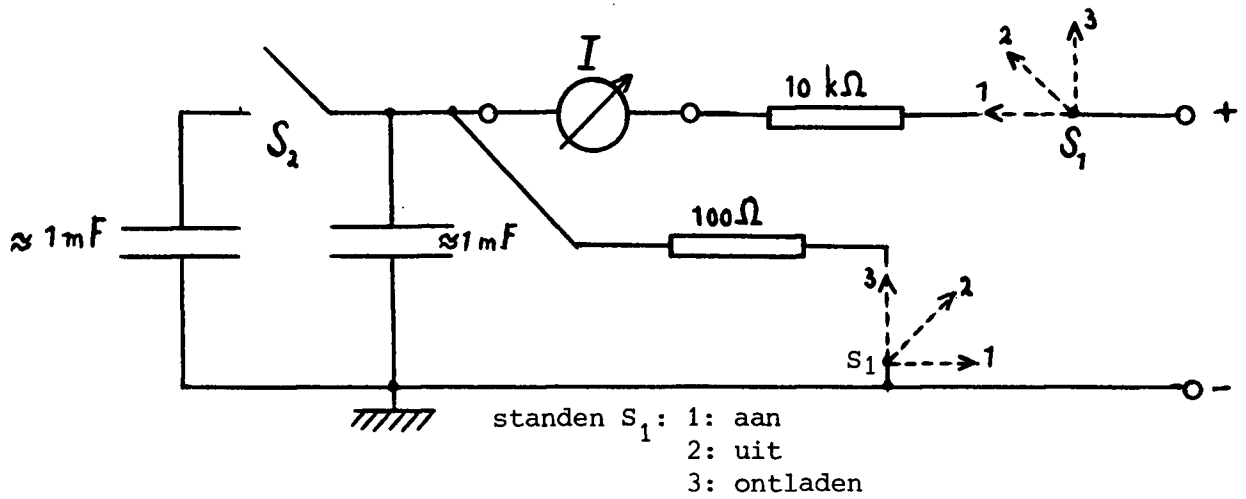
- A. Bepaling van de veerconstante van een schroefveer op twee manieren
- B. I-V karakteristieken van vier elektronische componenten
- C. Twee I_a - V_g karakteristieken van een triode
- D. Wet van Boyle
- E. Bepaling van de soortelijke warmte van een metaal
- F. Lenzenproef (Hollandse kijker; zie hierna: 2.17.3)

2.17.2 Laden van een condensator (vwo 1976)

1. Benodigdheden: 2 condensatoren van elk ongeveer 1 mF; 1 weerstand van 10 k ohm; 1 weerstand van 100 ohm (voor ontladen); 1 gelijkspanningsvoeding; 1 milli-ampèremeter; 1 tweestanden schakelaar; 1 driestanden schakelaar; 1 stopwatch; snoeren

2. Doel: leren werken met eenvoudige elektronische schakelingen.

3. De schakeling ziet er als volgt uit:



4. Meet voor 1 condensator de stroomsterkte I als functie van de tijd. Als je vindt dat je metingen niet zo betrouwbaar zijn, dan doe je ze een paar keer (ontlaad wel elke keer aan het begin de condensator, m.b.v. snoertje of driestanden schakelaar). Noteer je metingen hieronder in tabelvorm:

1e meetserie		2e meetserie		3e meetserie	
t(.....)	I(.....)	t(.....)	I(.....)	t(.....)	I(.....)
.....
.....
.....
⋮		⋮		⋮	
⋮		⋮		⋮	
⋮		⋮		⋮	

5. Herhaal de metingen voor 2 condensatoren parallel (maak zelf een tabel):

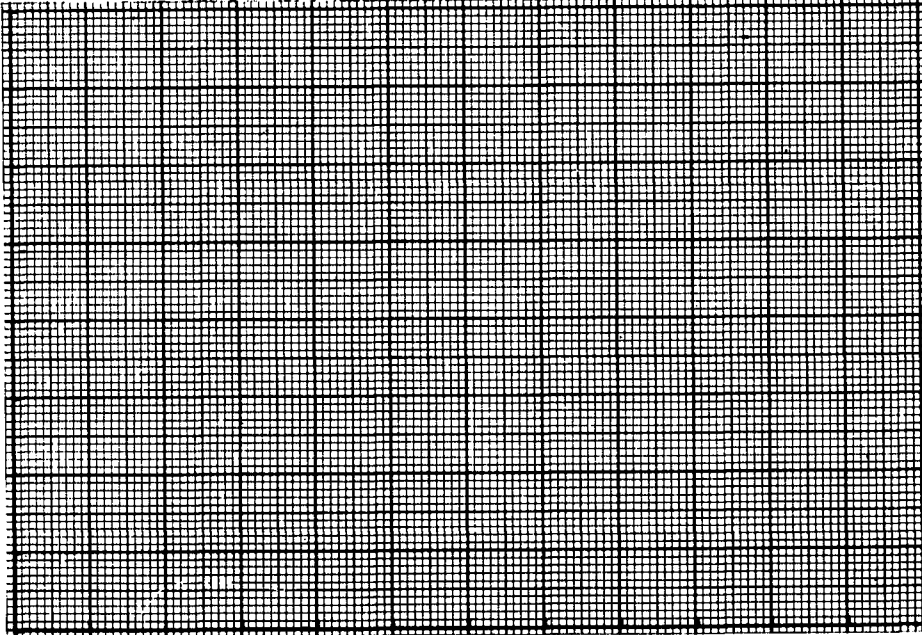
6. Door de traagheid van de meter is het moeilijk de beginstroom te meten. Hoe kun je deze toch meten? Antwoord:

.....

.....

Uitwerkingspapier: Laden van een condensator

1. Teken in één grafiek I als functie van t voor resp. één condensator en twee condensatoren parallel:



2. Verklaar hoe het komt dat I afneemt.
Antwoord:
3. Neemt I steeds langzamer of steeds sneller af ? Geef een verklaring.
Antwoord:
4. Hoe groot is I_5 (de stroomsterkte I op $t = 5$ s) voor beide gevallen ?
Antwoord 1 cond.:
Antwoord 2 cond. parallel:
Op welk tijdstip is de stroomsterkte $\frac{1}{2} \cdot I_5$?
Antwoord 1 cond.:
Antwoord 2 cond.:
5. Hoe groot is I_3 ? Antwoord 1 cond.:
Antwoord 2 cond.:
Op welk tijdstip is de stroomsterkte $\frac{1}{2} \cdot I_3$? Antwoord 1 cond.:
Antwoord 2 cond.:
6. Hoe groot is I_{10} ? Antwoord 1 cond.:
Antwoord 2 cond.:
Op welk tijdstip is de stroomsterkte $\frac{1}{2} \cdot I_{10}$?
Antwoord 1 cond.:
Antwoord 2 cond.:

7. Kun je een conclusie trekken uit de antwoorden op de vragen 4, 5 en 6 ?

Antwoord:
.....

8. Zijn beide condensatoren even groot ? Zo nee, kun je een procentueel verschil aangeven ?

Antwoord:
.....
.....

2.17.3. Lenzenproef (Hollandse kijker ; havo 1977)

Opdracht: je maakt van 1 positieve lens (objectief) en 1 negatieve lens (oculair) een kijker en meet de afstand objectief - oculair op, als het oog ongeacomodeerd is.

Houd de lenzen naast de lineaal, kijk door het oculair (zo dicht mogelijk bij je oog) en verschuif het objectief zodanig dat je een (vergroot) beeld van een ver verwijderd voorwerp krijgt (b.v. gymlokaal) zonder dat je hoeft te accomoderen.

Bepaal de afstand objectief - oculair. Herhaal deze meting vijfmaal.

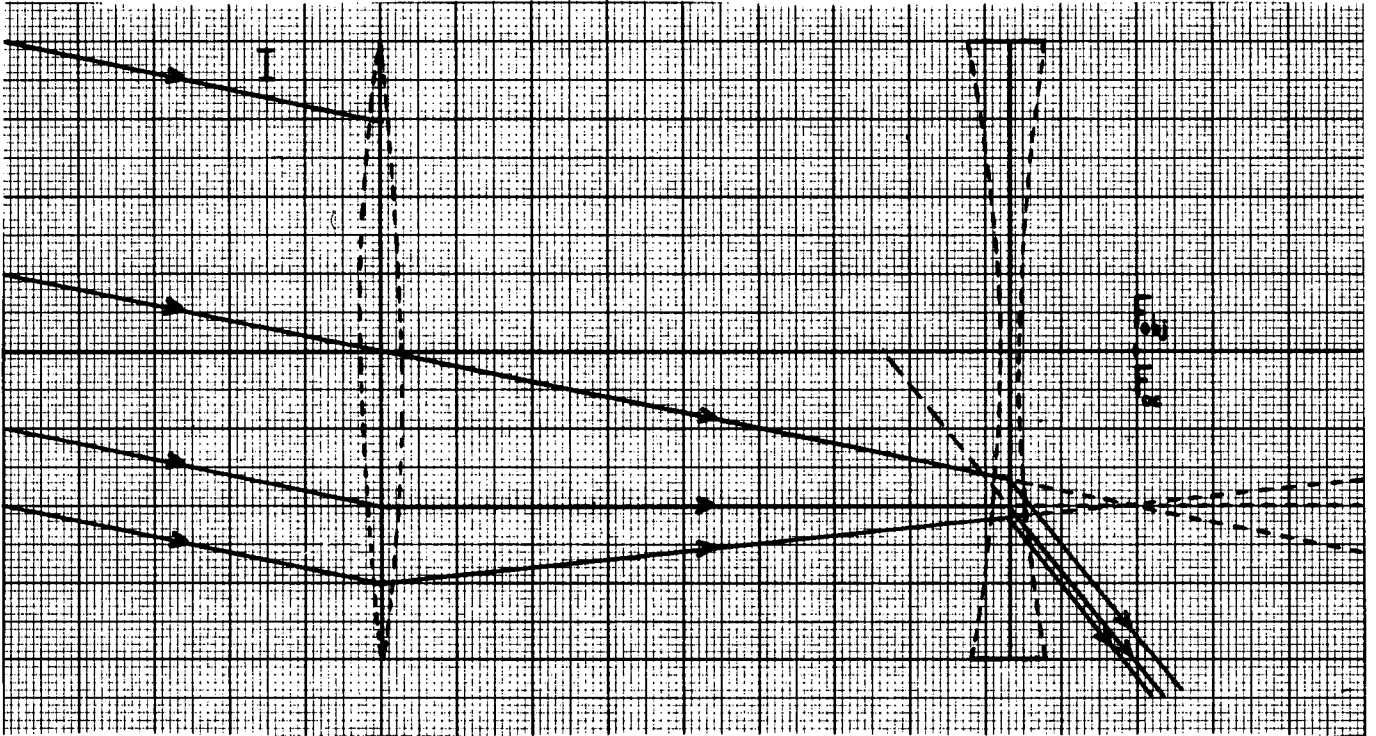
Is het beeld rechtopstaand of omgekeerd ? Antwoord:

nr.meting	afstand obj.- oc. (cm)
1	brandpuntsafstand objectief = + 30 cm
2	
3	brandpuntsafstand oculair = - 5,0 cm
4	
5	

gemiddelde afstand obj. - oc. = $\frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$ =cm

Uitwerkingspapier: Lenzenproef (Hollandse kijker)

In onderstaande grafiek is op schaal een aantal stralen getekend. Construeer voor straal I het vervolg (laat duidelijk zien met stippellijnen hoe je dat gedaan hebt).



Uit bovenstaande tekening volgt theoretisch voor de afstand objectief - oculair:
..... cm.

Ik heb gevonden: cm.

Bepaal m.b.v. bovenstaande tekening de hoekvergroting van deze 'kijker'.
Antwoord met toelichting:
.....
.....

De hoekvergroting is blijkbaar ook gelijk aan:
.....
.....

2.18.

Marnix College, Ede.

Algemeen

Op het Marnix College heeft men in principe gekozen voor het volgende systeem. De kandidaten krijgen twee rapporten (in januari en april/mei) waarvoor de cijfers worden bepaald via het hun bekende systeem van repetities, mondelinge en schriftelijke overhoringen, werkstukken etc. Daarnaast is er voor een aantal vakken in december en voor vrijwel alle vakken in april een meestal mondeling, met een tweede docent als gecommiteerde tentamen. De examenstof wordt aldus over het gehele cursusjaar verspreid.

Voor elk examenvak krijgen de kandidaten bijtijds gegevens over:

- a het aantal tentamens
- b de wijze waarop elk tentamen wordt afgelegd
- c de leerstof, die elk onderdeel van het schoolonderzoek omvat
- d de periodes, waarin de tentamens zullen worden afgenomen
- e de wijze, waarop de rapportcijfers worden samengesteld
- f de waardering van elk tentamen- en rapportcijfer voor de bepaling van het eindcijfer schoolonderzoek.

Regeling voor natuurkunde

Zowel voor VWO als voor havo ontstond het schoolonderzoekcijfer door middelen van drie cijfers, te weten:

- a het eerste rapportcijfer in januari.
Hierin zijn verwerkt een zestal repetitiecijfers en cijfers voor testen alsook het cijfer voor het practicum in de tentamenperiode van december.
- b het tweede rapportcijfer in april.
Hierin zijn verwerkt een zestal repetitiecijfers en cijfers voor testen alsook de cijfers voor practicumverslagen.
- c het tentamencijfer eind april.
Het tentamen werd mondeling afgenomen gedurende 25 min. In het examenlokaal stonden proeven opgesteld. Aan de hand van deze opstellingen, waarbij een enkele ingreep nodig was om het experiment te doen, werden vragen gesteld. Elke kandidaat werd getentamineerd in een drietal onderwerpen.
Uitgangspunt van het niveau, waarop gevraagd werd was het gemiddelde van de twee rapportcijfers. Dit is niet gebruikelijk bij mondelinge tentamens. Normaal dient een dergelijk tentamen voorzichtig opgezet te worden om de kandidaat op z'n gemak te stellen. Hier was het uitgangspunt voor de kandidaat al geruststellend. Het tentamencijfer mocht namelijk niet veel afwijken van het gemiddelde van de twee op grondige wijze tot stand gekomen rapportcijfers,

tenzij de leerling het buitengewoon goed of abnormaal slecht deed. Het is niet correct als een docent zijn mening over een leerling, die hij jaren les geeft en beoordeelt, vanwege een tentamen van 25 min. totaal wijzigt.

Het december-practicum (algemeen)

De tentamenperiode in december bleek erg geschikt om de havo en VWO leerlingen individueel praktisch te testen. Elke leerling kreeg $2\frac{1}{2}$ uur: $1\frac{1}{4}$ uur voor een practicumtoets en $1\frac{1}{4}$ uur voor een demonstratietoets.

Zowel voor VWO als voor havo waren er twee dagen beschikbaar. Bovendien werden steeds twee lokalen gebruikt. Voor elk schooltype waren twee vrijwel gelijkwaardige practicumtoetsen en twee vrijwel gelijkwaardige demonstratietoetsen ontwikkeld: één practicumtoets en één demonstratietoets voor één dag. Op die dag begon 9.30 uur een groepje van c.a. 6 leerlingen individueel met de practicumtoets in het ene lokaal en een groepje van c.a. 6 leerlingen individueel met de demonstratietoets in het andere. 10.45 uur werd van lokaal gewisseld en om 12.00 kwamen twee groepjes nieuwe leerlingen. Een volgende dag werd evenzo gewerkt met een andere practicumtoets en een andere demonstratietoets.

In elk lokaal was voortdurend één docent aanwezig terwijl de examinerator en de amanuensis mobiel waren. Tijdens de toets kon de leerling voortdurend beoordeling van een onderdeel of assistentie bij een onderdeel vragen. Hij kon dan verder omdat, ofwel het onderdeel goed was, ofwel het antwoord gegeven werd. Bij onduidelijke beantwoording kon toelichting gevraagd worden. Goede afspraken met collega's en duidelijke normering vooraf waren hiervoor nodig. Bovendien moet bij een dergelijk systeem het aantal leerlingen per groepje niet te groot zijn. Omdat dit systeem van praktisch examineren gedurende de cursus 1975/1976 voor het eerst draaide, kon men aan de cijfers niet direkt al te groot gewicht toekennen. Vooraf is dus vastgesteld dat de cijfers een onderdeel zouden zijn voor het eerste rapportcijfer. Men heeft er niet direkt een "gewichtiger" tentamencijfer van willen maken.

Het decemberpracticum (VWO)

Op de eerste VWO practicumdag waren aan de orde:

1. Een niet ideale voltmeter en een ideale voltmeter (demonstratie)
2. Thermokoppels (practicum)

Op de tweede VWO practicumdag waren aan de orde:

3. Een lichtvlekgalvanometer als voltmeter (demonstratie)
4. Een element opladen (practicum)

In het nu volgende zal aandacht besteed worden aan de genoemde vier praktische toetsen. Daarna volgen de toetsen in de vorm zoals die in december 1975 aan de leerlingen voorgelegd zijn.

1. Een niet ideale voltmeter en een ideale voltmeter.

Bij deze proef waren de meters grote demonstratiemeters, die de leerlingen vanaf hun plaats konden aflezen. Wanneer iemand daar behoefte aan had kon hij ook de opstellingen van dichtbij bekijken. Men kon dan naar de demonstratietafel lopen. In sommige gevallen werd de leerlingen gevraagd de schakeling van dichtbij te bekijken. Intussen mochten leerlingen onderling niet overleggen. De proef bleek een weinig te uitvoerig te zijn voor $1\frac{1}{4}$ uur. Dit kon recht getrokken worden met de normering. In het algemeen had men de meeste moeite met de spanningscompensatie. Dit is een weinig of niet gebruikte methode van spanningsmeting op VW0.

2. Thermokoppels.

De leerlingen moesten hier zelf de thermokoppeldraadjes knippen. Verder had men een schoolpracticum-ampèremeter. Hiervan was de weerstand op de 30 mA schaal ongeveer 3Ω . De weerstand was van te voren zo nauwkeurig mogelijk bepaald en stond met een plakkertje aangegeven op de meter. Een voltmeter om de thermospanningen te meten zou meer voor de hand liggen. De schoolpracticum-voltmeters zijn echter totaal ongeschikt (gevoeligste schaal 3V of 6V) om de kleine thermospanningen te meten. Ook had elke leerling een brandende kaars voor zich. Uitgaande van de gegeven thermospanning voor koper-constantaan (literatuurwaarde) bleek de temperatuur van de kaarsvlam c.a. 1000°C te zijn. De daarna berekende thermospanningen per graad bleken redelijk overeen te komen met de literatuurwaarde. Ook hier was de toets te lang. Men kwam aan het laatste onderdeel vaak niet toe.

3. Een lichtvlekgalvanometer als voltmeter.

De gebruikte galvanometer was een Kipp-lichtvlekgalvanometer type AL3. Omdat deze meter niet voor demonstratie ontworpen is, was het bij deze proef speciaal gewenst dat de leerlingen de opstelling van dichtbij konden bekijken. Ook hier was de toets te lang. Men kwam in het algemeen t/m $\alpha 2$. Slechts één leerling kwam volledig klaar met de proef. Bovendien foutloos.

4. Een element opladen.

Voor deze practicumproef is het belangrijk dat de koperplaten goed geschuurd zijn. Omdat alle platen zo kort van te voren schuren moeilijk is, worden de platen "schoon" gehouden in een salpeterzuuroplossing. Ook de zinkchloride oplossing is nogal kritisch. Eerst moet een verzadigde oplossing gemaakt worden. Vervolgens dient de niet opgeloste zinkchloride afgefiltreerd te worden. Het lampje met de bijbehorende voltmeter is voor de proef zelf overbodig. Door ze beide toch toe te voegen is de schakeling praktisch wat lastiger geworden. Bovendien worden er vragen over gesteld.

Het geleverde vermogen van de verkregen spanningsbron blijft enige tijd redelijk konstant en neemt vervolgens zeer snel af naar nul. In het algemeen werd ongeveer 40J energie toegevoerd én vervolgens ongeveer 8J energie verkregen. De leerlingen kwamen meestal t/m punt 4b.

Een niet ideale voltmeter en een ideale voltmeter.

- a. Wat verstaan we onder een ideale en wat onder een niet ideale voltmeter?

Op de demonstratietafel staat een schakeling volgens figuur 1. Hierin is een element van Volta opgenomen: een koperplaat en een zinkplaat in water.

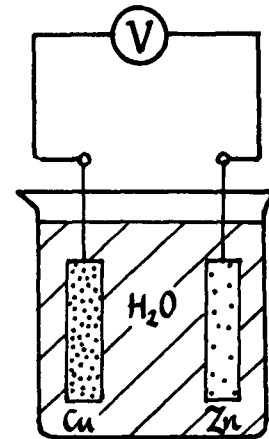
- b. 1) Lees de voltmeter af.
2) Nu wordt zwavelzuur toegevoegd.
Lees weer de voltmeter af.

We willen nu de weerstand van de voltmeter bepalen. Beschikbaar zijn, behalve de voltmeter ook een mA-meter en een spanningskastje.

- c. Teken een schakelschema waarmee dit kan.

De schakeling staat op de demonstratietafel.

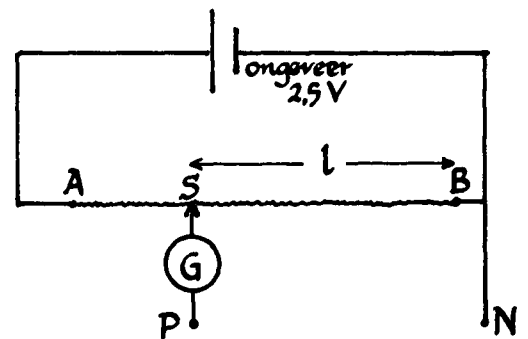
- d. 1) Lees de meters af.
2) Bereken de weerstand van de voltmeter.
3) Bereken de inwendige weerstand van het element van Volta in situatie b1), als de bronspanning 1,0 V is.
4) Idem in situatie b2).
5) Verklaar het verschil.



figuur 1.

We willen nu de bronspanning van het element van Volta bepalen. Hiervoor gebruiken we een compensatieschakeling als ideale voltmeter (figuur 2.).

In de schakeling bevindt zich een homogene weerstandsdraad tussen A en B en een spanningsbron van ongeveer 2,5 V. Tussen punten P en N kan de spanning gemeten worden. Na aansluiting wordt het schuifkontakt S langs de weerstandsdraad geschoven totdat de galvanometer G stroomloos is. De spanning tussen P en N is dan even groot als de spanning tussen S en B. Deze spanning is evenredig met l. Om de voltmeter te ijken wordt eerst tussen P en N één element van een accu aangesloten. Deze levert een spanning van 2,00 V.



figuur 2.

- e. 1) Welke lengte komt overeen met 2,00 V?
2) Hoeveel spanning komt overeen met 1,00 cm weerstandsdraad? (Let op de nauwkeurigheid).

Vervolgens schakelen we het element van volta tussen de punten P en N (P aan de koperplaat, N aan de zinkplaat).

- f. Wat zou er gebeuren als we de koperplaat aan N en de zinkplaat aan P zouden schakelen?

- g. 1) Lees de lengte l af.
2) Bereken de bronspanning van het element van Volta. (Let op de nauwkeurigheid).

Nu belasten we het element van Volta met een weerstand van 100 ohm.
Er wordt weer ingesteld.

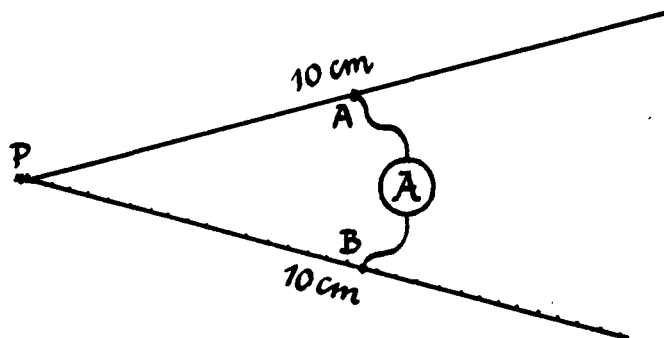
- h. 1) Hoe groot is de spanning tussen P en N?
- 2) Bereken opnieuw de inwendige weerstand van het element van Volta.
- 3) Vergelijk met de waarde, gevonden bij d4).

Thermokoppels.

Eerst moet de weerstand bij kamertemperatuur van de volgende vier draden bepaald worden: chroomnikkeldraad, konstantaandraad, koperdraad en ijzerdraad. Hiervoor zijn beschikbaar: een voltmeter, een ampèremeter, een spanningskastje, een grondplaat met statieven waartussen de draden strak gespannen kunnen worden en een schuifweerstand om de stroom te begrenzen.

- a. Teken een schakelschema, waarmee je de weerstand van de draden kunt bepalen.
- b. Maak nu de schakeling. Laat deze controleren alvorens je gaat meten. Verwerk de metingen in een tabel. Hierin: soort draad, spanning, stroom, weerstand en weerstand per cm.

Je kunt als volgt een thermokoppel, b.v. een koper-konstantaan thermokoppel, maken. Neem een koperdraadstukje van ongeveer 10 cm en een konstantaandraadstukje van ongeveer 10 cm. Draai een uiteinde van elk stukje in elkaar (figuur). Dit levert contactpunt P.



figuur.

Er kan een krokodillenklem in punt A geplaatst worden zodat $PA = 5,0$ cm en ook één in punt B zodat $PB = 5,0$ cm.

- c. Maak een koper-konstantaan thermokoppel. Sluit het thermokoppel aan op de ampèremeter (30 mA schaal) volgens de figuur. Bepaal nu snel (waarom?) de maximale thermostroom die loopt wanneer het contactpunt P in een kaarsvlam gehouden wordt.
- d. Doe hetzelfde met een ijzer-konstantaan thermokoppel.
- e. Eveneens met een chroomnikkel-konstantaan thermokoppel.
- f. Bereken voor elk thermokoppel de thermospanning (de weerstand van de ampèremeter, op de 30 mA schaal bedraagt ohm).
Maak een tabel, waarin: soort thermokoppel, thermostroom en thermospanning.

Je hebt nu de thermospanning tengevolge van de hele kaarsvlam t.o.v. kamertemperatuur (25°C) bepaald.

De thermospanning van het thermokoppel koper-konstantaan bedraagt $43 \mu\text{V/K}$.

- g. Bereken de temperatuur van de kaarsvlam.
- h. Neem aan dat de temperatuur van de kaarsvlam bij alle metingen van c, d en e hetzelfde is.
Hoe groot is dan de thermospanning per graad van de andere twee thermokoppels?
- i. Voorspel, wat je gevonden zou hebben als je de meting van de thermostroom op de 300 mA i.p.v. op de 30 mA schaal gedaan zou hebben.

Een lichtvlekgalvanometer als voltmeter.

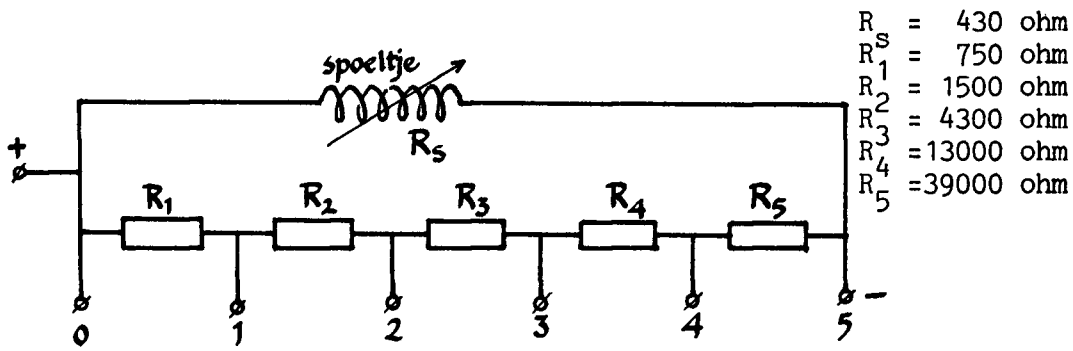
In een lichtvlekgalvanometer bevindt zich een spoeltje, dat draaibaar is opgehangen in een magnetisch veld. Wanneer een stroom door het spoeltje gestuurd wordt, gaat het spoeltje draaien. De eindstand wordt bereikt als het torsiekoppel gelijk is aan het stroomkoppel. Een spiegel aan het spoeltje bevestigd weerkaatst de lichtbundel van een lampje op een schaalverdeling. De verplaatsing van de lichtvlek is dan een maat voor de stroomsterkte door het spoeltje.

Deze lichtvlekgalvanometer heeft een lineaire schaal.

De te meten stroom loopt slechts gedeeltelijk door het spoeltje; de rest van de stroom gaat door een shunt, waarvan de grootte met een schakelaar geregeld wordt. De stand van deze schakelaar bepaalt de gevoeligheid van het instrument, vandaar de naam gevoeligheidsschakelaar.

De galvanometer noemen we gevoelig als een kleine stroom toch een grote uitslag van de lichtvlek op de schaal veroorzaakt.

De wijze waarop het spoeltje in de schakeling is opgenomen is in figuur 1 weergegeven.

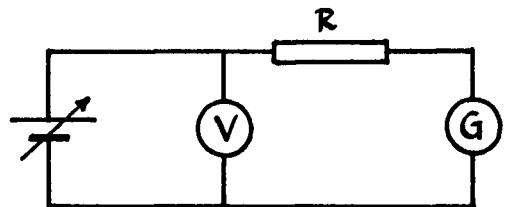


figuur 1

- a. 1) Welke uitslag vertoont het spoeltje in stand 0? Toelichten!
 - 2) Waarvoor dient stand 0?
 - 3) Welke weerstanden staan parallel in stand 1?
- b. We gaan nu de stroomsterkte bepalen die in de verschillende gevoeligheidsstanden voor de volle uitslag (100 schaaldelen) zorgen. Dit doen we met een schakeling volgens figuur 2.

We meten de spanning die in combinatie met weerstand R voor de juiste stroomsterkte zorgt.

- 1) Noteer de metingen in een tabel en bereken de stroomsterkten (je mag de weerstand van G verwaarlozen).



figuur 2

stand	R(ohm)	V (volt)	I (ampère)
1	$1,5 \cdot 10^6$		
2	$1,5 \cdot 10^6$		
3	$1,5 \cdot 10^6$		
4	$100 \cdot 10^6$		
5	$100 \cdot 10^6$		

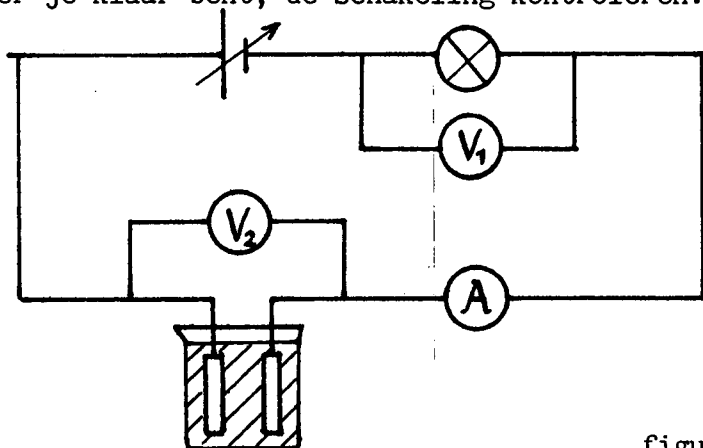
- 2) Laat zien dat het verwaarlozen van de weerstand van G is toegestaan.
 - 3) Verklaar met behulp van figuur 1. dat de gevoeligheid toeneemt van stand 1 tot stand 5.
- c. We gaan nu de galvanometer als voltmeter gebruiken in stand 4.
- 1) Bereken de vervangingsweerstand van de galvanometer in stand 4.
 - 2) Hoe groot is de maximale spanning die in stand 4 gemeten kan worden?
 - 3) Hoe kan met de galvanometer in stand 4 toch een grotere spanning gemeten worden?
- d. We gaan nu met de voltmeter van c. de spanning meten van een thermokoppel. Met het thermokoppel kunnen we dan temperatuur meten. Om het thermokoppel te ijken wordt één kontaktpunt in een bekglas met smeltend ijs geplaatst. Het andere kontaktpunt wordt in een bekglas kokend water gebracht.
- 1) Meet de uitslag van de galvanometer.
 - 2) Bereken de stroom die met deze uitslag overeenkomt.
 - 3) Bereken de thermospanning bij een temperatuurverschil van 100°C .
 - 4) Idem van 1°C .
 - 5) Bepaal met de nu verkregen thermometer de lichaamstemperatuur.
 - 6) Hoe komt het dat de uitslag van de galvanometer maar weinig afneemt als wordt omgeschakeld naar stand 3?

Een element opladen.

1. Maak de schakeling volgens figuur 1.

De spanning wordt verkregen van een spanningskastje (uit!). In de schakeling is, behalve voltmeters, ampèremeter en lampje, ook een verzadigde zinkchloride (ZnCl) oplossing in een bekglas opgenomen. Hierin bevinden zich twee koperplaten. Deze koperplaten zijn geschuurd en bevinden zich aanvankelijk in een salpeterzuuroplossing. Spoel deze platen met water af en plaats ze vervolgens in de schakeling zonder het koper met de vingers aan te raken.

Laat, wanneer je klaar bent, de schakeling controleren.



figuur 1

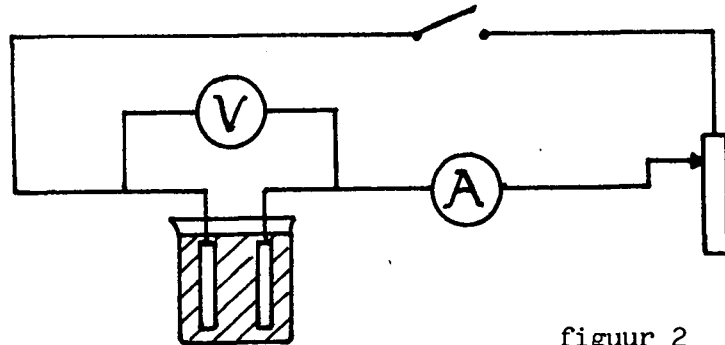
2. Maak de spanning op $t = 0$ zo dat V_2 2,0 V aanwijst.

Gedurende 120 s moet je nu stroom doorvoeren. Lees intussen ook V_1 en A af.

Vragen:

- a. Wat is de weerstand van het lampje volgens de gegevens?
- b. Wat is de weerstand van het lampje volgens de metingen?
- c. Verklaar het verschil.
- d. Bereken de energie, die nodig was om het lampje te laten branden tijdens stroom doorvoeren.
- e. Bereken de energie, die we "in het bekglas gestopt hebben". We hebben een spanningsbron gekregen.

3. Maak de schakeling volgens figuur 2. (Zorg dat er geen stroom gaat lopen!). Hierin is het bekglas met de platen en de ZnCl-oplossing nu de spanningsbron. Verder is in de schakeling een voltmeter, een ampèremeter en een schuifweerstand. Laat wanneer je klaar bent de schakeling controleren.



figuur 2

4. Maak nu met de schuifweerstand op $t = 0!$ de stroomsterkte in de keten zo dat er een stroom loopt van 30 mA. Bepaal om de 30 s de spanning en de stroom die het element levert. Doe dit totdat de spanningsbron leeg is (ongeveer na 600 s).
- Maak een tabel, waarin tijd t , stroomsterkte I , spanning V en vermogen VI .
 - Teken een diagram waarin het geleverde vermogen uitgezet is als functie van de tijd.
 - Bepaal zo nauwkeurig mogelijk (denk eens na hoe!) de totale energie, die de spanningsbron geleverd heeft.
 - Bereken het nuttig effect (rendement) van de spanningsbron met Cu-platen en de ZnCl-oplossing.
 - Vertel precies, waar de verloren energie gebleven is.
 - Geef aan hoe dit experimenteel bepaald zou kunnen worden (uitvoerig vertellen, met opstelling, meetinstrumenten en noodzakelijke berekeningen).

Het decemberpraktikum (Havo).

De toetsen voor de eerste Havo praktikumdag waren:

- Bepaling van de voortplantingssnelheid van het geluid in verschillende gassen (demonstratie).
- Heen en weer (praktikum).

Voor de tweede praktikumdag:

- Frequentiebepaling (demonstratie).
- Op en neer (praktikum).

In het nu volgende zal kort enige aandacht besteed worden aan de verschillende toetsen. Daarna volgen de toetsen zoals die in december 1975 aan de leerlingen voorgelegd zijn.

- Bepaling van de voortplantingssnelheid van het geluid in verschillende gassen.

Hoewel de proef van Kundt kwalitatief tot de eindexamenstof voor het Havo behoort wordt hier dieper op deze proef ingegaan. De noodzakelijke formules worden echter

gegeven. Bij deze proef moeten de leerlingen individueel aan de demonstratie-opstelling meten. Zij kunnen dus naar de opstelling gaan als zij dat nodig vinden, maar zij mogen niet met elkaar overleggen. Wel kunnen zij aan de docent vragen of onderdelen goed zijn om daarna verder te gaan en bij enkele onderdelen (11, 14 en 16) is overleg noodzakelijk. Bij onderdeel 14 krijgen de leerlingen een blaadje waarop "Gegevens behorend bij de voortplantingssnelheid geluid in gassen". Dit is nu aan de toets toegevoegd. De proef was iets te lang. De leerlingen kwamen meestal t/m onderdeel 14.

2 Heen en weer.

In principe is de slingerproef bekend aan Havo leerlingen. Hier wordt echter dieper op de proef ingegaan. De formule voor de slingertijd wordt gegeven. In het lokaal hangt ook een slinger met een draadlengte van 2,66 m (onderdeel 11). Ook hieraan kan gemeten worden. Het tekenen van diagrammen kost in het algemeen nogal wat tijd. Daardoor is ook deze proef wat te lang. Meestal komt men t/m onderdeel 11.

3 Frequentie bepaling.

Proef A is een proef volgens Groeneveld en Wolf: Experimentelle Reifungsaufgaben für Physic, Köln 1964. Door middel van een speciaal gemaakte elektrode wordt een stoffiguur gemaakt. Deze proef is voor de leerlingen nieuw.

Ook proef B is nieuw: de proef van Quincke behoort niet tot het Havo-eindexamenprogramma. Echter met de gegevens moet de leerling vragen over deze nieuwe fysische situatie kunnen oplossen. Proef C is in principe bekend. De Havo leerling moet iets dergelijks kunnen oplossen. Ook hier bleek de toets te omvangrijk. Vooral het maken van het diagram kost nogal wat tijd. Vaak zijn onderdelen 7 en 8 door tijdgebrek overgeslagen (dit werd ook geadviseerd).

4 Op en neer.

Evenals de slingerproef is ook de veerproef aan Havo leerlingen bekend. De gevolgde aanpak is echter voor een groot gedeelte nieuw. De formule voor de trillingstijd van een veer wordt gegeven. Aan de veer is een gewicht vastgesoldeerd. Daardoor gaan de diagrammen van de onderdelen 4 en 6 niet door de oorsprong. Omdat ook bij deze proef het tekenen van diagrammen nogal wat tijd eiste, kwam men vaak niet klaar (t/m onderdeel 10).

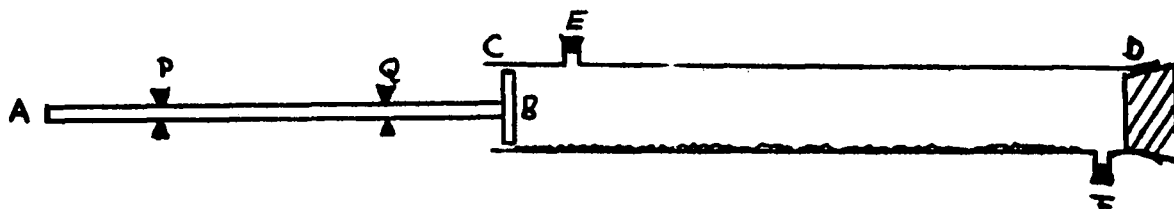
Bepaling van de voortplantingssnelheid van het geluid in verschillende gassen.

Materialen, apparatuur:

Aluminium buis, glazen buis, zeem, kurkvijlsel
verschillende gassen
toongenerator, rolduimstok.

Uitvoering proef:

Meetopstelling



Een aluminium buis AB is op twee verschillende plaatsen P en Q vastgeklemd. Aan het uiteinde B is een kurkschijfje bevestigd. Over dit kurkschijfje is een glazen buis CD geschoven. Het kurkschijfje kan vrij bewegen. We trekken een vochtige zeem langs de aluminium buis. Je hoort nu een snerpnd geluid. De staaf is dan in trilling terwijl deze trilling door het kurkschijfje wordt overgedragen op de luchtkolom CD. In de glazen buis bevindt zich fijn kurkvijlsel. Op plaatsen waar de lucht heftig beweegt springt dit kurkvijlsel op en verspreidt zich. Met behulp van het kurkvijlsel kun je zien wanneer de luchtkolom CD resoneert met de aluminium buis. Hiervoor moet de afstand CD aangepast worden (want f en v_{lucht} liggen vast). Met behulp van de openingen E en F kunnen we de glazen buis vullen met andere gassen.

Metingen:

1. Meet de lengte van de aluminium buis.
2. Bepaal m.b.v. een toongenerator de frequentie van het snerpnde geluid.
3. Tel een aantal buiken of knopen in de glazen buis en meet de afstand tussen de uitersten.
4. Doe dit evenzo bij de andere gassen in de glazen buis.
5. Bepaal de temperatuur in het lokaal.

Opdrachten-vragen (behorend bij voortplantingssnelheid geluid in gassen).

1. Wat voor soort golf ontstaat in de aluminium buis?
2. Is het nodig dat de aluminium buis op speciale plaatsen vastgeklemd is? Geef een toelichting.
3. Hoe groot is de golflengte van het geluid in de aluminium buis?
4. Bereken m.b.v. deze golflengte en de gevonden frequentie de voortplantingssnelheid van geluidsgolven in aluminium (v_{Al}).
5. Verklaar het golfverschijnsel dat optreedt in de luchtkolom.
6. Bepaal de golflengte van geluid in lucht.
7. Bepaal m.b.v. de gevonden frequentie de voortplantingssnelheid van geluid in lucht (v_{lucht}).
8. Bewijs dat
$$\frac{v_{\text{Al}}}{v_{\text{lucht}}} = \frac{\lambda_{\text{geluid in Al}}}{\lambda_{\text{geluid in lucht}}}$$

9. Als v_{lucht} (bij de gemeten temperatuur) 344 m/s bedraagt, bepaal dan m.b.v. de formule uit punt 8. de v_{Al} .
10. Zoek de waarde voor v_{Al} op in het tabellenboekje. Schrijf alle waarden eens op en bespreek de verschillen.
11. Om nu de voortplantingssnelheden in de verschillende gassen te bepalen gaan we uit van v_{Al} . Bespreek met de docent welke waarde je nu hiervoor aanhoudt.
12. Bepaal nu voor de andere gassen de voortplantingssnelheid van het geluid hierin (v_{gas}). Maak een tabel met 6 kolommen. Hierin komen: naam gas (of formule); λ geluid in gas; v_{gas} (overige 3 kolommen later). Zet hierin ook $v_{\text{He}} = 995 \text{ m/s}$.
13. Van welke factoren denk je dat v_{gas} afhankelijk is. Schrijf dat op.
14. Ga naar de docent en vraag hem naar de formule voor v_{gas} .
15. Stel dat je de experimenteel gevonden waarden m.b.v. de formule wilt controleren hoe zou je dat dan doen? Laat zien met één waarde.
16. Als je het verband tussen v_{gas} en M grafisch wilt controleren hoe zou je dit dan doen?
Overleg met de docent en maak de tabel af om er dan het bedoelde diagram mee te maken.
Konklusies?

Gegevens behorend bij de voortplantingssnelheid geluid in gassen.

$$v_{\text{gas}} = \sqrt{\frac{c_p}{c_v} \cdot \frac{RT}{M}}$$

$\frac{c_p}{c_v}$ konstante (zie tabellenboekje blz. 13)

R gaskonstante (zie tabellenboekje blz. 7).

T absolute temp. in K

M molmassa in kg

v_{gas} snelheid in m/s.

Gas	M (g)
O ₂	32
N ₂ *	28
CH ₄	16
CO ₂	44
H ₂	2
He	4

* lucht: $\frac{1}{5}$ deel O₂
 $\frac{4}{5}$ deel N₂

"HEEN EN WEER".

Materialen, Apparatuur:

- statief, klemmen
- koord
- aluminium cilinder, loden cilinder, messing cilinder
- rolcentimeter, liniaal
- kolk of horloge met sekondewijzer
- veerbalans

Methoden:

- a. Hang één van de cilinders aan het koord aan de klem op het statief. Meet de benodigde tijd voor 20 slingeringen.
- b. Ga door een proef na of de slingertijd afhangt van de massa van het slingerend lichaam.
- c. Meet bij 3 verschillende lengten van het koord de lengte van de slinger en meet de benodigde tijd voor 20 slingeringen in die 3 gevallen.

Opdrachten; vragen:

1. Verzamel de metingen van de proeven a en b in een tabel. Trek een konklusie.
2. Verzamel de metingen van proef c in een tabel.
3. Geef in een tekening duidelijk aan welke afstand je gemeten hebt als lengte van de slinger. Licht de tekening toe.
4. Hoe noemt men het aantal slingeringen in 1 seconde?
5. Maak een diagram van de slingertijd als functie van de lengte (proef c).
6. Welke konklusie kun je op grond van dit diagram trekken?
 - a. de slingertijd is evenredig met de lengte
 - b. de slingertijd is evenredig met de lengte in het kwadraat
 - c. de slingertijd in het kwadraat is evenredig met de lengte
 - d. er is een verband tussen slingertijd en lengte
 - e. er is geen verband tussen slingertijd en lengteKies het juiste antwoord en licht dit toe.
7. Uit welk diagram zouden verdergaande konklusies te trekken zijn?
8. Maak dit diagram en trek je konklusie.
9. Met de formule $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ kan de valversnelling berekend worden. Bereken g zo nauwkeurig mogelijk op grond van de verkregen metingen.
10. Welke meting heb je bij de berekening van vraag 8 gebruikt? Waarom? Of zou je ze beter alle 3 kunnen gebruiken? Zo ja, hoe? Licht je antwoord toe.
11. Bepaal g eveneens m.b.v. de slinger in het lokaal ($l = \dots\dots$ cm). Vergelijk met de bij punt 9 gevonden waarde. Welke methode vond je het betrouwbaarst? Licht toe.
12. Bepaal m.b.v. de formule in punt 9 de eenheid van g.
13. Een leerling uit de tweede klas wil onderzoeken of de slingertijd afhangt van de massa die je aan de slinger hangt. Hij beschikt over 2 gelijke messing cilinders die ook van onderen van een haakje zijn voorzien. Eerst bepaalt hij de slingertijd terwijl er één cilinder aan de slinger hangt. Nu vraagt hij jouw advies of hij de tweede cilinder beter onder de eerste kan hangen of ernaast of dat het niet uitmaakt. Wat zou je hem zeggen.
14. Schets de uitwijking van de slinger als functie van de tijd.

Frequentiebepaling.

Algemeen:

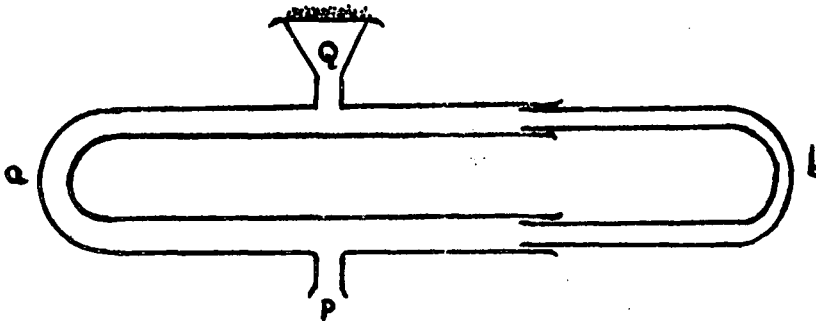
De volgende drie proeven zijn bedoeld om onafhankelijk van elkaar de frequentie van een stemvork te bepalen.

Proef A:

De toon van de stemvork wordt via een mikrofoon en een versterker door een stoffiguur (zwavelpoeder) geregistreerd. Gelijktijdig wordt een trilling van 50 Hz geregistreerd. Verteld wordt hoe dit gebeurt. Voor ieder wordt een stoffiguur gemaakt. Neem dit voorzichtig mee naar je plaats en zorg ook voor een liniaal of rolduimstok.

Proef B:

Meetopstelling:



Er zijn twee buizen a en b. De buis b is binnen buis a verschuifbaar. Als b geheel is ingeschoven zijn de wegen P a Q en P b Q gelijk van lengte.

Voor de opening bij P wordt een trillingsbron geplaatst. Langs beide wegen plant zich dan een golfbeweging voort. De luchtdeeltjes bij Q nemen, als de beide wegen gelijk van lengte zijn, deel aan twee golfbewegingen die in Q steeds dezelfde fase hebben zodat ze elkaar versterken. Wordt de opening Q dan afgedekt door een vlies met wat fijn poeder erop dan komt dit in trilling.

We schuiven buis b nu langzaam uit en zien de trilling van het poeder zwakker worden tot deze bij een bepaalde stand (tweede stand) van b geheel verdwijnt.

Noteer hoeveel cm buis b uitgetrokken moet worden om deze situatie te krijgen.

In deze stand wordt de buis verwarmd. Noteer je bevindingen.

Proef C:

De stemvork is op een klankkast geplaatst. De lengte van de luchtkolom in de klankkast is zo gekozen dat deze resoneert met de stemvork. Meet de diepte van de klankkast.

Opdrachten-vragen (behorend bij frequentiebepaling).

- A. 1) Bepaal de frequentie van de stemvork m.b.v. de stoffiguur.
2) Beschrijf hoe de stoffiguur er zal uitzien als de stemvork vrijwel geen geluid meer geeft.
3) Teken of beschrijf de trillingstoestanden van de stemvork.
- B. 1) Verklaar waarom het poeder op het vlies in de tweede stand niet meer trilt.
2) Hoe groot is de golflengte van de golfbeweging in de buizen?
3) Bereken met 2 en het tabellenboekje de frequentie van de stemvork.
4) Verklaar het verschijnsel dat optreedt tijdens verwarming.
5) Als je weet dat de voortplantingssnelheid van longitudinale golven in gassen recht evenredig is met de wortel uit de absolute temperatuur beredeneer dan hoe men door schuiven van buis b weer maximale versterking kan krijgen (in- of uitschuiven?).
6) Stel dat de temperatuur stijgt van 25°C naar 100°C hoeveel moet men buis b dan verschuiven om weer maximale versterking te krijgen.
7) Voor een bepaald gas is de voortplantingssnelheid bij verschillende temperaturen bepaald. Hieronder volgen de resultaten:

temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	v_{gas} (m/s)
20	342
51	360
92	382
127	400
200	434

Bewijs met behulp van een diagram dat het verband tussen v en T is zoals gegeven in punt 5.

- 8) Hoe groot is v_{gas} bij -73°C ?
- C. 1) Bereken m.b.v. de meting van de diepte van de klankkast de golflengte van de golfbeweging in de luchtkolom.
2) Bereken de frequentie van de stemvork.
3) Ga naar de docent en vraag naar de door de fabrikant opgegeven waarde van de stemvork. Bedenk mogelijke redenen voor het verschil.
4) Bereken m.b.v. de gevonden waarde van de frequentie en de opgegeven waarde van de plaats van de buik buiten de klankkast, aangenomen dat dit de enige reden voor het verschil (zie 3) is.

2.19

Nassau-Scholengemeenschap
A. Vrolijk, Paul Krügerlaan 2, Breda.

2.19.1. Inleiding:

Doordat ik meende dat dit bij het eerste landelijk Mammoet-examen al verplicht was hebben we al die jaren praktische vaardigheid getoetst in een praktikum-schoolonderzoek.

De eerste jaren voornamelijk met onderbouw-praktikumproeven waarbij in het S.O. dan als verrassingselementen om het niveau op bovenbouw hoogte te brengen nieuwe vragen, die inzicht en/of vaardigheid eisen waren toegevoegd.

De voorbeelden hiervan zijn de stencils van de vloeistofmultiplicator, de lichtproeven en de Wet van Ohm.

De laatste jaren, met stimulansen van collega Ir. H. Mulder, hebben hij en ik de onderwerpen en het niveau uitgebreid.

De + 20 proeven die er tot nu toe zijn (gewone stencils) worden zowel door Havo als Atheneum gebruikt.

De leerlingen oefenen met de proeven in standaarduitvoering (volgens stencils), leveren een lijst met een keuze van 15 proeven in voor 1 maart en in het daaropvolgende S.O. krijgen ze van één van de opgegeven proeven een gedeelte (soms de hele proef) uit te voeren met als aanvulling een onbekende uitbreiding als verrassingselement

Voorbeeld:

Bij proef van Atwood: het bepalen van onbekend overwichtje of onbekende hoofdmasa.

2.19.2. Bepaling LL¹.


HAVO

LL¹ = lengte gloeispiraal van de lamp.

BB¹ = lengte van het beeld van LL¹, gevormd door de "B-lens".

v + b = afstand van spiraal tot scherm.

Houd je aan de gegeven (v + b)-waarden.


Hang het diafragma  voor de B-lens.

a) Bepaal LL¹ door het gemiddelde te nemen uit de volgende 4 meetseries:

v + b	v	b	BB ¹	$\frac{b}{v}$	LL ¹
48					
48					
58					
58					

LL¹ gemiddeld =

Diafragma tegen afbeeldingsfouten.

Ontwerp met de B-lens + diafragma een scherp beeld van de gloeispiraal  op het scherm bij

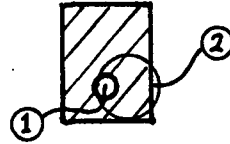
v + b ≈ 60 cm.

Stel de spiraal vertikaal.



zo is 't centrum van de lens in gebruik

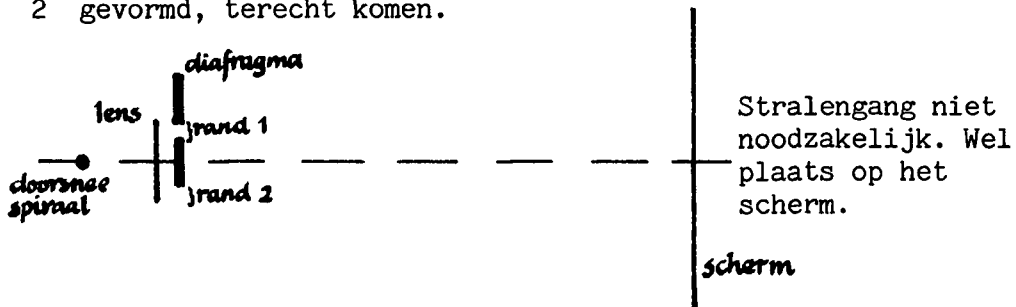
Verschuif vervolgens het diafragma zover dat juist de randen de lichtstralen doorlaten. Nu ontstaan 2 "slechte beelden" op het scherm.





Zo zijn de randen van de lens in gebruik.

- a) Onderzoek welk beeld door ① en welk beeld door ② gevormd wordt.

Geef je antwoord door in het schetsje aan te geven (een horizontale doorsnee) waar op het scherm de beelden, door 1 en 2 gevormd, terecht komen.



- b) Verplaats nu het scherm zó, dat de twee slechte beelden samenvloeien. Daarvoor moet het scherm dichter naar de lens / verder van de lens af geschoven worden. (afgekeurde doorschrapen).
- c) Vergelijk nu eens de plaats van het eerste scherpe beeld dat je bij \otimes -begin II kreeg, met het beeld dat bij b) na het samenvloeien ontstond. (dus \otimes 't ene beeld bij , met bij b) 't ene beeld bij )

Schrijf hieronder welke gevolgtrekking je daaruit kunt maken.

2.19.3. De vallende knikker.

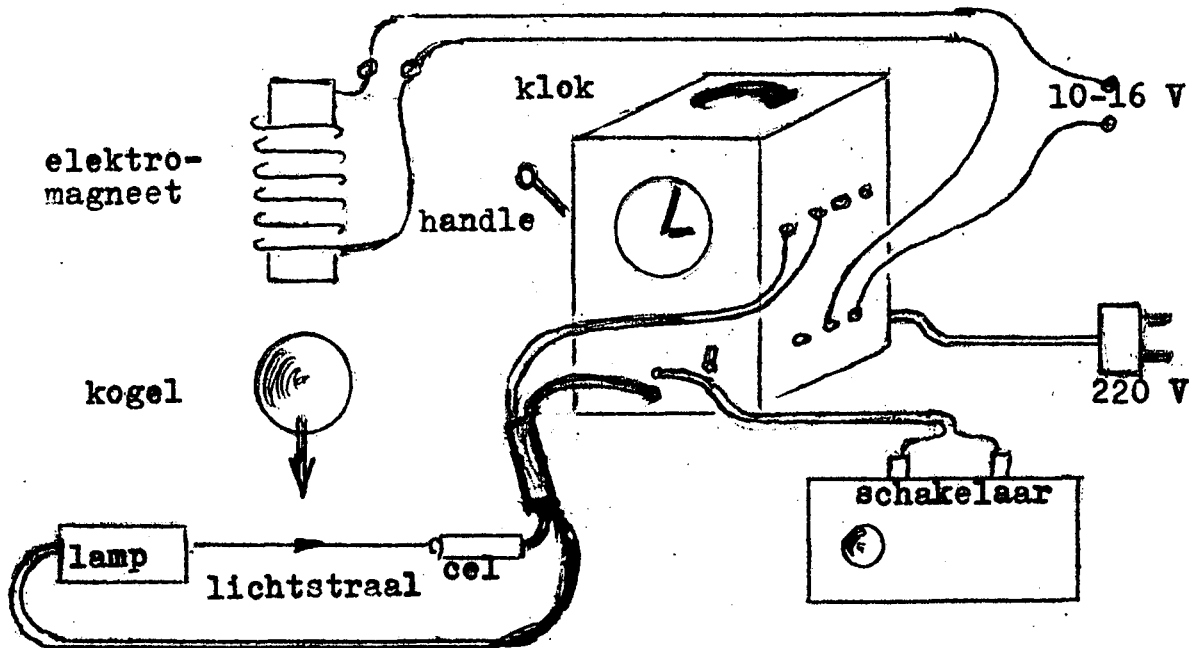
Nodig:

spanning 220 V ; 10-16 V =;honderste-secondenteller, elektromagnetische starter, lamp met fotocel, schakelaar, 2 kogels (zware en lichte), rolmeter, snoeren.

Doel van de proef:

- a) Onderzoek van de valbeweging.
b) Bepaling van de gravitatie g.

Opstelling:



Test de opstelling; onderzoek de functie van de verschillende onderdelen; oefen in het aflezen van de klok.

Opmerkingen vooraf:

- a) Zorg dat de kogel tijdens het vallen niet tegen lampje of fotocel botst.
- b) Tik de schakelaar kort aan anders loopt de klok door.
- c) Zet na elke meting de klok weer op nul door de handle links weer omlaag te duwen.
- d) Trek één stekker nu en dan uit bij de spoel anders wordt deze te heet.

Onderzoek:

A. Vallen zware voorwerpen sneller?

Het volksgeloof zegt: zware knikkers vallen sneller dan lichtere. Galilei had daar een andere bewering over, die hij met valproeven bevestigde. Laat de zware en de lichtere knikker over dezelfde afstand vallen. Vergelijk de valtijden. Formuleer je konklusie:

.....

B. De relatie tussen valtijd en afstand.

Kies een aantal afstanden tussen 20 cm en 200 cm (neem 5 tot 7 waarnemingen). Meet de afstand (s) nauwkeurig in mm en lees de tijd (t) af in centisekonden. Schrijf je meetresultaten in de eerste 2 kolommen.

Berekeningen:

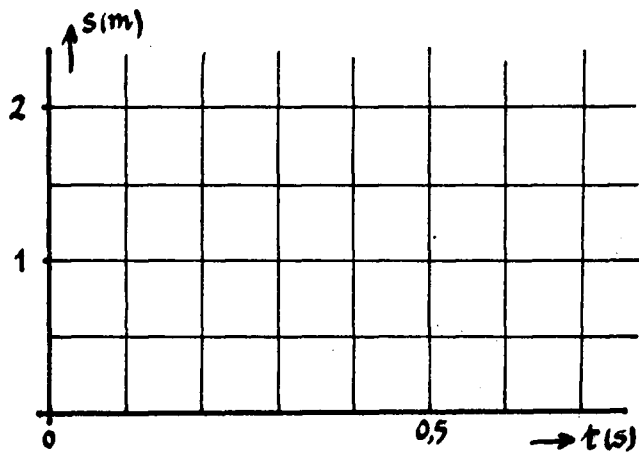
1. Volt uit de meetresultaten dat t en s evenredig zijn?

In dat geval zou de valbeweging eenparig zijn.

Geef combinaties van waarden die je antwoord bevestigen.

2. Zet de meetresultaten in een grafiek uit. Welk niet gemeten punt behoort zeker tot de grafiek en waarom? Is de grafiek recht?

no	s (m)	t (s)	.. ()	.. ()
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				



3. De grafiek lijkt wel een deel van een

4. Bereken en vul in de derde kolom de waarden in van t^2 .
Wat merk je op als je de getalwaarden van t^2 en s nu vergelijkt?

5. Teken de grafiek van (s) als functie van t^2 .
Welke vorm heeft de grafiek nu?

6. In formule kunnen we de relatie tussen t^2 en s als volgt aangeven:
 $s = C \times \dots\dots\dots$

7. De konstante C stelt de verhouding van s en t^2 voor.
Bereken telkens bij elke meting deze verhouding en schrijf deze waarden in de laatste kolom.

8. Tel al deze waarden op en bepaal aldus de gemiddelde waarde van C.

$$C = \dots\dots\dots \frac{m}{s^2}$$

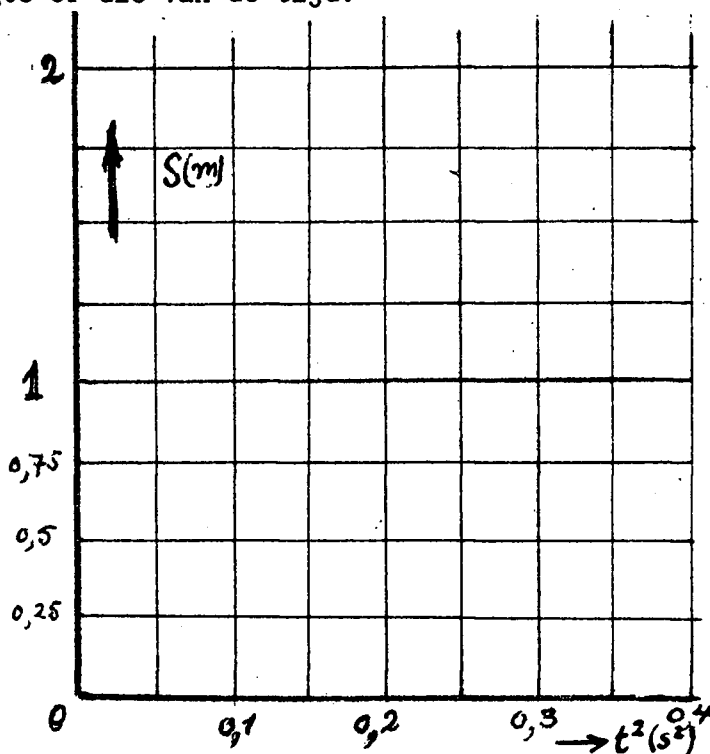
9. Als je weet dat de valformule geschreven wordt als

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

bereken dan

$g = \dots\dots\dots \frac{m}{s^2}$

10. Welke meting had de grootste procentuele fout, die van de lengte of die van de tijd?



2.19.4. Balanceren met stroom.

Nodig:

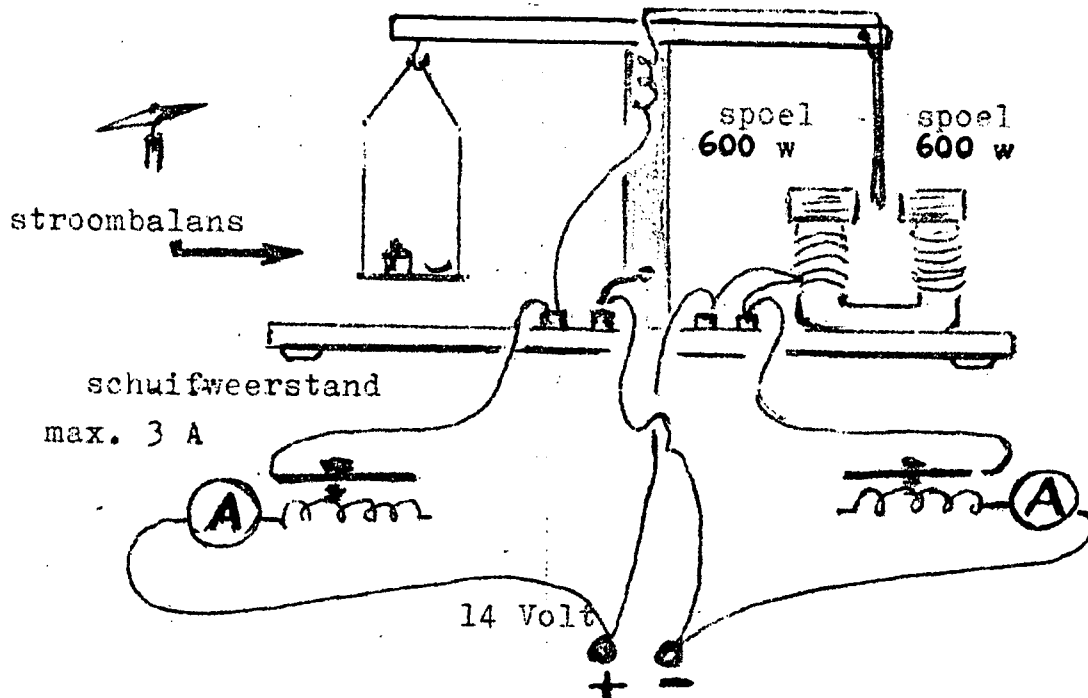
Kompasnaald op speld, stroombalans met gewichten (1 g, 2 g, verder mg), 2 schuifweerstand (30 Ohm, 3 A), 2 stroommeters, 2 korte en 2 lange poolschoenen, 6 snoeren, 14 V.

Theorie:

Als een stroomdraad magnetische veldlijnen snijdt, werkt een lorentzkracht als wisselwerking van stroom en veld. We plaatsen een rechte stroomdraad in een homogeen magneetveld, waarvan de veldlijnen de draad loodrecht snijden.

Onderzoek: (kwalitatief)

Test met de kompasnaald of de polen tegengesteld zijn.



Onderzoek van de lorentzkracht (F):

Plaats op de U-kern de korte poolschoenen. Zet op de in serie geschakelde spoelen een spanning zodat er een stroom doorgaat (spanning tot 12 V). Laat ook een stroom door het draadstuk gaan (lage spanning!). Regel de stromen met de schuifweerstand. Kies de stroomrichting door de draad zo dat de kracht omlaag werkt.

Onderzoek door experimenteren dat de richting van F afhankelijk is van:

1. de richting van
2. de richting van

De stroomrichting door de spoelen bepaalt de veldrichting. Wat is het gevolg van het gelijktijdig omkeren van stroom- en veldrichting?

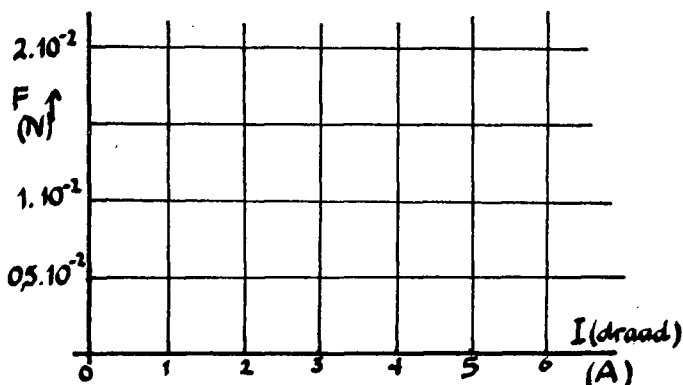
Test de kurketrekkerregel.

Zoek daartoe eerst met de kompasnaald uit hoe de richting van de magnetische veldsterkte (B) is. Ga ook na in welke richting de stroom door het draadstuk (1) loopt.

En nu kwantitatief.

- A. Houd de stroom door de spoelen konstant en daarmee B. Verander nu telkens de stroom I in het draadstuk en meet met de balans telkens de bijbehorende kracht F. Neem eerst de stroom door de spoelen 1 A en de stroom door de draad achtereenvolgens 2, 4 en 6 A. Vul de gemeten waarden in de tabel in en teken de grafiek. Verander tijdens de meting niet de stand van de poolschoenen.

stroom	kracht
2 A	... 10^{-2} N
4 A	... 10^{-2}
6 A	... 10^{-2}



Breng de relatie tussen kracht en stroomsterkte in woorden. Geef de relatie ook in een voorlopige formule:

- B. Maak de speelstroom nu konstant 0,5 A en bepaal weer de krachten bij 2, 4 en 6 A door de draad. Teken ook deze grafiek op de bovenstaande. Breng de relatie tussen lorentzkracht en speelstroom onder woorden en in formule.

Samenvattend kunnen we zeggen dat de lorentzkracht ;..... is met 1.
 2.

- C. Ook de lengte (l) van het draadstuk, in zoverre zich dat binnen het veld bevindt, speelt een rol. Neem de lange poolschoenen. Nu werkt het veld in op een tweemaal zo lang draadstuk. Onderzoek het effect. Theoretisch is de kracht (F) evenredig met de lengte (l). Is dat de konstatieren?

D. Samengevat kunnen we schrijven:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

Hierbij is B een konstante die bepaald wordt door de sterkte van het magnetische veld. We noemen B de magnetsiche veldsterkte. De eenheid is: N/A.m. Bereken de hoogste waarde van B die je gevonden hebt bij de metingen met de smalle poolschoenen.

$$B = \dots\dots\dots \text{N/A.m}$$

- E. Bereken in dat geval ook de heersende flux. Kies daarbij de juiste eenheid. $\Phi = \dots\dots\dots$
- F. B is in hoge mate afhankelijk van de stroomsterkte door de spoelen. We vonden dat B daarmee evenredig is. Van welke factoren zou B nog meer afhankelijk kunnen zijn? Kun je er één van bewijzen?

2.19.5. De tweedimensionale botsing.

Doel:

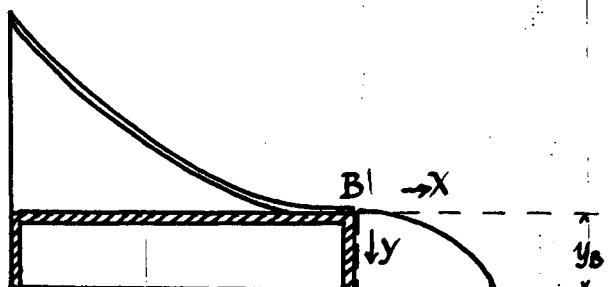
- a) Kennismaken van een handige onderzoekmethode.
- b) Onderzoeken van een bijzondere tweedimensionale botsing: de volkomen elastische botsing van twee gelijke massa's waar er één van stilstaat ($v_2 = 0$).

Nodig:

Rolgoot met 2 stalen kogels. Schietlood. Carbonpapier en transparantpapier.

Onderzoekmethode:

Zie fig. 1.



De kogels, waar we de snelheidsvektoren vlak vóór en vlak ná de botsing van willen bestuderen beschrijven na B steeds een baan zoals we die van de "horizontale worp" kennen. Door de konstante hoogte y_B is de valtijd t van een kogel steeds dezelfde. Denk aan $y = \frac{1}{2} g \cdot t^2$. De grootte van de horizontale verplaatsing x is gelijk aan de horizontale snelheid v maal die konstante t . Denk aan $x = v \cdot t$.

Anders gezegd: de horizontale verplaatsing van een kogel na B is een maat voor de horizontale snelheid in B . En deze horizontale verplaatsing leggen we vast met het carbonpapier + transparant.

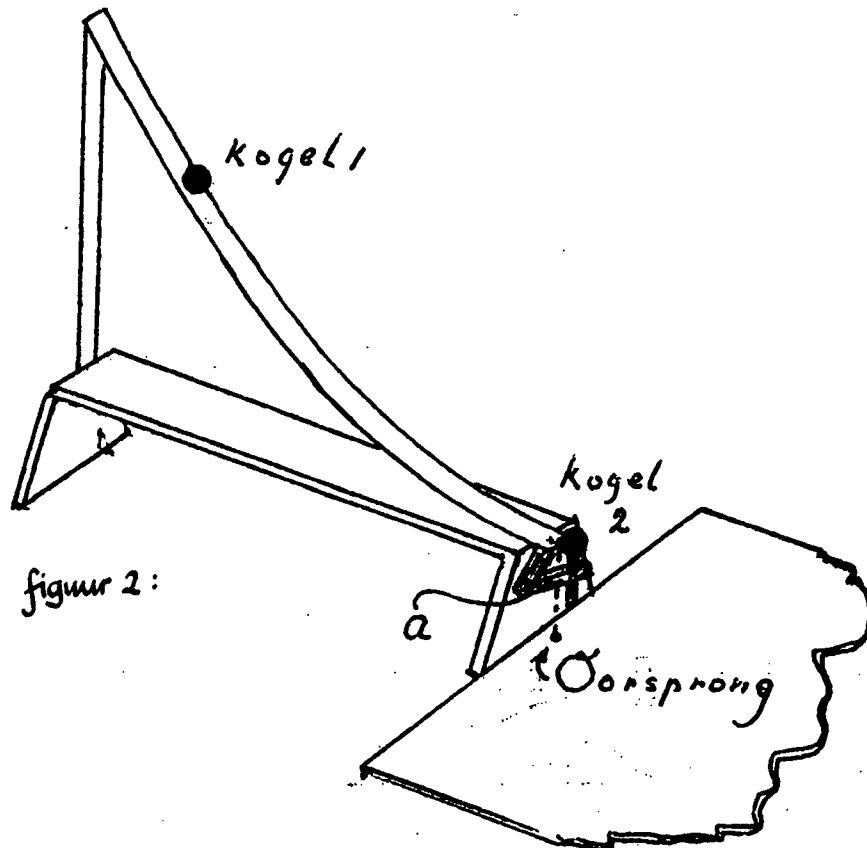
Vooraf: Ga na of de verstelbare bout waar de 2e kogel op rust zo staat, dat de kogels bij de botsing even hoog boven de tafel zijn. Kogel 1 moet steeds van dezelfde plaats A losgelaten worden. Geen zetje dus!

Kontroleproefje voor gelijke valtijden:

Bij elke botsingshoek tussen de kogels hebben deze gelijke valtijden volgens de inleiding.

Ga dit na voor 4 willekeurige standen van het verstelbare armpje a, zie fig. 2.

Hierbij nog geen papier op tafel nodig.



a) Was de praktijk aardig in overeenstemming met de theorie?

Ja/Nee.

b) Hoe merkte je dat?

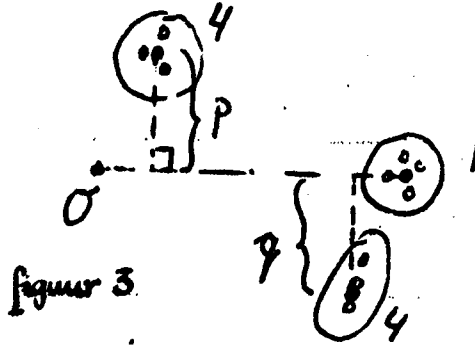
De metingen aan de tweedimensionale botsing.

Leg, aansluitend aan het voetstuk (zie fig. 2) een vel transparant papier met daaronder carbonpapier met de kant die afgeeft naar het transparantpapier toe. Als kogel 1 alleen van de schans springt, bepaalt het trefpunt de maat van het registratiepapier (iets groter in 't vierkant). Plak het papier met tape op de tafel.

c) Bepaal nu de oorsprong O van alle metingen en konstrukties zo: het is het voetpunt van de loodlijn uit de positie die kogel 1 heeft, vlak voordat hij met kogel 2 botst. Zie fig. 2. Gebruik een schietlood. Noteer de O op transparant.

Als het trefpunt van een kogel geldt verder steeds het gemiddelde van 3 à 4 treffers. Omlijn zo'n groepje punten en geef het gemiddelde met een inktpunt aan en zet er het waarnemingsnummer uit de tabel bij. Zie voorbeeld fig. 3.

- d) 1. Om de beginsnelheid van kogel 1 voor de botsing te bepalen, laten we hem zonder botsing de horizontale sprong maken. Markeer het gemiddelde van ± 3 sprongen, zet er 1 bij en noteer de afstand tot 0 in de tabel.
2. Een bijzonder geval is de centrale botsing. Dan moet kogel 2 met z'n middelpunt op de snelheidsvektor van kogel 1 liggen. Zorg daarvoor. Markeer het gemiddelde trefpunt van elke kogel, vul de afstanden in de tabel in.



- 3 t/m ± 8 . Varieer de hoek waaronder kogel 1 tegen kogel 2 botst zodat de treffers wat gelijkmatig over 360° verdeeld liggen.

Metingen			Lidwerking		
volgnummer	Kogel 1 x_1 in cm	Kogel 2 x_2 in cm	x_1^2	x_2^2	$x_1^2 + x_2^2$
	x_1 vóór				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Uitwerking:

e) De verzameling meetpunten vormt bij benadering een opvallende figuur, namelijk

f) Bij elke botsing geldt de wet van behoud van hoeveelheid beweging, in feite een vektorgelijkheid:

$$\vec{m}_1 \cdot \vec{v}_1 + \vec{m}_2 \cdot \vec{v}_2 = \vec{m}_1 \cdot \vec{u}_1 + \vec{m}_2 \cdot \vec{u}_2 \quad \text{Omdat } m_1 = m_2 \text{ en } v_2 = 0 \text{ moet hier gelden:}$$

$$\vec{v}_1 = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 \quad \text{en omdat de x-waarden maat voor de snelheden zijn zou bij een botsing moeten gelden:}$$

$$\vec{x}_{1, \text{vóór}} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2 \quad (\text{vgl. 1})$$

Kies één van de botsingen uit en construeer op het transparant papier de vektorsom $\vec{x}_1 + \vec{x}_2$,

Je ziet dan of de resultante ongeveer bij meetpunt no. 1 uitkomt.

g) Een gevolg van de impulswet is dat de kogels evenver aan weerszijden van de lijn 0-meetpunt no. 1 uitkomen, zie fig. 3. Geef voor twee botsingen deze lijnstukken op het transparant aan en vul de lengtes bij het volgnummer in.

volgnummer	p in cm	q in cm

h) Indien een botsing volkomen elastisch is geweest geldt dat de totale kinetische energie vóór de botsing, gelijk is aan die ná de botsing of dat $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$.

Hier met $m_1 = m_2$ en $v_2 = 0$ en met x als maat voor v:

$$x_1^2 (\text{vóór}) = x_1^2 + x_2^2 \quad (\text{vgl. 2}).$$

Dit geldt voor alle botsingen 2 t/m 8.

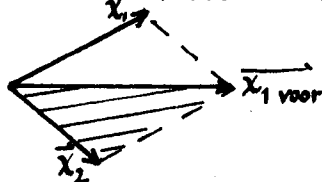
Kontroleer of de botsingen volkomen veerkrachtig waren door de uitwerkingskolommen in te vullen. Vergelijk de praktijk met de theorie van vgl. 2. Waren ze aardig met elkaar in overeenstemming?

Ja/Nee

Hoe constateer je dat?

i) Achteraf bekeken met de theorie.

Vgl. 1 luidde $\vec{x}_{1 \text{ voor}} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2$



Of figuur 4.

De drie x vektoren vormen dus een driehoek!

Vgl. 2 luidde

$$x_1^2 \text{ vóór} = x_1^2 + x_2^2$$

In de driehoek geldt blijkbaar de stelling van Pythagóras!

Konklusie:

De driehoek is rechthoekig met x_1 voor als schuine zijde.

Kijk eens of in de konstruktie op transparant (opdracht f)

x_1 en x_2 ongeveer loodrecht stonden.

De hoek tussen x_1 en $x_2 = \boxed{}^\circ$

Ken je de volgende eigenschap van een cirkel?:

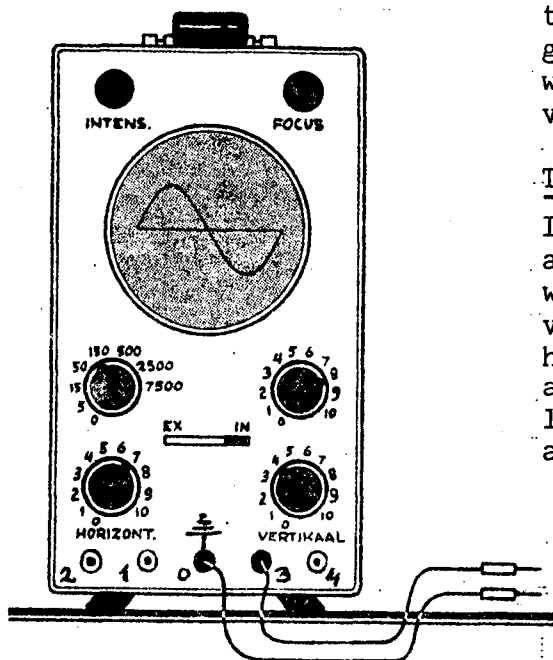
"Een omtrekshoek met als koorde de middellijn is 90° ".

Dan begrijp je nu misschien dat de verzameling meetpunten op een cirkelomtrek ligt!

N.B. Als je het verslag inlevert, hoort daar natuurlijk het transparantpapier, met de markeringen als in fig. 3 en de konstruktieopdrachten, bij!

2.19.6. Trillingen kijken.

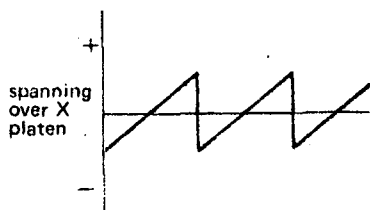
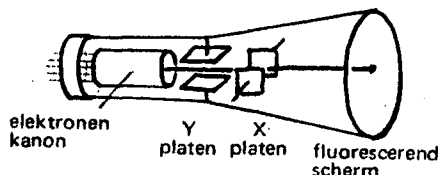
Werken met de oscilloscoop.



Nodig: oscilloscoop, 6 snoeren, transformator (220 naar 4-20 V), gelijkrichter, toongenerator, weerstand (30 Ohm), mikrofoon, versterker, stemvork, orgelpijp.

Theorie:

In de skoop bevinden zich 2 stel afbuigplaten. De horizontale noemen we de Y-platen, ze geven een vertikale afbuiging; de vertikale heten de X-platen, ze geven een afbuiging horizontaal. Beide stellen hebben een gemeenschappelijke aansluiting (aarde, midden).



zaagtandspanning

Met de middelste 2 knoppen kan de elektronenstraal eenparig naar rechts gevoerd worden, waarna de straal in een uiterst korte tijd terugspringt. Daartoe moet op de X-platen een "zaagtandspanning" worden gezet.

Dit is de "tijd-basis". Door middel van de middelste knoppen kunnen we het aantal bewegingen per seconde of de tijdbasisfrequentie regelen (links grof, rechts fijn). Zorg dat tijdens het werken met de scoop het scherm niet inbrandt.

Onderzoek: 

A. Werking van de scoop.

Draai aan de diverse knoppen en onderzoek de werking.

- linksboven aanzetten en intensiteit
- rechts focussing
- middelste 2 frequentieregeling, grof en fijn
- linksonder horizontale versterker
- rechts verticale versterker.

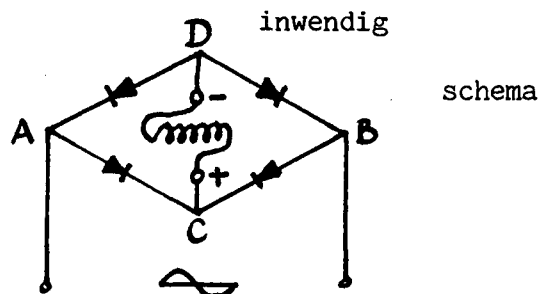
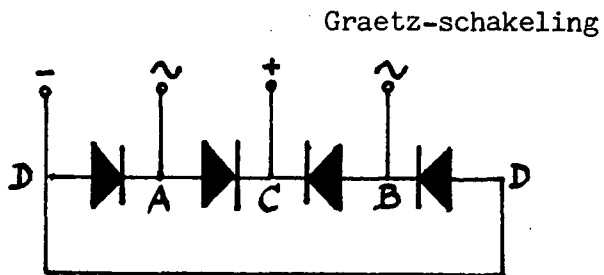
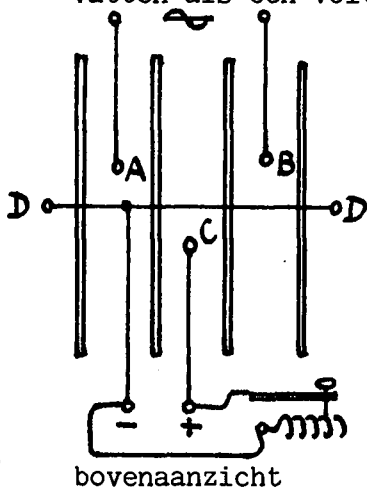
B. Spanningsonderzoek.

Zet de 6-voltswisselspanning van de transformator op de bussen 0 en 3. Stel de zaagtandfrequentie op 50 Hz. Je krijgt dan één sinus. Hoe krijg je 2 golven te zien? Experimenteer verder en schrijf je ervaringen op. Welk verschil krijg je als je de aansluitpunten 0 en 4 neemt? Onderzoek het begrip synchronisatie. Wanneer krijg je een stilstaand beeld?



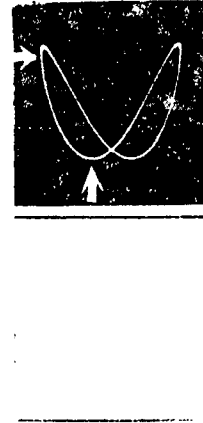
C. Onderzoek van de gelijkrichter.

Belast de uitgang met een weerstand van 30 Ohm. Bestudeer de werking van de gelijkrichter. De wisselspanning van de transformator wordt hier omgezet in een enkelvoudige of dubbelgelijkgerichte wisselspanning. Onderzoek met de scoop de werking van de 4 cellen van de schakeling. Zet de spanning AB op de scoop, dan BC, CB en zo verder. Zorg steeds voor goed stilstaande beelden. Maak tekeningen van de golfpatronen. Door de gelijkrichter te belasten, gaat er stroom door de cellen en worden de spanningsverschillen op de scoop zichtbaar. De scoop is op te vatten als een voltmeter.



D. Trillingsfiguren (volgens Lissajous).

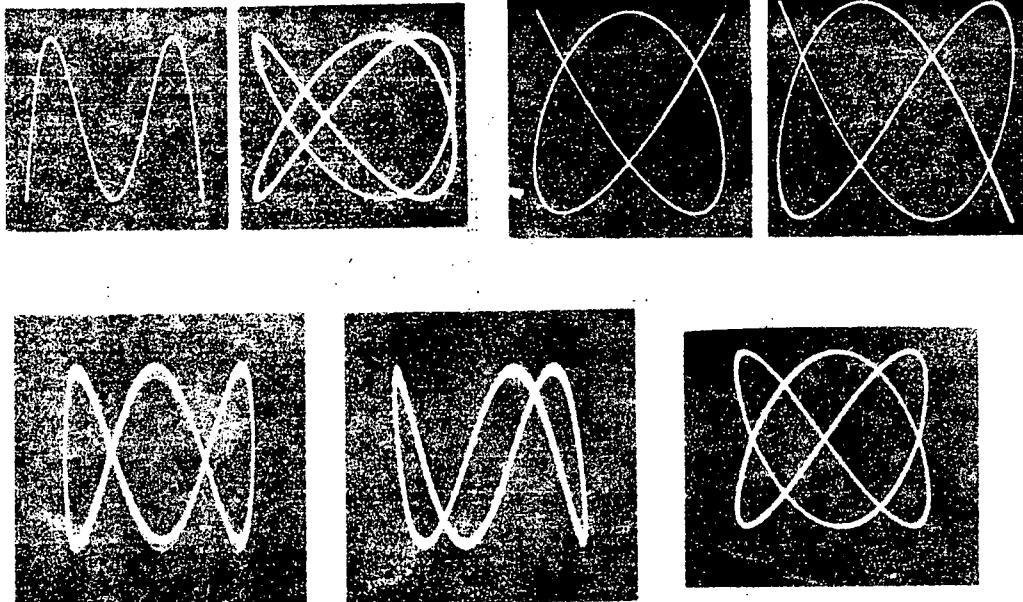
Schakel de tijdbasis uit. Zet op de busen 0 en 1 6 volt wisselspanning van de transformator (50 Hz). Op de busen 0 en 3 de wisselspanning van de toongenerator. De toongenerator produceert frequenties van 20 tot 20000 Hz. Zet de toongenerator ook op 50 Hz. Er verschijnt bij juiste afstelling een cirkel, lijnstuk of ellips. Stel vertikaal de frequentie 100 Hz in. Welke figuren kunnen nu ontstaan? Realiseer allerlei figuren en bepaal de bijbehorende frequenties en hun verhouding. Onderzoek de hierbij geleverde figuren en schets nog andere. Hoe de frequentieverhouding uit te tellen is, staat hieronder in een voorbeeld aangegeven. De figuren komen steeds in families voor (één die "aan de lijn" doet, een erg dikke en overgangsvormen).



Onderzoek de frequentieverhouding bij de "achtvormige" figuren. Doorloop de figuur horizontaal, uiters links (zie pijl) beginnend. Om de figuur eenmaal heen en terug te doorlopen, gaan we eenmaal naar rechts en terug naar links (één trilling).

Nu vertikaal; begin ergens onderaan (zie pijl); doorloop de figuur: omhoog, omlaag, omhoog, omlaag (twee trillingen). Dus in dezelfde tijd dat één trilling horizontaal volbracht wordt, worden er twee trillingen vertikaal beschreven.

De frequentieverhouding bij de "achtvormige" figuren is dus horizontaal:vertikaal = :



E. Onderzoek van geluid.

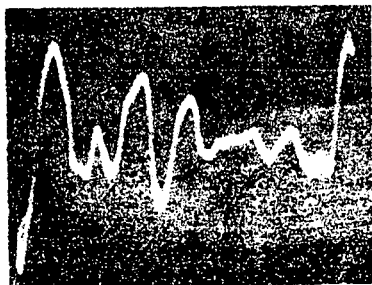
In een mikrofoon worden mechanische trillingen omgezet in elektrische trillingen. Deze zijn weer op de scoop te analyseren. Maak weer gebruik van de tijdbasis en verbind de uitgang van de versterker met de verticale ingang van de scoop.

Sla de stemvork voor de mikrofoon aan. Controleer bij stilstaand beeld de frequentie van de stemvork.

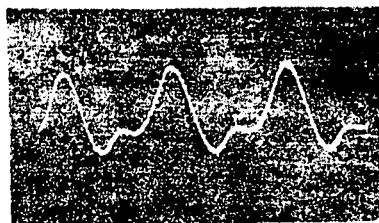
Blaas een orgelpijp aan. Controleer speciaal bij harder blazen het verschijnen van boventonen.

Zing een klinker (a, e, i, o, u). Analyseer zo de menselijke stem. Teken de golfstructuren

Het stemvorkpatroon is het eenvoudigst.



menselijke stem

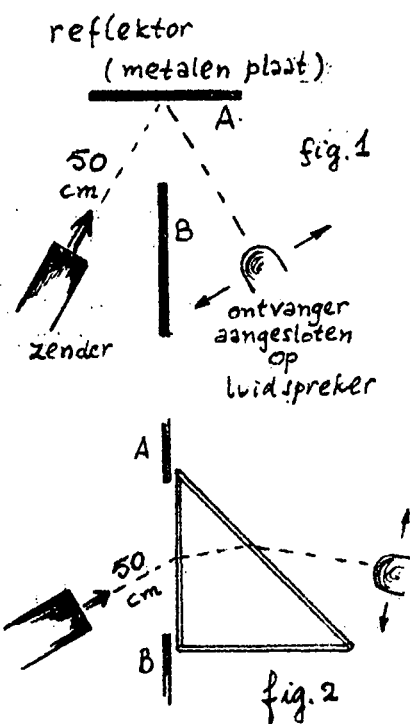


orgelpijp

2.19.7. 3 cm-golven

De frequentie van deze golven

..... Hz
($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).



Nodig: zender, ontvanger, puntvormige ontvanger op steel, 2 brede metalen platen op voet, 1 smalle metalen plaat, 1 perspex plaat, perspex prisma, bolle lens, gebogen plaat blik, polarisator, paraffine olie, luidspreker, meetlat, snoeren, versterker.

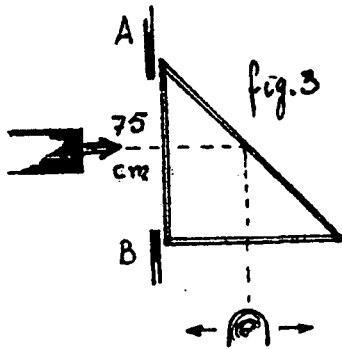
Doel van de proef:

Onderzoek van de eigenschappen van elektromagnetische golven.

Ter beschikking zijn een 3 cm-zender en 2 ontvangers, die via een versterker op een luidspreker worden aangesloten. Zo is de gang van de golfstralen te volgen en zijn maxima en minima op te sporen.

1. Doorlating

Onderzoek welke stoffen de golven doorlaten (perspex, glas, hout, boekmetaal).



2. Terugkaatsing (fig. 1)

Laat de golven weerkaatsen tegen de metalen plaat A. Plaat B belet direkte ontvangst.

Geldt de bekende terugkaatsingswet?

Probeer met een gebogen metaalplaat een beeld van de zender te maken. Meet voorwerps- en beeldafstand.

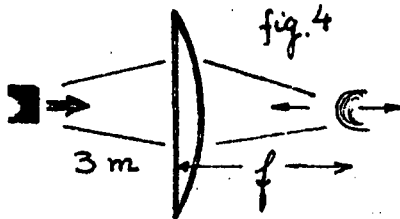
3. Breking.

a) Laat de golven breken in een prisma gevuld met paraffineolie (fig. 2).

Gebruik de metalen platen voor afscherming.

b) Laat de golven recht op de rechthoekszijde van het prisma vallen. Je kunt nu totale terugkaatsing waarnemen (fig. 3).

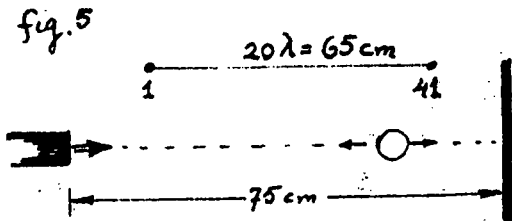
c) De met paraffineolie gevulde lens vertoont het brandpuntseffekt. We meten een beeldpunt op cm. Als de lens leeg is ontvangt men daar geen signaal.



4. Interferentie.

a) staande golven (fig. 5).

Laat golven weerkaatsen tegen een metalen plaat. Door interferentie van heen- en teruglopende golven, ontstaan staande golven met knopen en buiken, zoals bij de proef van Kundt. Zoek met de puntvormige ontvanger naar maxima en meet de golflengte (..... cm).



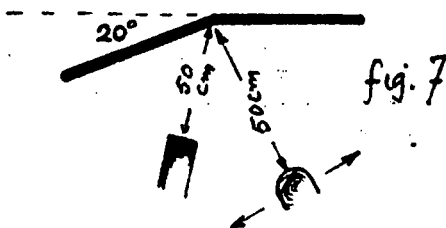
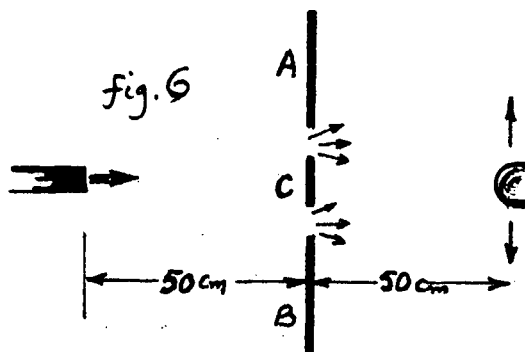
b) proef van Young (fig. 6)

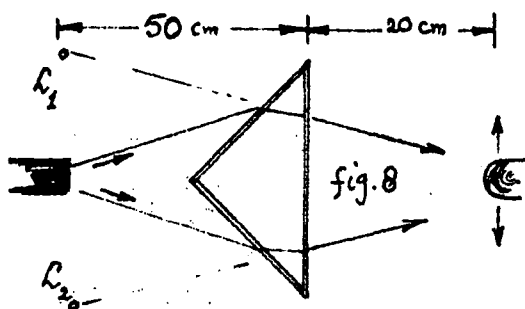
Met de 2 brede en de ene smalle plaat kan men 2 gaten maken, die zich gaan gedragen als coherente bronnen. Er achter meet men dan maxima en minima.

c) proef van Fresnel (fig. 7)

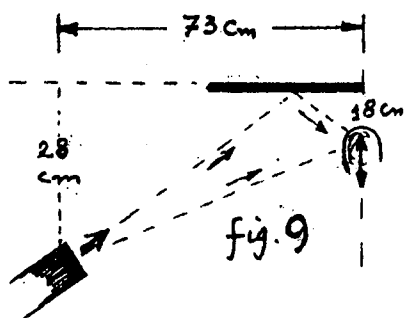
Hetzelfde effect kan men bereiken met behulp van 2 spiegels die een kleine hoek met elkaar maken. In de teruggekaatste bundels neemt men interferentie waar.

Met dergelijke methoden bepaalde men de golflengten van zichtbaar licht.

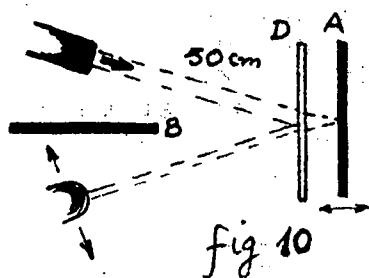




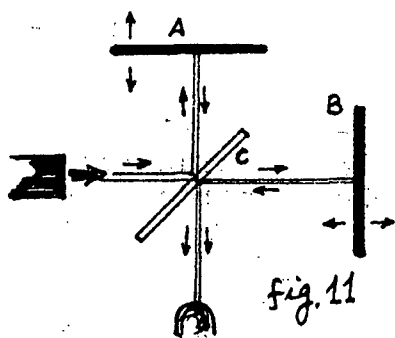
- d) biprisma van Abbe (fig. 8).
Met een dubbele breking kan men ook 2 virtuele coherente bronnen maken. Symmetrisch achter het prisma verschijnt weer het interferentie-spectrum.



- e) spiegel van Lloyd (fig. 9)
In plaats van te werken met een dubbele spiegel, kan het ook met een enkele. Interferentie treedt dan op tussen het teruggekaatste en het direkt opgenomen golfvront door de ontvanger. Bij de reflectie treedt een fasesprong $\frac{1}{2}$ op, zodat bij wegverschil $n \times$ (de golflengte) uitdoving ontstaat. Aan de rand van de spiegel zijn een aantal minima te meten.

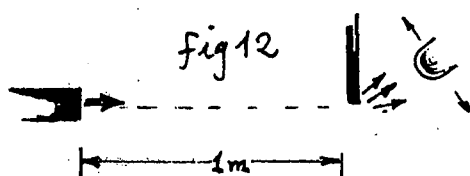


- f) interferentie in dunne laag (fig. 10)
In de ontvanger treedt interferentie op tussen golven die door de perspexplaat D zijn teruggekaast en die door D zijn doorgelaten, door A gereflekteerd en weer door D zijn doorgelaten alvorens de ontvanger te bereiken. Door A te schuiven ontstaat versterking of verzwakking.

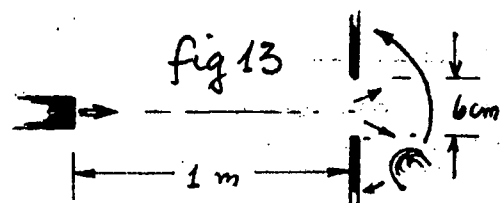


- g) interferometer van Michelson
Maak de opstelling van fig. 11. Langs 2 wegen kunnen signalen in de ontvanger komen. Door A of B te verschuiven ontstaan daar weer maxima of minima. Wellicht is dit de meest frappante interferentiemethode. De perspexplaat is hierbij dus half doorlatend, half reflekterend.

5. Buiging.

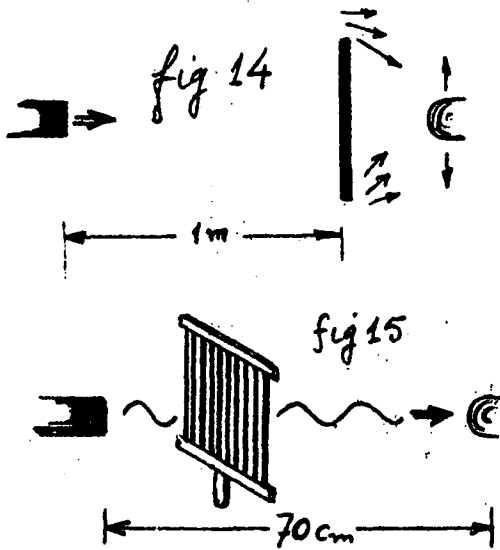


- a) buiging om een hoek (fig. 12)
Beweeg de ontvanger om de hoek van een metalen plaat. Is er in de schaduw toch ontvangst?



- b) buiging bij een spleet (fig. 13)
Maak de opening eerst erg smal. Dan treedt er volledige buiging op (achter de spleet ontstaan cirkelvormige golven). Vergroot de opening; nu komen aan de rand interferentieverschijnselen.

- c) buiging bij een hindernis
Onderzoek in fig. 14 de buiging om de hindernis.



6. Polarisatie (fig. 15)

De elektromagnetische golven hebben een transversaal karakter. Zodoende hebben ze een bepaald trillingsvlak. Zet de polarisator tussen zender en ontvanger. Als je het rooster nu langzaam 360° ronddraait, hoor je tweemaal een maximum en tweemaal een minimum. Draai de zender een beetje om zijn as. Zoek nu weer met het rooster naar absorptie en doorlating. We zeggen nu dat het polarisatievlak gedraaid is.

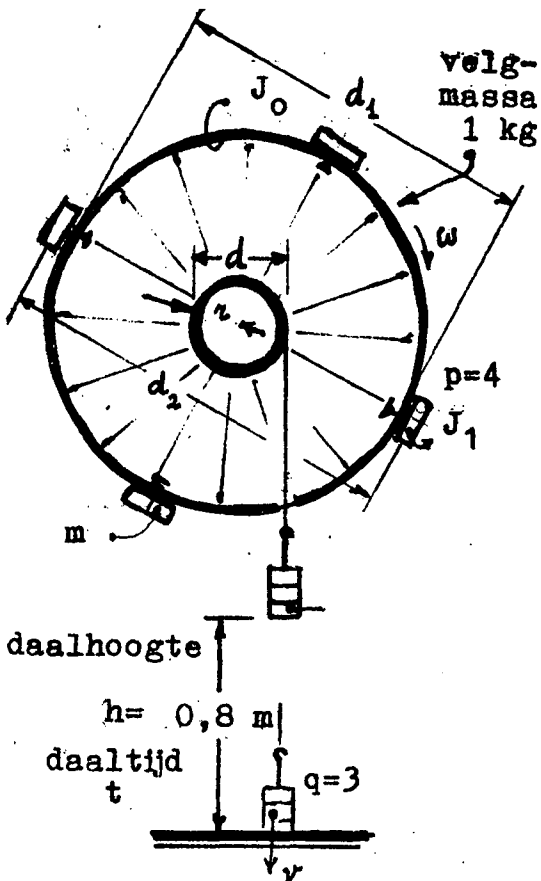
7. Dopplereffekt (fig. 5)

Trek de plaat snel naar rechts. In de luidspreker kan nu een zwevingsfrequentie gehoord worden als gevolg van heenlopende golven (f) en teruggekaatste golven met verlaagde frequentie $f_0 = \frac{c}{c+2v}$

$$\Delta f = f \left(1 - \frac{c}{c+2v}\right) \approx f \cdot \frac{2v}{c} \quad f = 10^{10} \text{ Hz en } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

dus $\Delta f = 67 \text{ v}$ (bij $v = 1 \text{ m/s}$; $\Delta f = 67 \text{ Hz}$).

2.19.8. Draaiend fietswiel.



Nodig: fietswiel, 4 opschroefcilinders, 6 schijfgewichten met haak, 2 veerunsters van 1 en 5 N, stopwatch.

Inleiding:

Om de as van een licht draaiend fietswiel wordt een draad gewikkeld, waaraan trekgewichten komen te hangen. Door het dalen van de gewichten geraakt het wiel in versnelde rotatie. De versnelling wordt enerzijds bepaald door de grootte van het trekgewicht, anderzijds door de massa van het wiel, al of niet extra belast. Hierbij is het niet alleen belangrijk hoe groot die massa's zijn, maar ook hoever ze zich van het middelpunt bevinden. Dat is het begrip: traagheidsmoment mr^2 . De velg alleen heeft een waarde J_0 , die vergroot kan worden door opschroeven van maximaal 4 ijzeren cilinders met elk een waarde J . We verwaarlozen het traagheidsmoment van de as en ook alle wrijvingskrachten.

Doel van de proef:

Bepaal bij een zeker trekgewicht en een bepaalde daalhoogte (h) de daaltijd (t) als functie van het traagheidsmoment (J).

Formule:

Theoretisch luidt de relatie:
$$t^2 = c \cdot \frac{J}{q} = c \cdot \frac{J_0 + pJ_1}{q}$$

waarbij:

p het aantal opschroefcilinders
en q het aantal trekgewichten voorstelt.

Vorbereidende metingen:

Het is belangrijk vooraf een overzicht te maken van een aantal grootheden die bij de proef een rol spelen en ze te bepalen.

as diameter d = cm velg d₁ = cm d₂ = cm

asstraal r = m r₁ = m r₂ = m


massa velg: T kg massa opschroefcilinder kg
massa trekgewicht kg

traagheidsmoment van velg J₀ = = kgm²
van 2 opschroefcilinders 2J₁ = = kgm²
van 4 opschroefcilinders 4J₁ = = kgm²
van velg + 2 cilinders J₀+2J₁ = = kgm²
van velg + 4 cilinders J₀+4J₁ = = kgm²

relatie daaltijd-traagheidsmoment


Als daalhoogte dient bij deze proef 0,8 m genomen te worden.

- Belast de velg met 4 cilinders (p=4) en hang 3 schijfgewichten (q=3) aan de draad. Meet t bij h = 0,8 m. Vul de betreffende uitkomsten in de tabel in. Herhaal de meting voor p=2 en daarna nog voor p=0. Neem telkens q=3. Reken ook de waarden van t² uit en vul die ook in.

tabel q = 3 

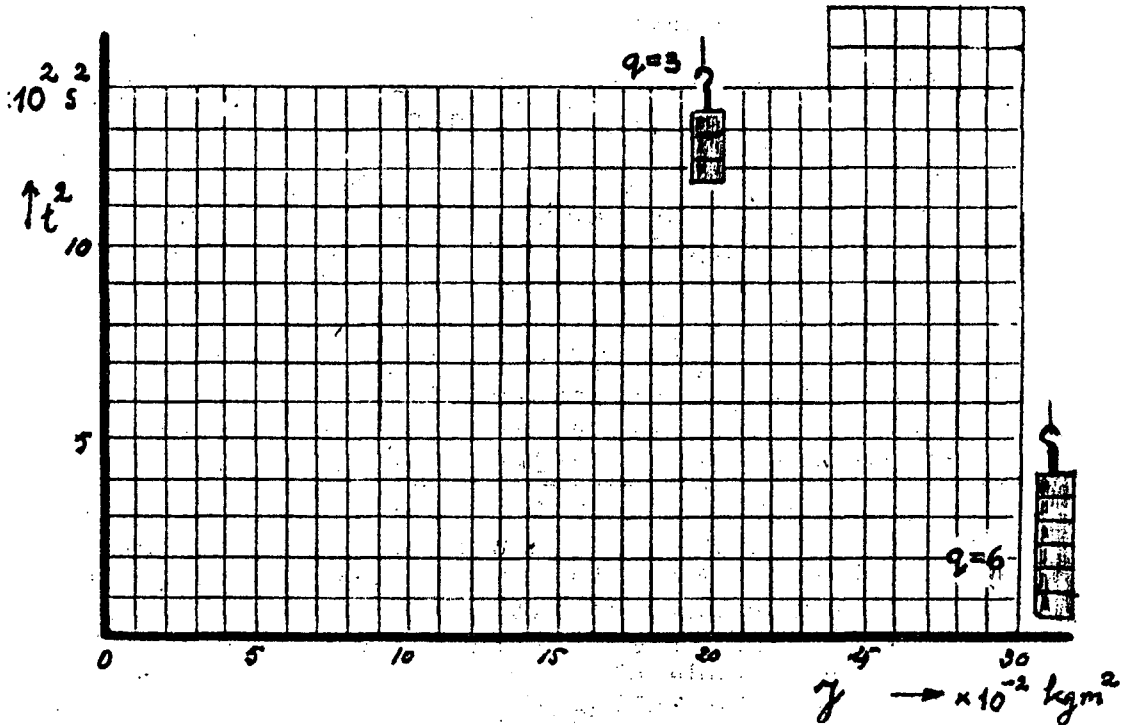
p	J (kgm ²)	t (s)	t ² (s ²)
4	J ₀ +4J ₁ = .....	.....	.....
2	J ₀ +2J ₁ = .....	.....	.....
0	J ₀ = .....	.....	.....

- Doe dezelfde metingen nog een keer, maar neem nu 6 schijfgewichten (q = 6). Vul de tabel weer in.

tabel q = 6 

p	J (kgm ²)	t (s)	t ² (s ²)
4	J ₀ +4J ₁ = .....	.....	.....
2	J ₀ +2J ₁ = .....	.....	.....
0	J ₀ = .....	.....	.....

- 3: Teken beide grafieken in één figuur.
Onderzoek of t^2 als functie van J inderdaad recht loopt.



4. Zullen de grafieken werkelijk door de oorsprong kunnen gaan? Het zou betekenen dat als het wiel helemaal geen J -waarde heeft, het trekgewicht de afstand 0,8 m in een tijd nul zou afleggen. Bereken de waarde van t^2 die in werkelijkheid zou optreden. Waar ligt dat punt in de grafiek. Maak je konklusie.

5. De formule luidt eigenlijk $t^2 = c \cdot \frac{J_0 + pJ_1 + qmr^2}{q}$

Toon aan dat de term qmr^2 verwaarloosbaar is t.o.v. $J_0 + pJ_1$ als $q = 3$ of $q = 6$.
 $mr^2 = \dots\dots\dots$

6. Afleiding van de formule (met behulp van energie).

Doordat het trekgewicht over een hoogte h daalt, verliest het een hoeveelheid potentiële energie $qmg h$ die wordt omgezet in rotatieënergie van het wiel $\frac{1}{2}J\omega^2$ en een restant kinetische energie van het trekgewicht zelf $\frac{1}{2}qmv^2$.

$$qmg h = \frac{1}{2}J\omega^2 + \frac{1}{2}qmv^2 \quad \text{waarbij} \quad \omega = \frac{v}{r}$$

en $v = \frac{2h}{t}$ (want de eindsnelheid is het dubbele van de gemiddelde snelheid).

$$qmg h = \frac{1}{2}J\frac{v^2}{r^2} + \frac{1}{2}qmv^2 \quad \text{vul in } v = \frac{2h}{t}$$

daaruit volgt: $t^2 = \frac{2h(J + qmr^2)}{qmr^2}$ waarbij $J = J_0 + pJ_1$

7. Neem eens voor $p = 4$ en $q = 6$ en bereken hieruit de waarde van t en vergelijk deze uitkomst met de gemeten waarde. Is de overeenkomst redelijk? (ja/nee).
8. Laat in bovengenoemd geval het trekgewicht eenmaal dalen over 0,8 m en daarna weer door het wiel opgetrokken worden. Tot welke hoogte keert het weer? Bereken hieruit hoeveel % energie verloren gaat bij het dalen alleen. (..... %).
9. Als je aan het wiel 1 of 3 cilinders bevestigt, kun je het wiel laten werken als een slinger met een zekere slingertijd. Er worden dan geen trekgewichten gebruikt. Doe volgens eigen initiatief een onderzoek aan zo'n roterende slinger. Waar hangt de slingertijd wel vanaf, waarvan niet, enz. Noteer hieronder enkele konklusies.

2.19.9. Dynamo en motor.

energie-omzettingen.

Nodig:

Dynamo-motor, katrolwiel, draad, 4 gewichten, schakelaar, wissel-schakelaar, rolmeter, stopwatch, V-meter, A-meter, weerstand (10 Ohm), 10 snoeren.

Een dynamo is een machine, die bewegings-energie omzet in elektrische energie.

Een motor is een machine, die elektrische energie omzet in bewegings-energie.

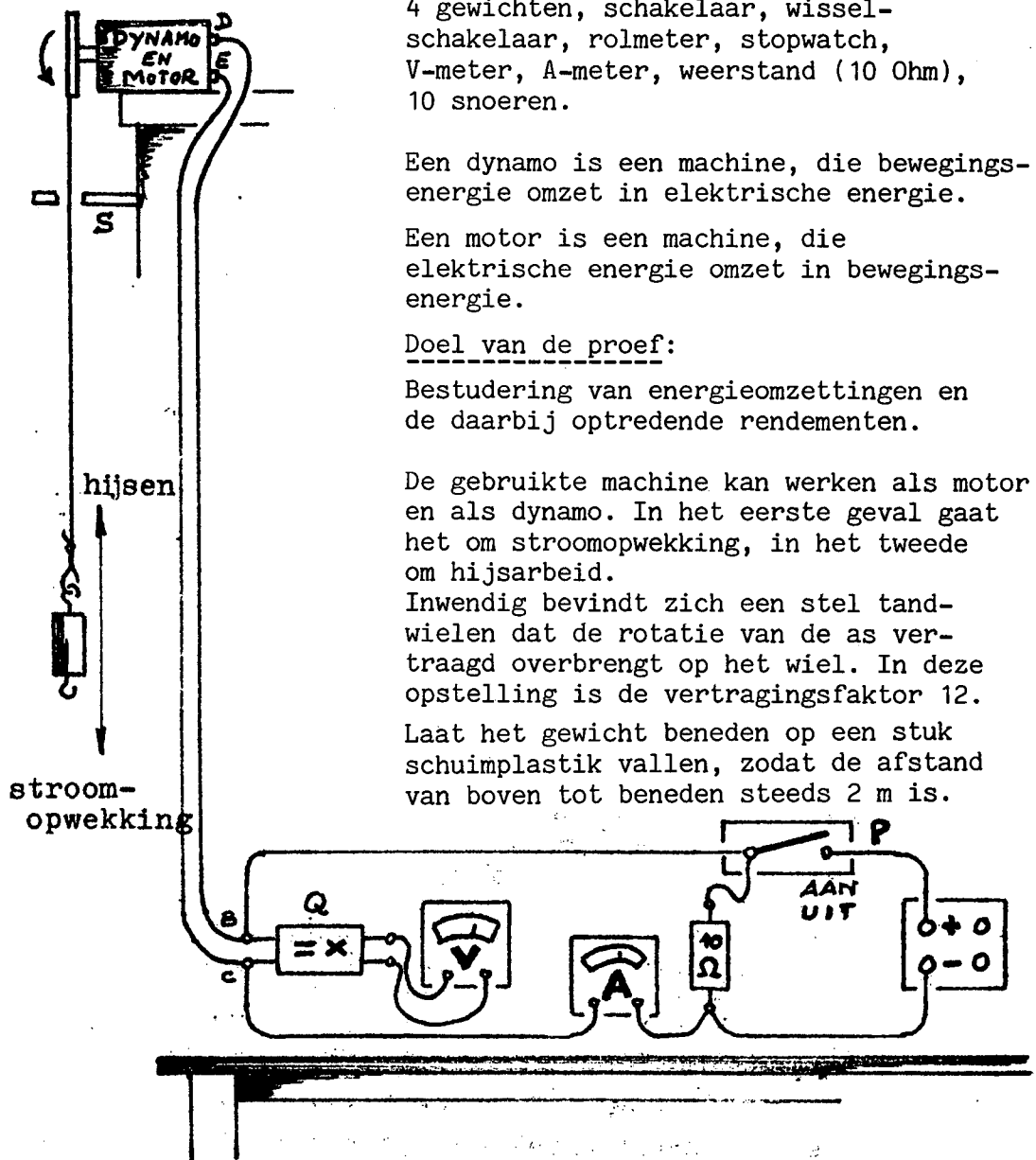
Doel van de proef:

Bestudering van energieomzettingen en de daarbij optredende rendementen.

De gebruikte machine kan werken als motor en als dynamo. In het eerste geval gaat het om stroomopwekking, in het tweede om hijsarbeid.

Inwendig bevindt zich een stel tandwielen dat de rotatie van de as vertraagd overbrengt op het wiel. In deze opstelling is de vertragingsfaktor 12.

Laat het gewicht beneden op een stuk schuimplastik vallen, zodat de afstand van boven tot beneden steeds 2 m is.



Onderzoek:

1. Maak de schakeling van vorige blad.
2. We gaan nu eerst de opstelling kwalitatief testen. Hang 100 g aan de hijsdraad. Zet de spanningsbron op 5 V. Als schakelaar P op "aan" staat, wordt het gewicht opgehesen. Zorg dat de meters in de goede richting uitslaan. Als het gewicht tegen de de stootplaat S stuit stopt het hijsen.
3. Zet schakelaar P op "uit"; trek aan het gewicht waardoor het begint te dalen. Je zult zien dat de A-meter weer goed uitslaat, maar de V-meter niet. Daarom is voor de V-meter een omschakelaar gezet. Telkens als je overgaat van hijsen op dalen moet je deze dus omzetten.
4. Oefen nog een paar keer in hijsen en dalen en zorg dat de meters korrekt uitslaan.
5. Neem als massa 100 g en als spanning 5 V. Hijs het gewicht op tot tegen het stootplaatje. Lees stroom en spanning af bij stilstaande machine. Bepaal met de wet van Ohm de inwendige weerstand van de wikkelingen.

$$R_i = (\dots V) : (\dots A) = \dots, \dots \Omega$$

6. Haal het gewicht van de draad af en laat de motor onbelast draaien bij dezelfde spanning. De stroom is nu duidelijk minder dan in opgave 5. In de motor treedt nu een tegenspanning op (dynamo-effekt). Bereken deze tegenspanning.

$$V_{ind} = V - IR_i = 5 - \dots \times \dots = 5 - \dots = \dots, \dots V$$

7. Laat de motor nu 100 g ophijsen over 2 meter hoogte. Bepaal met de stopwatch in hoeveel tijd dat geschiedt. Lees stroom en spanning af en vul deze 3 waarden in de tabel in. Controleer de getallen nog een keer. De verbruikte elektrische energie is:

$$V \times I \times t = \dots \times \dots \times \dots = \dots J$$

Inwendig is aan warmte in de wikkelingen verbruikt:

$$I^2 \times R_i \times t = \dots \times \dots \times \dots = \dots J$$

Als we even veronderstellen dat het ophijsen eenparig is geschied, is de hijsnelheid:

$$\dots : \dots = \dots \text{ m/s}$$

De kinetische energie die de massa dus bij de botsing tegen het stootplaatje had, was dus:

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot (\dots)^2 = \dots, \dots J$$

De zwaarte-energie die de massa in de hoogste stand heeft gewonnen is mgh of 0,1 x 10 x 2 = ... J

Onder het rendement van de hijsmachine verstaan we de verhouding van de gewonnen zwaarte-energie tot de toegevoerde energie.

In dit geval ... : ... = 0, ... = ... %

8. Welke energiesoort was verwaarloosbaar klein?
(.....)

energieën bij motor en dynamo

toegevoerde energie $W = I^2 R_i t + V_i I t$
 warmte $Q = I^2 R_i t$
 hjsarbeid $W_{hjs} = V_i I t$

massa in kg	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20
hijsen of dalen motor of dynamo	motor	dynamo	motor	dynamo	motor	dynamo
spanning in Volt	5,0	...	7,5	...	10,0	...
stroom in ampère	0,...	...				
tijd in sekonde						
elektrische energie in J						
inwendige energie in J						
afgelegde weg in meter	2	2	2	2	2	2
snelheid in m/s						
kinetische energie in J	0,...	...	x	x	x	x
zwaarte- energie in J						
rendement in %	%	%	%	%	%	%

9. Zet schakelaar P op "uit". Schakel de aansluiting bij de V-meter om. Geef het gewicht een rukje omlaag waardoor de machine als dynamo gaat werken. Bepaal weer V, I en t. Vul de waarden in de tabel in. Bereken weer alle betreffende energieën en bepaal het rendement van de dynamo.
10. Hijs het gewicht weer op. Maak de lange snoeren BD en CE bij B en C los en verbind ze daar met elkaar. De dynamo is nu kortgesloten. Laat het gewicht nu dalen. In hoeveel tijd geschiedt dat nu? (..... s). Waarom is de tijd toegenomen?
11. Hijs het gewicht weer op, door B en C weer normaal aan te sluiten. Maak B en C dan weer los en laat het gewicht een stuk dalen bij "open" en een stuk bij "kortgesloten" dynamo. Omschrijf je ervaring.
12. We herhalen de proeven van opdracht 7 en 9 voor een massa 150 g. Maak de spanning 7,5 V. Vul de uitkomsten voor hijsen en dalen weer in de tabel in.

13. Herhaal de meting tenslotte nog voor 200 g en 10 V.
14. Probeer eens te verklaren dat bij het beurtelings functioneren van motor en dynamo, de stroom niet, maar de spanning wel telkens van richting wisselt.
15. Welk advies kun je geven bij gebruik van dit motortje als men een tamelijk goed rendement wil verkrijgen?
16. Zouden V_1 en R_1 tijdens alle proeven gelijk geweest zijn? Waar hangt dat ⁱvanaf?

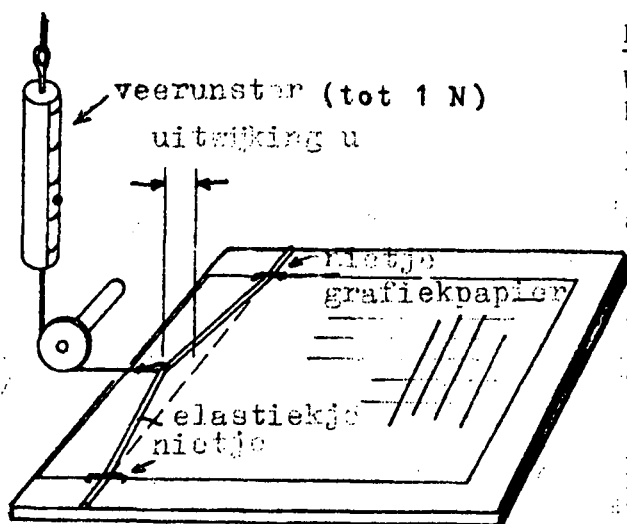
2.19.10. Geldschieten, een energieproef.

Nodig:

statief, veerunster (tot 1N), draad garen, speld, munten, plankje met grafiekpapier en elastiek.

De energie die een muntstuk bezit als het wordt weggeschoten door een elastiekje stelt het muntstuk in staat om over een bepaalde weg arbeid te verrichten door de wrijvingskracht te overwinnen. Op een ondergrond van bijv. hardboard, wordt een vel grafiekpapier strak vastgeplakt. Een overal even dik elastiekje wordt op één van de cm-lijnen (fig. 1) aan de einden vastgeniet, zodat het een zekere voorspanning heeft.

Als men nu het elastiekje in het midden een uitwijking u geeft, die klein is ten opzichte van de lengte van het elastiekje, is de kracht vrijwel evenredig met de uitwijking. De kracht wordt bepaald door een draad garen met een lusje aan het midden van het elastiek vast te maken en via een katrol te verbinden met een veerunster. De uitwijking is dan direkt op het grafiekpapier af te lezen.



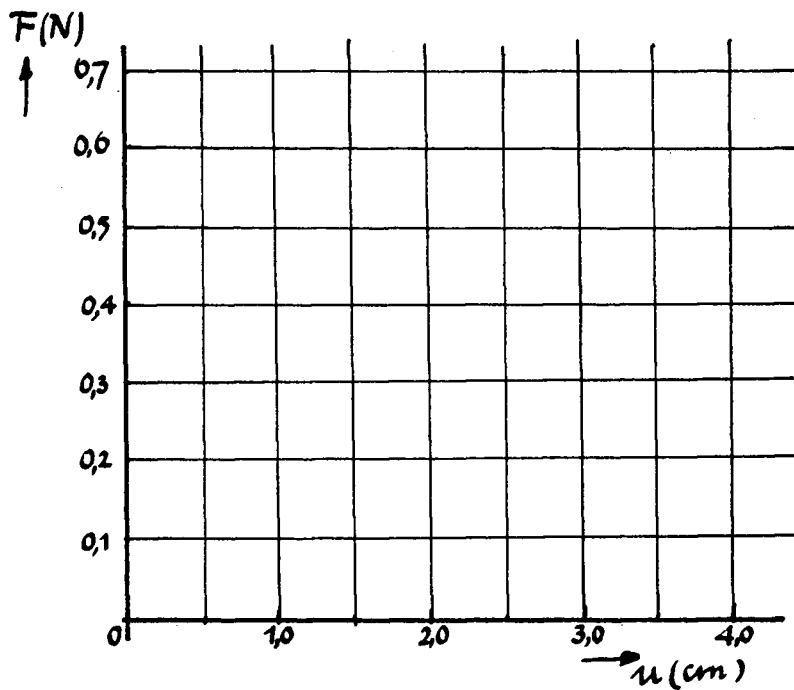
figuur 1.

F als functie van u.

We bepalen nu eerst het verband tussen kracht en uitwijking bij het elastiekje. Zet horizontaal u in cm en vertikaal F in N. (zie fig. 2).

- a) Doe een aantal metingen voor $u = 0,5; 1,0 \dots 4,0$ cm. Teken de grafiek in fig. 2.
- b) Is het verband lineair? (ja/nee).
- c) Bepaal de veerconstante van het elastiekje.

Haal de veerunster nu weg en schuif het draadje naar het eindpunt van het elastiekje.

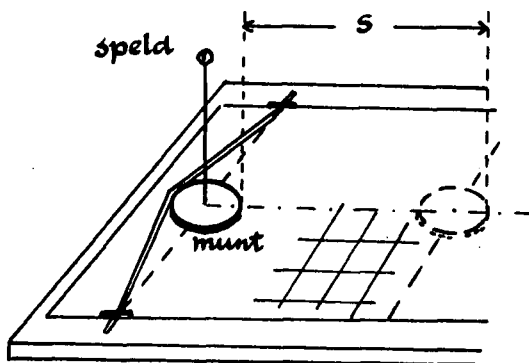


figuur 2.

Geldschieten

Schuif nu een cent met het elastiekje achteruit tot een zekere uitwijking. Houd de munt op zijn plaats door met een speld er midden op te drukken. Haal nu de speld recht omhoog. De munt schiet weg en legt daarbij een zekere afstand s af (fig. 3). Oefen een aantal keren bij dezelfde uitwijking.

- d) Is het resultaat redelijk reproduceerbaar?
- e) Meet nu de afgelegde weg bij diverse waarden.
Vul de tabellen zo goed mogelijk in.



figuur 3

2.20. Uitgave schoolonderzoek natuurkunde 1976 - Carolus Borromeus College in samenwerking met de groep vakdidaktiek-afdeling der technische natuurkunde; TH-Eindhoven.

Algemeen

Op het Carolus Borromeus College vond het schoolonderzoek plaats gedurende 4 tentamenperiodes in het laatste schooljaar. Dit gebeurde in de week:

1. vóór de herfstvakantie
2. vóór de kerstvakantie
3. vóór carnaval!!
4. vóór de paasvakantie.

Voor elk vak werd door de leraren aan het begin van het schooljaar vastgesteld hoe zij hun schoolonderzoek inrichtten, als het maar gebeurde gedurende de vastgestelde periodes. Elk vak moest van minstens 2 tentamenperiodes gebruik maken.

Regeling voor natuurkunde

De natuurkundesektie maakte gebruik van het maximum aantal periodes. In de eerste drie periodes was het tentamen schriftelijk gedurende drie uur. Gedurende de laatste week voor de paasvakantie werd een practicumtentamen afgenomen (4e periode). Het gemiddelde van de cijfers uit de vier periodes bepaalde het schoolonderzoekcijfer. De regeling was voor havo en vwo hetzelfde.

Voor het practicumtentamen zijn door de natuurkundeleraars zowel voor havo als voor vwo elk 16 nieuwe proeven en opstellingen bedacht. Sommige proeven bevatten elementen die bekend waren uit practicum. Anderen waren volkomen nieuw.

Per dag deden ca. 12 leerlingen tentamen, verdeeld in groepen van 4. Elke kandidaat deed individueel een proef (van de 16). Hij kreeg hiervoor:

- $\frac{1}{2}$ uur om de proef voor te bereiden
- 1 uur practicum
- 1 uur om het verslag te maken
- $\frac{1}{2}$ uur mondeling (o.a. verslag bespreken).

Bij de voorbereiding van de proef lagen voor de leerlingen leerboeken klaar. Ook mochten zij al hun verslagen van practica, die zij gedaan hadden in de voorafgaande tijd, meebrengen om meetmethodes die zij nodig konden hebben op te zoeken. De proeven waren zodanig dat ieder binnen één uur goed klaar moest kunnen komen.

Bij het practicum werd door de verantwoordelijke docenten vooral gelet op:

- a hoe heeft de leerling zich voorbereid
- b weet hij wat hij moet gaan meten
- c is het probleem voor hem duidelijk
- d praktische vaardigheid
- e heeft hij veel assistentie nodig
- f noteert hij duidelijk wat hij waarneemt
- g neemt hij voldoende waar.

Bij het mondeling tentamen werd het verslag, dat door de docent inmiddels nagekeken was, besproken. Er werd ook gepraat over foute discussie en over problemen die zijdelings met de proef te maken hadden.

Het practicum en het verslag droeg voor $\frac{2}{3}$ deel bij aan het cijfer voor de 4e periode, het mondeling voor $\frac{1}{3}$ deel.

De proeven voor het havo

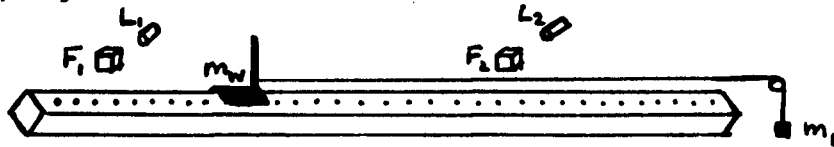
Hier volgen de 16 proeven (h1 ... h16) die door de natuurkundeleraars van het Carolus Borromeus College gedurende de cursus 1975-1976 voor het havo gebruikt zijn.

h1. Eenparig versnelde beweging

Inleiding

We doen bij deze proef alsof we de wet $F = m \cdot a$ nog niet kennen, evenals de eenheid van kracht (N).

We laten op een luchtkussenbaan, waarvan de wrijving te verwaarlozen is, een kracht werken op een wagentje.

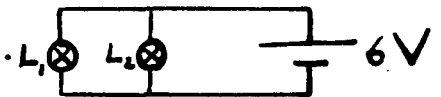


Deze kracht wordt uitgeoefend door een twouwtje dat over een katrol loopt en waaraan een zakje met kogeltjes hangt.

De kracht drukken we uit in aantal kogeltjes, bijvoorbeeld 2k, 10k enz.

De tijd nodig voor een bepaalde afstand, wordt gemeten met fotocellen die een digitale klok kunnen laten starten en stoppen.

De lampjes worden gevoed met een apart voedingskastje.



Maak de opstelling en laat hem eerst kontroleren!

We stellen nu de afstand van de fotocellen in op 1,00 meter. Zet daartoe een streepje op de baan bij de plaats waar de 1e fotocel F_1 de klok start.

Zet m.b.v. een meetlat een streepje op een afstand van 1,00 meter hiervan.

Zet de 2e fotocel nu zo dat deze de klok juist stopt als het wagentje dit streepje passeert. Laat nu het wagentje zonder beginsnelheid dit traject afleggen en meet de tijd die hiervoor nodig is. Herhaal dit een paar keer.

Doe de proef met 2, 4, 6 en 8 kogeltjes.

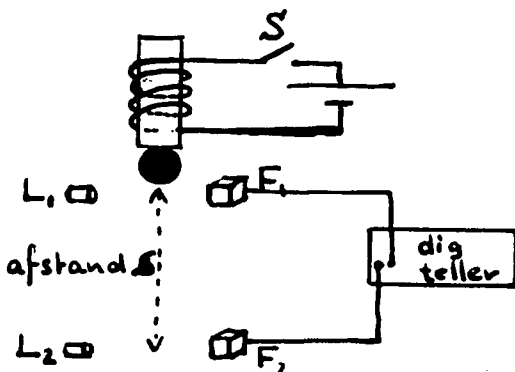
Verslag

- a) Leid een formule af waarmee je de versnelling van het wagentje kunt berekenen uit de afgelegde weg en de tijd daarvoor nodig.
- b) Zet je metingen in een tabel.
- c) Bereken a en zet dit ook in de tabel.
- d) Maak een grafiek van F (in aantal kogeltjes) tegen a.
- e) Welke conclusie trek je uit de grafiek.
- f) Zal de grafiek recht blijven lopen voor grote aantallen kogeltjes? Zo nee, waarom niet?
Wat is de maximale versnelling die het wagentje kan krijgen?

h2. Bepaling van de valversnelling g

Om g te bepalen moet je een kogel laten vallen over een bekende afstand, die je kunt variëren. Je moet verder de tijd meten die nodig is om deze afstand af te leggen.

Opstelling



Met behulp van schakelaar S kun je de elektromagneet in- of uitschakelen. De bovenste fotocel moet zo geplaatst worden dat de teller begint te lopen als de kogel de electromagneet loslaat. De onderste fotocel doet de teller weer stoppen. Bij verschillende afstanden tussen de fotocellen is de valtijd te meten. (Voor het bedienen van de teller vraag uitleg aan een van ons).

- Uitvoering:
- Plaats de fotocellen op een afstand van 1 meter en meet verschillende keren de valtijd van de kogel.
 - Doe hetzelfde voor afstanden van 80, 60, 40 en 20 cm.

Verslag

- Noteer de meting van elke afstand in een tabel en bepaal voor elke afstand de gemiddelde tijd.
- Zet in een grafiek tegen elkaar uit, de afstand waarover de kogel valt en de tijd die daarvoor nodig is ($s_t - t$).
- Zet in een grafiek tegen elkaar uit, de afstand waarover de kogel valt en de tijd die daarvoor nodig is in het kwadraat ($s_t + t^2$).
- Wat is je conclusie uit grafiek c), m.a.w.: Is de beweging eenparig, eenparig versneld, of versneld (Leg je conclusie uit.).
- Bepaal met behulp van b) of c) de valversnelling g. Leg je berekening uit.

h3. De wrijvingskracht

Als je een kogel op de grond laat stuiten en er zou geen energie (in de vorm van warmte) verloren gaan, dan zou de kogel weer even hoog terugkomen. Als je een slinger in trilling brengt en je zou de luchtweerstand en de wrijving in ophangpunten kunnen verwaarlozen, dan zou de slinger dezelfde amplitudo houden. Je gaat in deze proef proberen de wrijvingskracht in een dergelijke situatie te bepalen.

Opstelling

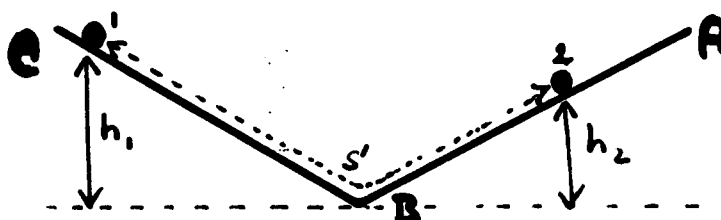


In de rail is een meetlint aangebracht met millimeterverdeling, waarop de weg die de kogel aflegt langs de rail is af te lezen. De stukken $AB = BC = 1$ m.

Uitvoering

- Stel met behulp van de flesjes-waterpas, de twee uiteinden van de rails (A en C) volkomen gelijk en bepaal de massa van de kogel.
- Meet de hoogte van C t.o.v. B. Doe dit eveneens met de hoogte van A t.o.v. B.
- Laat de kogel los op een bekende afstand op het stuk BC en meet hoever de kogel komt op het traject AB. (Doe dit minstens 5x, na eerst goed geoefend te hebben) en noteer de waarnemingen in een tabel.
- Laat de kogel nu op een andere plaats op BC los en meet weer minstens 5x hoe ver de kogel op het traject AB komt. (Noteren in tabel).
- Doe de proef nog eens maar nu weer op een andere plaats. (Noteren in tabel).
- Laat de kogel nu weer op dezelfde plaats los als in proef C. Noteer hoe ver hij komt op het traject AB en noteer hoe ver hij weer terugkomt op het traject BC. Doe dit minstens 5x.
- Laat de kogel nu weer los op dezelfde plaats als in proef C. Noteer alle tussenstanden totdat hij twee keer op en neer gelopen is.
- Doe het nog eens totdat hij 3x op en neer gelopen is.

Verslag



Bij de beweging van de kogel van C via B naar A geldt:

$$\Sigma F \times s = \frac{1}{2} mV_1^2 - \frac{1}{2} mV_1^2. \quad \text{Zie § 3.4 deel dH.}$$

daar $V_2 = V_1 = 0$ geldt:

$$\Sigma F \times s = 0.$$

Arbeid verrichten hier de F_z en de F_w .

a) Geef een korte beschrijving van de proef en laat zien dat uit bovenstaande moet volgen: $mgh_1 - mgh_2 = F_w \times s$ (s = afgelegde weg).

b) Geef de meetresultaten van proef C in een tabel:

losgelaten op BC	bereikte afstand op AB	h_1	h_2	S

Bepaal het gemiddelde van h_1 en h_2 en het gemiddelde van S en bereken F_w .

c) Doe hetzelfde voor de proeven d en e.

d) Is er een verschil voor de uitkomsten van F_w en verklaar eventuele verschillen.

e) Maak ook tabellen om de proeven f, g en h, zoals je voor de voorgaande gedaan hebt (je hebt nu alleen meer kolommen). Bepaal weer het gemiddelde van de totaal afgelegde weg en het gemiddelde van de beginhoogte en de eindhoogte, en bepaal hieruit weer F_w .

f) Hetzelfde voor de proef g en h.

g) Is er verschil in de aldus berekende F_w , en verklaar eventuele verschillen.

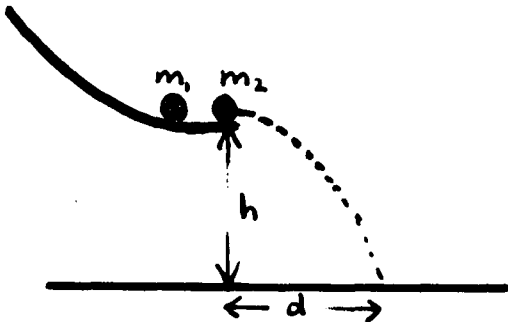
h4. Mechanica

Inleiding

Bij deze proef wordt de kogelbaan en de wet van behoud van impuls bestudeerd.

Theorie: Deel III

Uitvoering



Een kogel m_1 kan door een goot rollen en daarna een kogelbaan beschrijven door de lucht om tenslotte op een stuk karbonpapier terecht te komen. Aan het eind van de goot ligt een kogel m_2 waartegen m_1 botst. Ook m_2 beschrijft een kogelbaan en komt op het karbonpapier terecht.

We gaan nu de wet van behoud van impuls verifiëren:

v_1 = snelheid van m_1 vóór de botsing

u_1 = snelheid van m_1 na de botsing

u_2 = snelheid van m_2 na de botsing.

Bepaal eerst waar een kogel terecht komt als hij zonder snelheid aan het eind van de goot losgelaten wordt.

Bepaal nu v_1 door kogel m_1 uit de goot te laten rollen zonder dat m_2 er ligt. Herhaal dit een paar keer. Meet dan h en d .

Bepaal nu u_1 en u_2 door de kogels te laten botsen. Herhaal dit enkele malen en meet dan weer h en d van beide kogels.

Doe de proef ook met m_1 en m_3 (m_1 ligt stil).

Verslag

- a) Hoe luidt de wet van behoud van impuls?
- b) Wat zal moeten gebeuren bij de proef met gelijke massa's als de wet van behoud van energie ook geldig was?
- c) Leid de formule af waarmee je de snelheden berekent uit h en d.
- d) Bereken de snelheden v_1 , d_1 en d_2 voor beide proeven.
- e) Bepaal de massa's van m_1 , m_2 en m_3 met de balans.
- f) Controleer de wet van behoud van impuls.

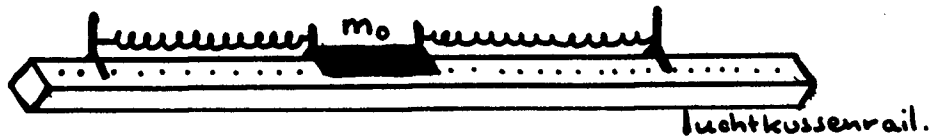
h5. Trillingen

In deze proef gaan we enige metingen aan een voorwerp dat harmonisch trilt onder invloed van veerkrachten verrichten.

Uit de theorie volgt dat we uit de trillingstijd T van een voorwerp aan een veer de massa van dat voorwerp kunnen bepalen.

Theorie: § 5,5 deel 3H ($T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ C = veerconstante (N/m))

Opstelling



Door de stofzuiger te laten blazen kunnen we de massa m_0 (het "wagentje") wrijvingsloos laten bewegen.

- Uitvoering
- a) Bepaal eerst met behulp van een bekende massa "gewichtjes" de veerconstantes van de veren (zie § 3.8 deel I).
 - b) Maak de bovengetekende opstelling (vraag eventueel assistentie aan Joop of Albert).
 - c) Meet de tijd van minstens 20 trillingen van het "wagentje" (doe dit 5x), en noteer dit in een tabel.
 - d) Leg een bekende massa op het wagentje en doe de proef opnieuw.
 - e) Leg er nog een bekende massa bij en doe de proef weer. Ga zo door totdat alle bekende massa's op het wagentje liggen. (Noteer alles in tabellen.)

Verslag

- a) Geef een korte theoretische uiteenzetting over de harm. trilling en leidt af

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$$

- b) Geef in tabellen weer je meetresultaten en bepaal bij elke tabel het gemiddelde van 20T en T.
- c) Verzamel de gegevens uit bovenstaande tabellen in een nieuwe tabel zoals onderstaand, en bereken in de tabel T^2 .

Massa	20T	T	T ²
m_0			
$m_0 + 1m_{\text{bekend}}$			
$m_0 + 2m_{\text{bekend}}$			

- d) Zet in een grafiek uit horizontaal de massa, die extra op het wagentje gelegd is, en verticaal T^2 .

- e) Bepaal uit de grafiek of door berekening de massa m_0 van het wagentje.
- f) Hoe groot is de veerconstante van het stelsel van twee veren (Berekening opschrijven).
- g) Bestaat er een verband tussen het resultaat van proef a) en proef f) en zo ja welk.

h6. Proef van Quincke

Inleiding

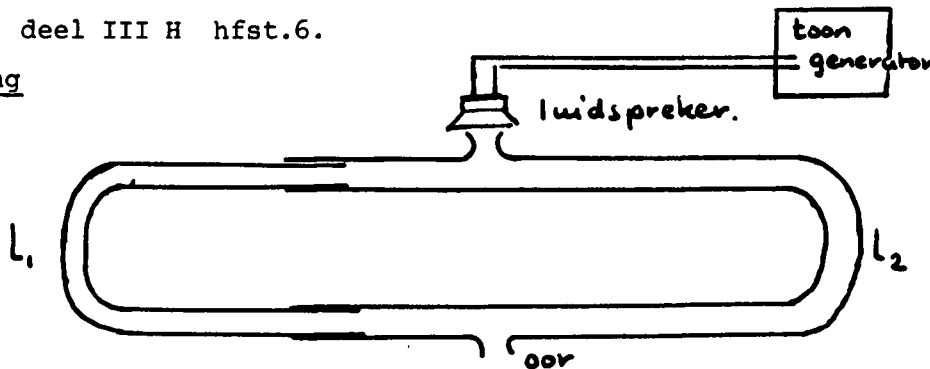
Doel van de proef is het aantonen van interferentie van geluidsgolven. Men doet dit door het signaal uit één luidspreker langs twee verschillende wegen naar het oor te brengen. Door één van de wegen te veranderen van lengte, kan het somsignaal worden versterkt of verzwakt.

Benodigdheden

Buis van Quincke	Toongenerator $f = 3000$ Hz
Meetlat	Thermometer
Luidspreker	

Theorie: deel III H hfst.6.

Opstelling



Uitvoering Maak de opstelling en controleer of ze werkt. Zet streepjes op de buis als je in maxima en minima zit. Leg naderhand een lineaal langs de streepjes en lees heen-standen af. Meet ook de temperatuur.

Verslag

- a) Wanneer treedt uitdoving op en wanneer versterking bij de buis van Quincke?
- b) Waarom zijn minima gemakkelijker te constateren dan maxima?
- c) Bepaal uit de metingen de golflengte van de gebruikte geluidsgolven.
- d) Bereken uit λ en f de geluidssnelheid.
- e) Vergelijk deze met de standaardwaarde.
- f) Zijn de verschillen uit de temperatuur te verklaren (zie formule blz. 196).

h7. Resonantie van een luchtkolom

Inleiding

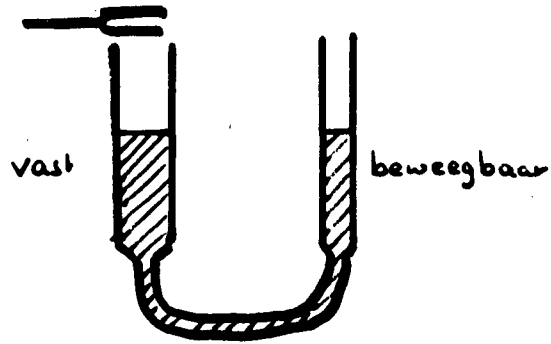
Door resonantie kan een ingevoerd signaal krachtig worden versterkt. We laten water in een buis stijgen en dalen en kunnen op deze manier de lengte van de luchtkolom in de buis variëren.

Benodigdheden

2 gekoppelde waterbuizen
Stemvork + statief met klem
Meetlat.

Theorie: Deze staat beschreven in deel III H hoofdstuk 6.

stenvork 2000 Hz, in klem.



Uitvoering Sla stenvork aan. Varieer de waterhoogte in de vaste buis en bepaal de waterniveau's waarbij resonantie optreedt. Meet de diameter van de vaste buis.

Verslag

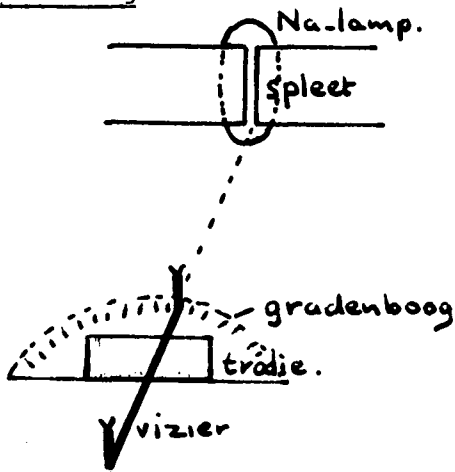
- a) Omschrijf wat men bedoelt met resonantie. Hoe ontstaat resonantie?
- b) Bepaal de golflengte en de geluidssnelheid uit de meetresultaten (zo nauwkeurig mogelijk).
- c) Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de ligging van de buik aan de bovenkant van de buis.
- d) Druk de afstand van deze buik tot de bovenkant van de buis uit in de diameter D van de buis.

h8. Het tralie

In deze proef ga je met behulp van een goed tralie eerst de golflengte bepalen van het licht uitgezonden door een natriumlamp. Daarna ga je met de nu bekende golflengte het aantal lijnen per mm bepalen van een onbekend tralie.

Theorie: Zie S. & V. deel 3 H, § 7.7.

Opstelling



Een natriumlamp wordt opgesteld achter een spleet. Het bekende tralie (aantal lijntjes/mm staat op de vating van het tralie), wordt in de houder geplaatst. Met behulp van het vizier en de gradenboog kun je nauwkeurig de hoek bepalen waaronder je het eerste orde maximum ziet. Zo kun je het ook doen bij het slechte tralie.

- Uitvoering
- a) Bepaal minstens 5x de hoek waaronder je het 1e orde maximum ziet, zowel links als rechts van het midden.
 - b) Plaats nu in de houder het onbekende tralie en bepaal op dezelfde manier de plaats van het 10e orde maximum zowel links als rechts van het midden (ook minstens 5x).

Verslag

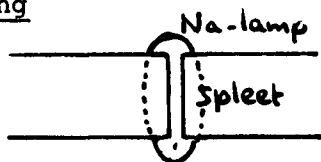
- a) Geef een korte uiteenzetting over de theorie van het tralie.
- b) Geef een korte beschrijving van de opstelling.
- c) Geef de meetresultaten in tabelvorm weer en bepaal daaruit een gemiddelde.
- d) Bereken de golflengte van natrium met behulp van de gegevens uit tabel 1.
- e) Bereken uit de gegevens uit tabel 2 de tralieconstante en het aantal lijntjes/mm van het onbekende tralie.

h9. Het tralie en spectra

In deze proef bepaal je eerst met de bekende golflengte van natriumlicht ($\lambda = 5890 \text{ \AA}$) de tralieconstante d van een tralie. Daarna ga je met het nu bekende tralie bepalen welk gas er nog meer zit in de natriumlamp. Bij nauwkeurig onderzoek van het spectrum blijkt niet alleen de gele kleur van natrium voor te komen, maar nog andere kleuren, die afkomstig zijn van het hulpgas of ontsteekgas van de natriumlamp.

Theorie: Zie S. & V. § 7.7, deel 3H en § 5.1 en § 5.2 deel 4H.

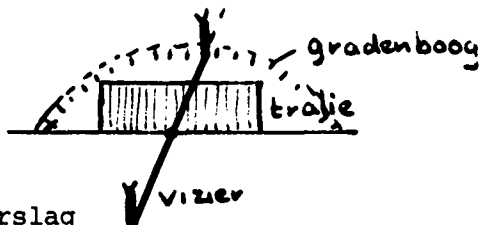
Opstelling



Een natriumlamp wordt opgesteld achter een spleet. Het tralie wordt in de houder geplaatst. Met behulp van het vizier en de gradenboog kun je nauwkeurig de hoek bepalen waaronder je de 1e orde van de gele natriumlijn ziet. Zo kun je ook de hoek bepalen waaronder je de 1e orde van de andere kleuren ziet.

Uitvoering

- Bepaal minstens 5x zowel links als rechts van het midden (0° orde) de hoek waaronder je het 1e orde maximum ziet (alleen geel licht).
- Bepaal nu zo nauwkeurig mogelijk (minstens 5x) de hoeken waaronder je de andere lijntjes ziet (Noteer ook de kleur.).



Verslag

- Geef een korte uiteenzetting over de theorie van het tralie.
- Geef een korte uiteenzetting over de theorie van het ontstaan van spectra.
- Geef de meetresultaten van de proeven in tabelvorm weer en bepaal daaruit voor elke kleur een gemiddelde van de waargenomen hoek.
- Bereken met de eerste proef de tralieconstante van het tralie.
- Bepaal met de nu bekende d van het tralie de golflengtes van de andere kleuren.
- Welk gas heeft er nog meer in de Na-lamp gezeten?

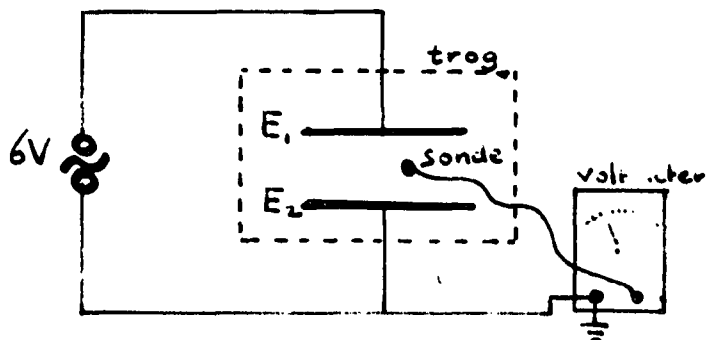
h10. Equipotentiaallijnen

Doel

Het bestuderen van het verloop van equipotentiaallijnen in elektrische velden. Dit zijn lijnen (3 dimensionaal: vlakken) waarop de potentiaal dezelfde waarde heeft.

Theorie: Deel IV, hoofdstuk I.

Uitvoering



Je gaat equipotentiaallijnen opzoeken in een elektrolytische trog. Maak de volgende opstelling. De trog wordt gevuld met gewoon kraanwater (waarom geen gedestilleerd water?).

De elektroden E_1 en E_2 worden bevestigd aan een wisselspanningsbron van $\pm 6 \text{ V}$.

De sonde wordt verbonden met de voltmeter. Leg onder de trog grafiekenpapier met coördinaten en bepaal hiermee de coördinaten van de plaatsen met dezelfde potentiaal. Noteer die coördinaten en de bijbehorende potentiaal.

Meet zo 5 equipotentiaallijnen. Doe dat in onderstaande opstellingen.

- | | | |
|-------------|-----------------|-------------|
| a) E_1 | b) E_1 | c) E_1 |
| E_2 | E_2 | E_2 |
| condensator | plaat met spits | twee bollen |

Verslag

- a) Beschrijving proef + meetresultaten.
- b) Teken de equipotentiaallijnen op een ander, even groot stuk grafiekenpapier.
- c) Teken nu zelf met een andere kleur een aantal veldlijnen in de figuur.
- d) Kunnen equipotentiaallijnen elkaar snijden? Uitleg:
- e) Waarom gebruiken we wisselspanning i.p.v. gelijkspanning?

h11. De Volt- en Ampèremeter

In deze proef ga je zelf van een gevoelige stroommeter een voltmeter en/of een ampèremeter maken. Je hebt daarvoor extra weerstanden nodig, die je van ons krijgt. Je weet alleen niet de waarde van de weerstanden. Die moet je zelf bepalen.

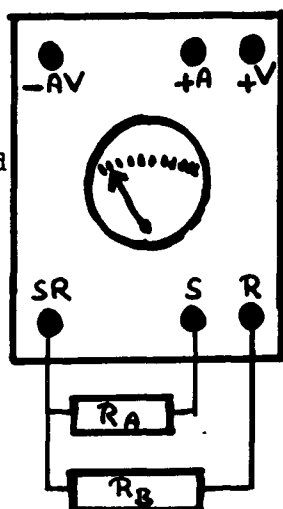
Theorie: § 2.22 en § 2.26, S. & V. deel II.

Opstelling

- I. Voor de opstelling om de waarden van de weerstanden te bepalen, zie practicum de "Wet van Ohm".
- II. Controleer je nieuwe meter door hem te vergelijken met een gecontroleerde meter in een opstelling die door ons gemaakt zal worden (vraag hulp).
- III.

volle uitslag bij 2 mA

eigen weerstand 50 Ω.



- a) Wanneer een weerstand tussen SR en R (bijv. R_A) wordt aangesloten, dan is deze weerstand parallel met de meter geschakeld. Een weerstand tussen SR en R (bijv. R_B) staat in serie met de meter.
- b) Aansluitingen AV, A ⇒ ampèremeter. Aansluitingen AV, V ⇒ voltmeter.

Uitvoering

- a) Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de onbekende weerstanden. (Metingen doen bij verschillende spanningen).
- b) Monteer deze weerstanden op de manier, zoals jij denkt, op de meter, en zeg tegen een van ons of de door jou zo berekende meter (nieuw meetbereik opgeven) in de door ons gemaakte opstelling gecontroleerd kan worden.

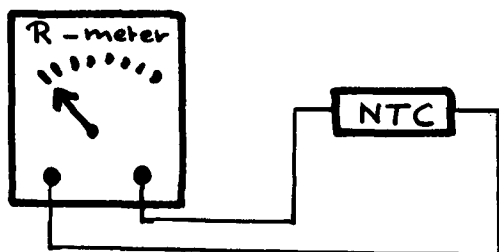
Verslag

- a) Een kleine theoretische uiteenzetting over de Volt- en Ampèremeter.
- b) De meetresultaten en de berekeningen van de onbekende weerstanden in tabelvorm.
- c) Berekening van de nieuwe meetbereiken van de meter + controleresultaten.

h12. Temperatuurafhankelijkheid van een weerstand

De waarde van een weerstand is afhankelijk van de temperatuur. Dat wil zeggen, dat bij de meeste weerstanden de waarde hoger zal worden als de temperatuur van de weerstand stijgt. Er zijn ook weerstanden die het omgekeerde effect hebben, de zogenaamde NTC (Negatieve Temperatuur Coëfficiënt). De waarde van deze weerstand wordt minder als de temperatuur stijgt. Dit soort weerstanden is zeer geschikt om temperaturen te meten. Je moet daarvoor de weerstand eerst iken.

Opstelling



De R-meter is een meter waarmee je de weerstand van een geleider rechtstreeks kunt bepalen.

- a) De NTC wordt geïkt met behulp van een gewone thermometer door beide in water van een bepaalde temperatuur te houden.
- b) De NTC wordt nu ondergedompeld in vloeibare paraffine die we laten stollen. Door de weerstand van de NTC te bepalen gedurende de tijd

kunnen we met behulp van de ijkgrafiek het afkoelen van de paraffine en het stolpunt van de paraffine bepalen.

- Uitvoering
- a) Plaats thermometer + NTC (aangesloten) in kraanwater en ga dit langzaam verwarmen tot $+100\text{ }^\circ\text{C}$. Noteer regelmatig (bijv. om de $5\text{ }^\circ\text{C}$), de weerstand van de NTC, afgelezen op de weerstandsmeter.
 - b) Plaats NTC in vloeibare paraffine en noteer om de halve minuut de weerstand van de NTC.

Verslag

- a) Geef een korte beschrijving van de proef.
- b) Noteer in tabelvorm de waarnemingen uit a.
- c) Zet op grafiekenpapier tegen elkaar uit de temperatuur van het water en de weerstand van de N.T.C.
- d) Noteer in tabelvorm de waarnemingen uit b.
- e) Zet in een grafiek tegen elkaar uit de temperatuur van de paraffine (bepalen met omgaande grafiek) in de tijd.
- f) Bepaal uit grafiek e) het stolpunt van paraffine.
- g) Zou 'n NTC een nauwkeurige thermometer zijn? Noem enkele nadelen van zo'n thermometer.

h13. Brug van Wheatstone

Inleiding

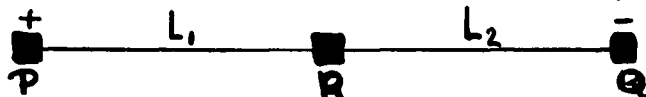
Een nauwkeurige meting van een onbekende weerstand is mogelijk met de brug van Wheatstone, die hier stap voor stap wordt opgebouwd.

Benodigdheden

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| Meetlat | Stroommeter |
| Klos metaaldraad | Gelijkspanningsbron |
| Klemmen om draden vast te zetten | Dekadenbank |
| Een onbekende weerstand R_x | Aansluitsnoeren. |
| Spanningsmeter | |

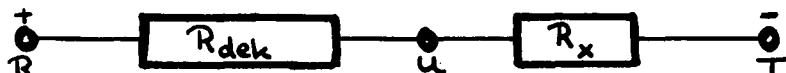
Theorie: Deel II H2.

- Uitvoering
- a) Knip twee ongeveer even lange stukken weerstandsdraad van de klos af. Klem ze stevig in en bepaal dan zo nauwkeurig mogelijk de lengte l_1 en l_2 van de draadstukken tussen de klemmen.



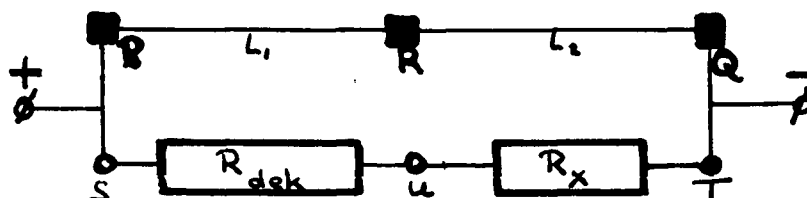
Zet de spanning van de bron tussen P en Q. Meet V_{PQ} en V_{RQ} .

- b) Zet de dekadenbank en R_x in serie.



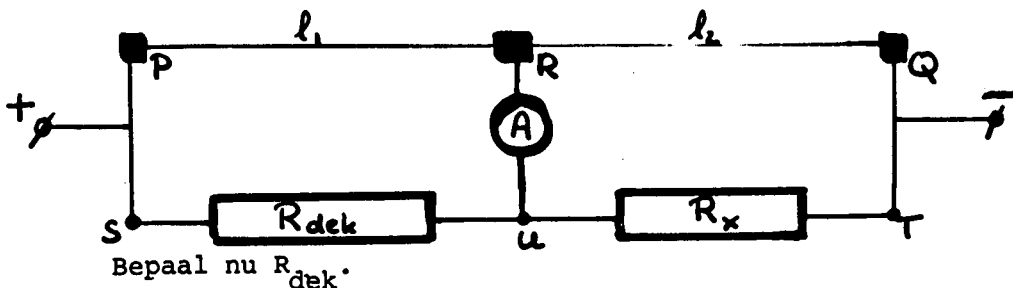
Zet de dekadenbank op zijn maximale weerstand (zie deel II blz.116) en noteer deze. Zet de spanning van de bron tussen S en T. Meet V_{ST} en V_{UT} .

- c) Zet nu de spanning van de bron zowel over de draden als over de andere weerstanden.



Zullen de spanningen V_{RQ} en V_{UT} nu veranderd zijn? Controleer dat. Meet V_{RU} .

d) Zet nu een ampèremeter tussen R en U en regel de dekadenbank zó, dat de stroom precies nul is (gevoeligste stand).



Verslag

- 1) Schakeling a.
Bereken V_{RO} uit de gemeten waarden van l_1 , l_2 en V_{PQ} . Verklaar het eventuele verschil met de gemeten waarde van V_{RQ} .
- 2) Schakeling b.
Bereken R_x uit de gemeten waarden van R_{dek} , V_{ST} en V_{UT} .
- 3) Waarom zijn de spanningen in schakeling c niet veranderd?
Bereken ook $V_{RU} = V_R - V_U$ in schakeling c en vergelijk dat met de gemeten waarde van V_{RU} .
- 4) Hoe groot is V_{RU} in schakeling d als de stroommeter op nul staat?
Leid nu de volgende formule af:

$$R_x = \frac{l_2}{l_1} \cdot R_{dek}$$

- 5) Bereken R_x .
- 6) Waarom is deze meting van R_x nauwkeuriger dan die in 2)?
- 7) Waarom kan het op nul instellen van een eenvoudige stroommeter nauwkeuriger dan het meten van een bepaalde stroom met deze meter?

h14. Elektromagnetisme

Inleiding

Bij deze proef worden een aantal magnetische en elektromagnetische eigenschappen bestudeerd.

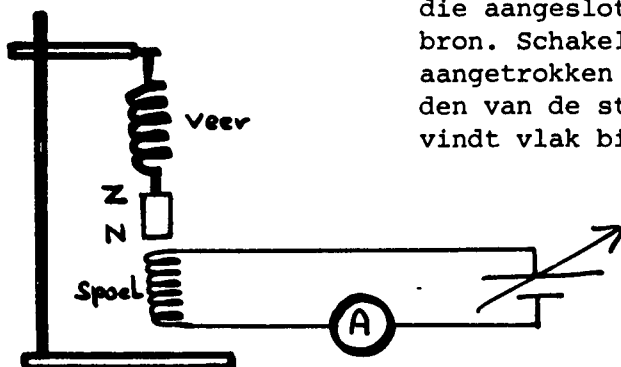
Benodigdheden

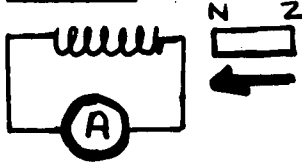
- Magneet aan veerbalans
- Spoel
- Stroommeter met middenstand
- Variabele gelijkspanningsbron



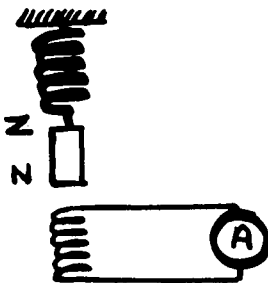
Theorie: Deel 2, H3 en deel 4, H2 en H3.

Proef I. Hang een magneet op aan een veerbalans. Plaats onder de magneet de spoel, die aangesloten wordt op de variabele gelijkspanningsbron. Schakel de stroom in en zorg ervoor dat de magneet aangetrokken wordt. Bepaal voor vijf verschillende waarden van de stroomsterkte de kracht die de magneet ondervindt vlak bij de bovenkant van de spoel.



Proef II.

Sluit de spoel aan op de ampèremeter. Beweeg de magneet in de spoel en noteer wat je waarneemt. Beweeg de magneet sneller in de spoel en noteer je waarnemingen.

Proef III.

Hang de magneet aan de veer en plaats er de spoel onder. Sluit de spoel aan op de ampèremeter. Trek de magneet een stuk in de spoel en laat hem los, zodat hij gaat trillen. Noteer je waarnemingen. Waar bevindt de magneet zich als de stroom het grootst is?

VerslagProef I

- Verklaar dat de magneet aangetrokken wordt.
- Noteer je waarnemingen in een tabel.
- Teken van de meting een grafiek.
- Trek een konklusie uit de grafiek.
- Teken het magnetische veld van een stroomvoerende spoel (richtingen van stroom en veldlijnen aangeven).

Proef II

- Wat neem je waar bij proef II?
- Hoe noemen we dit verschijnsel?
- Van welke factoren hangt dit verschijnsel af?
- Zoek de formule op waaruit dit blijkt en verklaar dat.

Proef III

- Hoe slaat de wijzer uit van de ampèremeter als de magneet daalt? Verklaar dat. Eveneens als de magneet stijgt.
- Wanneer is de stroom het grootst? Verklaar dat.
- Welke energieomzettingen vinden hier plaats?
- Wanneer zal de magneet eerder stilhangen; bij geopende of gesloten stroomkring?
- Schets een grafiek waarin de inductiestroom is uitgezet tegen de tijd.

h15. Opwaartse krachtA. Voorspellingen.

- Als je van alle cylinders die je voor je ziet lengte en gewicht zou bepalen en vervolgens het gewicht - lengte diagram zou tekenen, hoe zou dat diagram er dan uitzien? Maak een zo duidelijk mogelijke schets. Geef daarbij een toelichting.
- Als je van dezelfde cylinders de opwaartse kracht in water zou bepalen en vervolgens het opwaartse kracht - lengte diagram zou tekenen, hoe zou dat diagram er dan uitzien? Maak een zo duidelijk mogelijke schets. Geef daarbij een toelichting.

Lever beide voorspelde diagrammen met de toelichtingen na afloop van de voorbereiding in.

B. Proef.

- Bepaal lengte en gewicht van alle cylinders. Maak daarvan een tabel.
- Bepaal voor alle cylinders de opwaartse kracht ondergedompeld in water en maak daarvan een tabel.

5. Bepaal voor alle cilindfers de opwaartse kracht ondergedompeld in spiritus en maak daarvan een tabel.

C. Verslag

6. Teken m.b.v. meting 3 het gewicht - lengte diagram. Vergelijk dit met het in A1 voorspelde diagram. Geef een duidelijke toelichting als er verschillen zijn.
7. Teken m.b.v. meting 4 het opwaartse kracht - lengte diagram. Vergelijk dit met het in A2 voorspelde diagram. Geef een duidelijke toelichting als er verschillen zijn.
8. Teken m.b.v. meting 5 het opwaartse kracht - lengte diagram.
9. Bereken de soortelijke massa van messing, ijzer, hout, aluminium.
10. Bereken de soortelijke massa van spiritus.
11. Als één van de cilindfers hol zou zijn, zou dat dan blijken uit het gewicht - lengte diagram? Zo ja, hoe? Zo nee, waarom niet?
12. Als één van de cilindfers hol zou zijn, zou dat dan blijken uit het opwaartse kracht - lengte diagram? Zo ja, hoe? Zo nee, waarom niet?

h16. Lineaire uitzettingscoëfficiënt α

Een stof zet uit bij temperatuurstijging. De nieuwe lengte van een staaf min de oorspronkelijke lengte noemt men de lineaire uitzetting Δl ($l_{t_2} - l_{t_1}$), (de lengte van de staaf bij temperatuur t_2 min de lengte van de staaf bij temperatuur t_1), (de lengte toename).

Deze lineaire uitzetting is bij een gegeven temperatuurstijging evenredig met de oorspronkelijke lengte l_{t_1} , of in formule

$$\frac{\Delta l}{l_{t_1}} = \text{constant}$$

en zal uiteraard ook afhangen van het materiaal.

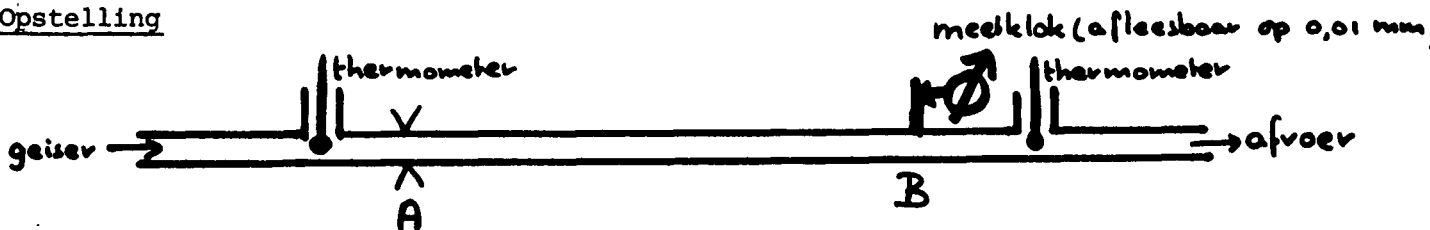
De lineaire uitzettingscoëfficiënt α van een stof is de uitzetting van een meter van die stof bij een temperatuurstijging van 1° Celsius, of

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} \quad \begin{array}{l} \Delta l = \text{lengte toename} \\ \Delta t = \text{temperatuurstijging} \\ l_0 = \text{oorspronkelijke lengte} \end{array}$$

$\frac{\Delta l}{\Delta t} = \text{constant}$, want de lineaire uitzetting is recht evenredig met de temperatuurstijging.

Theorie: § 1.2, deel III h, S. & V.

Opstelling



Uitvoering We kunnen de temperatuur van de buis veranderen door er water door te leiden, telkens van een andere temperatuur. Als temperatuur van de buis nemen we het gemiddelde van de gemeten temperaturen. We bepalen zo nauwkeurig mogelijk de afstand AB. De meetklok wordt op 0

ingesteld, waarna we op de klok de lengtetoename Δl kunnen aflezen. De ingestelde meetklok mag nu niet meer veranderd worden. Bepaal nu bij verschillende temperaturen de Δl . Als laatste leiden we geruime tijd waterdamp van kokend water door de buis en noteren alles in een tabel, bijv.:

AB = ... (cm)	t_1 ($^{\circ}\text{C}$)	t_2 ($^{\circ}\text{C}$)	t_{gem} ($^{\circ}\text{C}$)	Δt ($^{\circ}\text{C}$)	Δl (mm)	$\frac{\Delta l}{\Delta t}$

Verslag

- a) Geef in het kort de theorie over de uitzetting weer.
- b) Geef in tabelvorm de meetresultaten weer.
- c) Zet in een grafiek Δl (vertikaal) uit tegen Δt (horizontaal).
- d) Bepaal met behulp van c) zo nauwkeurig mogelijk de richtingscoëfficiënt van de grafiek.
- e) Bepaal met behulp van d) de lineaire uitzettingscoëfficiënt van het gebruikte materiaal en vergelijk deze met de waarde uit het tabellenboekje.

P.S. Als je tijd overhebt kun je de proef ook voor een ander materiaal doen.

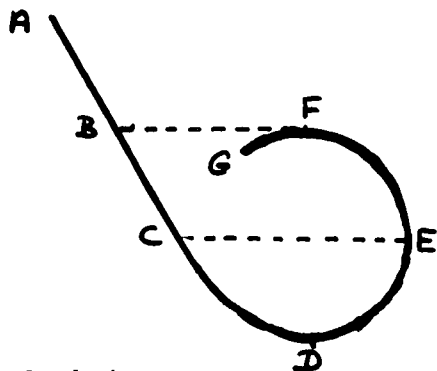
De proeven voor het vwo

Hier volgen de 16 proeven (V1 ... V16) die door de natuurkundeleraren van het Carolus Borromeus College gedurende de cursus 1975 - 1976 voor het vwo gebruikt zijn.

V1. Wrijving, Cirkelbeweging

Inleiding

Je krijgt de beschikking over een ten dele gekromde baan met dit uiterlijk:



Langs deze baan laat men kogels rollen. Het rollen heeft als nadeel dat een deel van de energie gaat zitten in "rotatie-energie", maar als voordeel dat de wrijving niet zo groot is. In sommige situaties is die rotatie-energie niet van belang.

Practicum

- 1. Laat kogels los in C, en bepaal op welke hoogte zij weer tot stilstand komen. Meet de lengte van het afgelegde traject.
- 2. Dezelfde vraag voor kogels die halverwege C en D worden losgelaten.
- 3. Dezelfde vraag voor kogels die in B losgelaten worden. Probeer een schets te produceren van de baan van deze kogels.
- 4. Laat kogels los op een zodanige hoogte, dat zij net in F gewichtloos zijn. Dit moet (ruw) hoorbaar zijn.

Uitwerking

1. Bereken voor proef 1 de gemiddelde wrijvingskracht op het traject.
2. Idem voor proef 2. Bespreek het eventuele verschil.
3. Probeer een verklaring te geven voor de bij proef 3 gevonden baan.
4. Bereken bij proef 1 de in D bereikte snelheid. Veronderstel de wrijvingskracht op het hele traject constant.
5. Bij welke snelheid zou de kogel in F juist gewichtsluus zijn?
6. Probeer dat in verband te brengen met de gevonden loslaat-hoogte uit proef 4.
7. Bij welke van deze zes uitwerkingen heeft de rotatie-energie invloed?

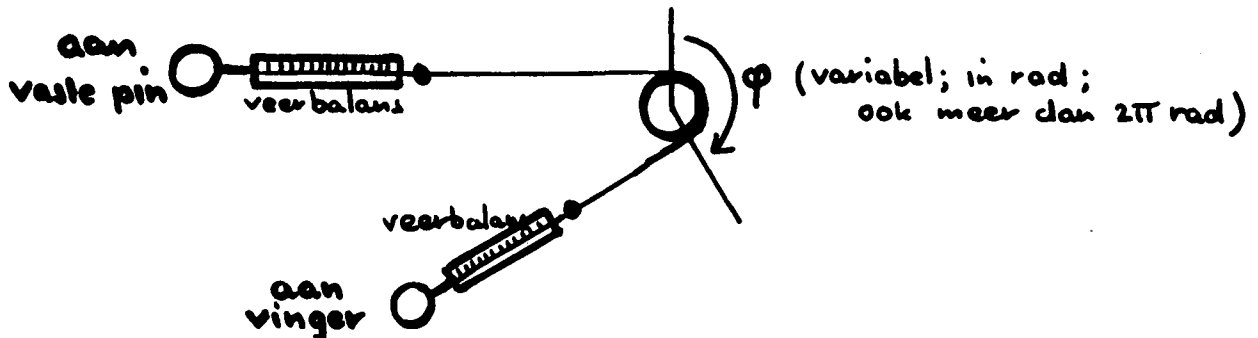
V2. Touw om paal

Inleiding

Vooropgesteld dat het meertouw stevig genoeg is, is één man sterk genoeg om een heel zeeschip tegen te houden. Hij moet het touw dan enkele malen om de meerpaal slaan. De wrijving van het touw met de paal speelt hierbij een grote rol. De proef wordt hier uitgevoerd met een gladde ijzeren paal (paaltje) en zeer glad nylon koord. Toch is het effect onmiskenbaar.

Practicum

1. Maak onderstaande opstelling.



2. Begin met een hoek van $\frac{1}{2}\pi$ rad. Trek langzaam harder met je vinger, totdat de veerbalans aan je vinger 300 gram aanwijst (F_1). Noteer de aanwijzing op de andere veerbalans (F_2).
3. Herhaal de proef voor π rad, 2π , 3π , 4π , enz. Als F_2 erg klein wordt bij $F_1 = 300$ gramforce, vervang de veerbalans van F_1 door een veer die tot 1000 gram gaat en noteer F_2 die bij $F_1 = 1000$ gf hoort. Ook hier F_1 langzaam opvoeren. N.B. Zorg ervoor dat $F_2 = 0$ bij het begin van de proef !

Uitwerking

1. Bereken $\frac{F_1}{F_2}$ als functie van φ . Noem $\frac{F_1}{F_2}$ voortaan f.
2. Ga na, of $f = \text{est.} \times \varphi^n$. Als dat zo is, bereken dan n.
3. Ga na, of $f = \text{est.} \times e^{k\varphi}$. Als dat zo is, bereken dan k. } grafisch.
4. Kun je een redelijk klinkende verklaring geven voor het zo sterk van φ afhangen van f?
5. Geef nu een verklaring van de eerste uitspraak in de inleiding.

V3. Stokes

Inleiding

Een bolvormig lichaam ondervindt volgens Stokes in gas of vloeistof een wrijvingskracht

$$F_w = 6\pi\eta rv.$$

Hierin is η een konstante, die van de aard van gas of vloeistof afhangt, en die de viscositeit wordt genoemd. r = straal. v = snelheid.

Wanneer b.v. een regendruppel in lucht valt, neemt zijn snelheid toe; daarmee ook de wrijvingskracht.

De snelheidstoename gaat geleidelijk langzamer totdat $F_w = F_z$, en de beweging verder eenparig is.

Practicum

Laat ijzeren bollen van verschillende afmetingen in honing vallen.

1. Meet de diameter van de bolletjes.
2. Laat ze van geringe hoogte in de honing vallen (telkens één).
3. Schat, op welke hoogte de beweging eenparig is geworden.
4. Meet de snelheid van de eenparige beweging.
5. Weeg een onopgeblazen ballon.
6. Blaas hem op. Meet de diameter.
7. Meet de tijd, nodig voor het vallen vanaf 2 m hoogte.

Uitwerking

1. Ga aan de hand van de metingen na, of er een eenvoudig algebraïsch verband bestaat tussen vallsnelheid en bolstraal.
2. Wat is het theoretisch verband tussen F_z , g , soort. massa en r ?
3. Wat is dus theoretisch het verband tussen v en r ?
4. In hoeverre stemmen 1 en 3 met elkaar overeen?
5. Bereken η van honing. Met schatting (on)nauwkeurigheid!
6. Bereken η van lucht uit metingen 5, 6 en 7 (idem).
7. Maak een schets van het vermoede verband tussen v en t tussen het loslaten ($t = 0$) en het bereiken van de eenparige beweging.
8. Wat is de eenheid van η ?

Verdere gegevens:

$$\rho_{\text{ijzer}} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3.$$

$$\rho_{\text{lucht}} = 1,3 \text{ kg/m}^3.$$

V4. Ohmmeter

Inleiding

Een Ohm- of weerstandsmeter is een stroommeter, voorzien van een bekende spanningsbron (hier: 4,5 Volt), een bekende weerstand (hier: R_x) en een schaalverdeling in Ohms, die ons omrekenen bespaart.

Practicum

1. Ontwerp en bouw een weerstandsmeter.

Je hebt de beschikking over:

- a) een stroommeter: volle uitslag 30 mA.
- b) een regelbare weerstand 0,1 tot 1111,1 Ω (de dekadenbank).
- c) een batterij van 4,5 Volt.

Eis aan de weerstandsmeter:



Als tussen de aansluitverbindingen een kortsluiting wordt aangebracht, moet 0 Ω worden aangewezen bij een stroomsterkte van 30 mA (wijzer uiterst rechts).









2. Bepaal de waarde van de dekadenbank waarvoor dat inderdaad zo is. Hieruit is achteraf ook de preciese waarde van de spanningsbron te berekenen.
3. Meet de uitslag bij enkele door ons verstrekte onbekende weerstanden.

Uitwerking

1. Teken het schema dat je hebt gebruikt.
2. Geef de waarde van R_x op. Bereken V_{batterij} .
3. Bereken de waarden van de onbekende weerstanden.
4. Maak een schaalverdeling voor op de stroommeter, zodat de weerstandswaarde van onbekende weerstanden voortaan rechtstreeks kan worden afgelezen.

V5. Black Boxes

Je beschikt over een stel doosjes, genummerd van 1 t/m 8. In deze doosjes kunnen ondergebracht zijn:

- een diode 
- een weerstand 
- een spoel 
- niets 
- een doorverbinding 
- een condensator 
- een spanningsbron 
- een gloeilampje 

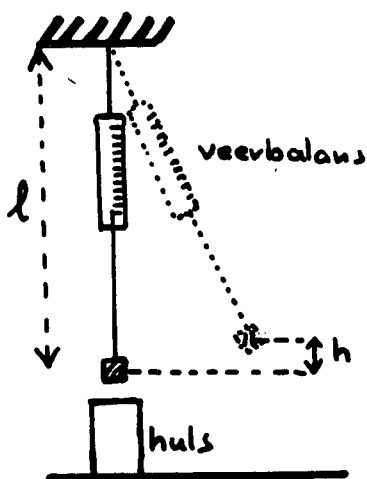
Je moet nu onderzoeken wat er zich precies in de doosjes bevindt. Je beschikt daarvoor over een wisselspanningsbron (3V), twee batterijen (4,5 V en 1,5 V), een ampèremeter en een voltmeter.

Als je de batterijen gebruikt mag het circuit maar even gesloten worden (waarom?). Bepaal ook de waarden van R, L en C. Je mag één keer gebruik maken van een gevoeliger milliampèremeter (hulp vragen).

Opdrachten

Vermeld voor elk element de schakeling die je gemaakt hebt om het te vinden. Vermeld ook bij ieder element de eigenschap waarvan je gebruik gemaakt hebt. Beschrijf de methode waarmee je R, L en C bepaald hebt.

V6. Slinger



In deze opstelling bestaat de slinger uit een massa die aan een veerbalans is opgehangen, en die mee kan slingeren.

Midden onder het ophangpunt staat de huls van een luciferdoosje.

Tussen de huls en de massa is een ruimte van ongeveer 1 cm. Bepaal de hoogte h waarop je de slinger moet loslaten om hem net de huls te laten raken.

Bepaal in Newton, de extra kracht die de veerbalans uitoefent wanneer je de slinger massa zover naar beneden trekt dat hij de huls net raakt. Deze extra kracht is gelijk aan de centripetale kracht die de massa ondervond toen hij in het laagste punt van zijn zwaai de huls raakte.

Doe de proef bij een aantal verschillende afstanden tot de huls.

Verslag

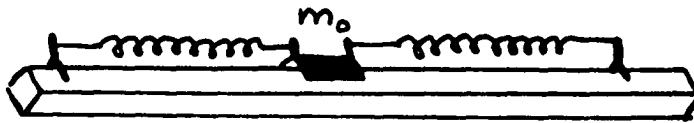
- Bereken de snelheid van de massa in het laagste punt van zijn baan m.b.v. de formule voor de centripetale kracht.
- Bereken eveneens de snelheid als je uitgaat van de wet van behoud van mechanische energie.
- Bepaal zowel bij a als bij b de absolute fout in de snelheid.
- Hoeveel % wijken de uitkomsten van v bij a en b van elkaar af?
- Noem een aantal bronnen van fouten en zeg wat hun invloed is op v.

V7. Trillingen

Inleiding

We gaan metingen verrichten aan een wagentje dat op een luchtkussenbaan tussen twee veren kan trillen. De trillingstijd wordt gemeten bij verschillende massa's van het wagentje.

Opstelling

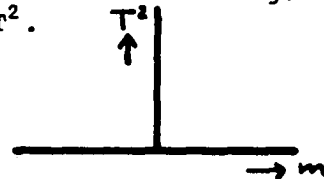


Uitvoering

- Meet de tijd voor minstens 20 trillingen. Doe dit 5x. Noteer je metingen in een tabel.
- Leg nu een bekende massa m op het wagentje en doe de proef opnieuw, enzovoort (m_0 in onbekend).
- Bepaal hierna de veerconstante van beide veren.

Verslag

- Geef een korte theoretische uiteenzetting van de harmonische trilling.
- Geef in tabellen je meetresultaten en bereken T en T^2 .
- Zet op millimeterpapier T^2 uit tegen m
(T^2 as in het midden)



- Bepaal grafisch m_0 .
- Bepaal grafisch de veerconstante C.
- Bereken de veerconstante uit je metingen bij c).
- Vergelijk het resultaat van 5) en 6).

V8. Gedempte trillingen

Doel Meting van een aantal karakteristieke grootheden van een gedempte trilling en vergelijk met de theorie.

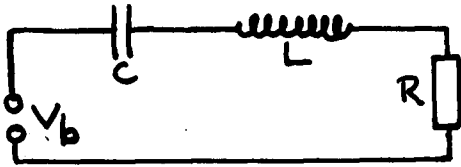
Benodigdheden

Paneel

Spoel L = H, R = 1700 Ω .
Condensator C = 0,012 μ F.
Variabele weerstand 0 - 2100 Ω .
Toongenerator (instelling 2 V, 25 Hz).

Theorie: Deel III V, blz. 174 en deel V H4.

Voor onderstaande schakeling geldt



$$V_b = V_c + V_L + V_R \quad (1)$$

$$V_b = L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} \quad (2)$$

of

want $V_L = L \frac{di}{dt}$, $V_R = R \cdot i$, $V_c = \frac{q}{C}$

$$V_b = L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q \quad (3) \text{ want } i = \frac{dq}{dt}.$$

De oplossing van deze differentiaalvergelijking wordt:
(als V_b op nul springt)

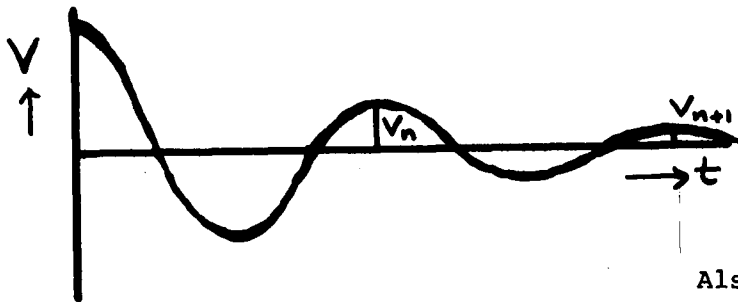
$$q_t = q_0 e^{-\frac{R}{2L} t} \cdot \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi_0 \right) \quad (4) \text{ } q_0 \text{ en } \varphi_0 \text{ zijn konstanten.}$$

Hieruit volgt dat

$$V_L(t) = v_0 e^{-\frac{R}{2L} t} \cdot \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi_1 \right) \quad (5) \text{ } v_0 \text{ en } \varphi_1 \text{ zijn konstanten.}$$

Ook volgt uit de differentiaalvergelijking, dat

$$T = \frac{4 \pi L}{\sqrt{4 \frac{L}{C} - R^2}} \quad (6) \text{ en is dus konstant.}$$



Als V_n een "maximale" spanning is en V_{n+1} de volgende maximale spanning, dan blijkt uit bovenstaande theorie,

dat de verhouding van beide uitslagen konstant is.
Dit noemen we de dempingsverhouding.

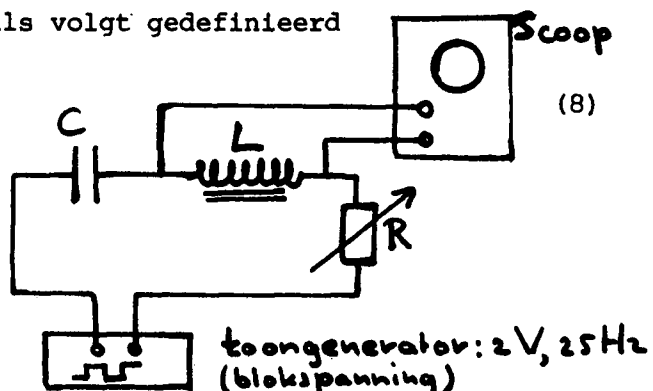
$$k = \frac{V_n}{V_{n+1}} = e^{\frac{RT}{2L}} \quad (7)$$

Nu is het logaritmisch decrement als volgt gedefinieerd

$$\lambda = \ln k = \frac{RT}{2L}$$

Uitvoering


Maak nevenstaande opstelling.
Laat deze controleren.

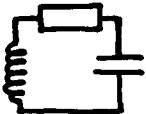


(8)

- a) Meet bij de maximale stand van de variabele weerstand de trillingstijd T en een aantal opeenvolgende maximale spanningen V_n .
- b) Noteer wat je waarneemt als R kleiner gemaakt wordt.
- c) Noteer wat je waarneemt als L kleiner gemaakt wordt.
- d) Noteer wat je waarneemt als f_{blok} kleiner gemaakt wordt.
- e) Meet bij de minimale stand van de variabele weerstand de trillingstijd T en een aantal opeenvolgende maximale spanningen V_n .

Verslag

1)  Verklaar dat een LC kring kan trillen. Welke energie-omzettingen vinden plaats?

2)  Welke energie-omzettingen vinden plaats bij een LRC kring?

- 3) Bereken de trillingstijd door de gegeven grootheden in te vullen in (6) en vergelijk deze met de gemeten T .
- 4) Bereken zowel voor de bij a als bij e gemeten trillingstijd en m.b.v de gegeven waarden van R , R_g en L de dempingsverhouding k en het logaritmisch decrement λ .
- 5) Bereken ook k en λ uit een aantal verhoudingen V_n/V_{n+1} en door daarna het gemiddelde te nemen (zowel voor a als e).
- 6) Vergelijk de uitkomsten van 4 en 5 en verklaar de verschillen.
- 7) Verklaar de waarnemingen bij b, c, en d.

V9. Michelson Interferometer

Inleiding

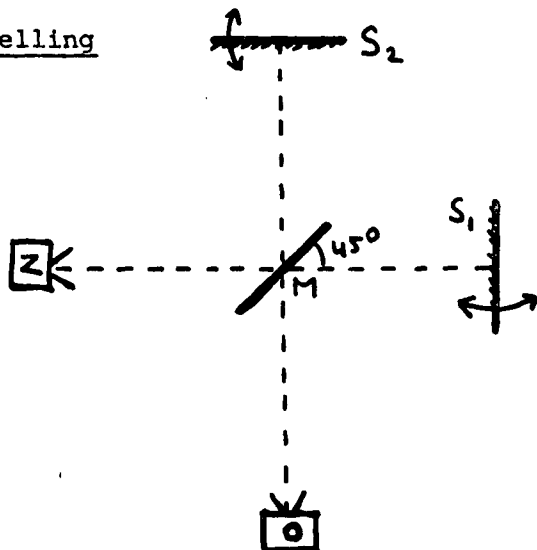
Met deze proef kan de golflengte van de radargolven zeer nauwkeurig bepaald worden.

Benodigdheden

- Klystronzender + voedingsapparaat
- Ontvanger
- Half doorlatende plaat
- 2 metalen reflectieschermen S_1 en S_2

Theorie: deel III, hoofdst. 6.

Opstelling



Uitvoering Bouw nevenstaande opstelling. De halfdoorlatende plaat moet in het midden staan onder een hoek van 45° . De afstanden tot M zijn alle 30 cm. Een gedeelte van de uitgezonden golven (25%) legt de weg ZMS_2MO af. Deze weglengte noemen we l_1 . Een ander gedeelte (ook 25%) legt de weg ZMS_1MO af. Deze weglengte noemen we l_2 . Door nu S_1 te verschuiven volgens de pijlen, kunnen we in O maxima en minima waarnemen. Zet bij ieder maximum en minimum een streepje op tafel. Doe een groot aantal waarnemingen. Leg

naderhand een meetlat langs de streepjes en noteer de standen.
Doe hetzelfde met S_2 .

Verslag

- a) Verklaar het optreden van maxima en minima.
- b) Welk verband is er tussen de verschuivingen van S_1 en S_2 en de golflengte λ .
- c) Zet de plaats van de streepjes in een grafiek uit¹ tegen² het nummer van het maximum of minimum. Neem een willekeurig beginpunt.
- d) Bepaal nauwkeurig de golflengte uit de helling van de lijn (fout berekenen).
- e) Waarom worden de maxima kleiner naarmate $l_1 - l_2$ groter wordt?
- f) Als je deze proef uitvoert met licht kun je heel nauwkeurig een bepaalde afstand meten (als de golflengte nauwkeurig bekend is, bijvoorbeeld een spektraalkleur). Beschrijf zo'n meting.
(Op deze manier kun je nagaan dat 1 meter per definitie gelijk is aan 1650763,73 golflengten, in het luchtledige, van het oranje licht dat ontstaat bij een gasontlading in het edelgas krypton-86.)

V10. Polarisation

Inleiding

Licht gedraagt zich vaak als golf; en wel als lopend, transversaal en elektromagnetisch. De intensiteit van de straling (beter: stralingsstroom-dichtheid = de energie in de vorm van straling, die per sek. door een opp. stroomt loodrecht op de straling, per m^2) ($J/s.m^2$) is evenredig met het kwadraat van de amplitude van de golf. De amplitude kan worden ontbonden in een x en een y-richting (beide $|v$). Polarisationfilters laten licht door in één trillingsrichting.

Practicum

- 1. Laat een bundel LASER-licht door een polarisation-filter vallen. Plaats hierachter een tweede filter; daar weer achter een LDR + Ohmmeter. ($R \propto 1/\text{lichtintensiteit}$). Meet R als functie van de hoek waarover het tweede filter wordt verdraaid (tot max. 360°).



- 2. Laat het Laser-licht reflektieren op een zwart-glazen spiegel. Meet R bij de grootste en kleinste intensiteit bij het rond-draaien van het polarisationfilter. Doe dat als functie van hoek i .

Uitwerking

- 1. Maak een grafiek van de lichtintensiteit als functie van de hoek van het tweede t.o.v. het eerste polarisationfilter. Verklaar het verloop van de grafiek.
- 2. Bereken de theoretische verhouding bij een hoek van 10° .
- 3. Maak een grafiek van $(1 - \frac{\text{Min. Intensiteit}}{\text{Max. Intensiteit}})$ als functie van i .
- 4. Bij welke i is $(1 - \frac{\text{Min. Int.}}{\text{Max. Int.}})$ het grootst?
- 5. Verzin een naam voor de berekende grootte (wel een zinvolle naam).
- 6. Tussen welke waarden moet $(1 - \frac{\text{Min. Int.}}{\text{Max. Int.}})$ zijn gelegen?
- 7. Wat voor praktische betekenis hebben de uiterste waarden?

V11. Straling uit puntbron

Inleiding

Een puntvormige lichtbron zendt in de vorm van straling energie uit: een aantal Joules per seconde. Deze verspreidt zich in de ruimte. De lichtintensiteit neemt daardoor af met toenemende afstand tot de lichtbron. Het woord lichtintensiteit is niet voldoende exakt gedefiniëerd. We vervangen het door de stralingsstroomdichtheid: de energiestroom per sek. door een opp. van $1 m^2$ loodrecht op de bundel (eenheid: W/m^2).

We meten de lichtintensiteit of stralingsstroomdichtheid met een L.D.R.;
R is omgekeerd evenredig met dat begrip.

Practicum

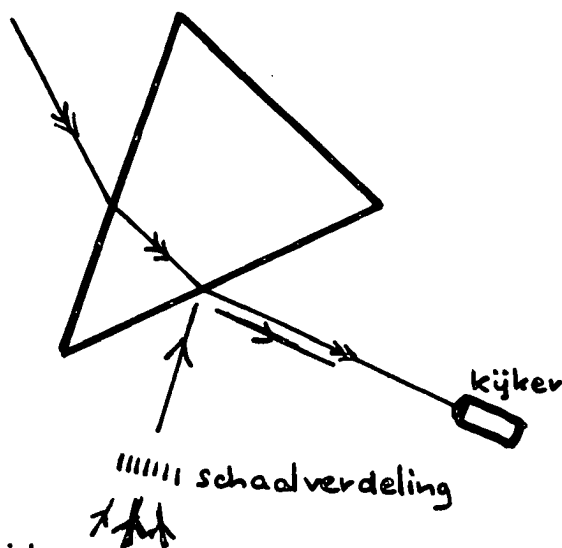
1. Plaats de lichtbron op een optische rail. Plaats de houder met LDR hier ook op, op gelijke hoogte met de lichtbron.
2. Beweeg de LDR van de lichtbron af; en noteer R als functie van de afstand r.
3. Meet het aantal pulsen per seconde uit een radioactief preparaat; als functie van het afstand tussen detektor en preparaat. De opstelling staat gereed.

Uitwerking

1. Bereken de stralingsstroomdichtheid (relatief) als functie van 2.
2. Bepaal zo mogelijk een eenvoudig algebraïsch verband tussen beide, mits de meetresultaten dat mogelijk maken.
3. Wat voor verband zou je theoretisch kunnen verwachten, als je bedenkt dat de energiestroom zich bolvormig in de ruimte uitbreidt?
4. Verwacht je voor radioactieve straling iets dergelijks?
5. Hoe zit het in de praktijk? Verklaar eventuele verschillen.

V12. Spektrometrie

Inleiding



Inleiding

Licht, b.v. uit een gasontladingslamp, valt op een prisma, en wordt golflengte afhankelijk gebroken. Het wordt via een kijker waargenomen. Een mm-verdeling wordt op het glasoppervlak gespiegeld, en komt ook in de kijker, zodat de gebroken lichtstralen beter kwantitatief gemeten kunnen worden.

Uitvoering

1. Meet de plaats van de lijnen van verschillende spektra op de mm-verdeling; meet die van het H_β-spektrum extra zorgvuldig, omdat ^gdit als ijkspektrum gebruikt moet worden. Let op parallax!

Uitwerking

1. Zet, met de metingen van het bekend veronderstelde H_β-spektrum, de golflengte uit als functie van de plaats op de schaalverdeling.
2. Geef de onbekende spektraallijnen op.
3. Zeg iets over het waarom van het optreden van lijnenspektra.
4. Waarom wordt de schaalverdeling via spiegeling in de kijker zichtbaar gemaakt?

V13. Absorptiekrommen

Inleiding

Kleurenfilters laten meestal meer dan één golflengte door. De waargenomen kleur ontstaat dan ook meestal door "Kleurmenging" in het oog. Meer duidelijkheid over de doorlatendheid van het kleurenfilter verschaft een grafiek waarin de absorptiecoëfficiënt (in %) of de doorlatingscoëfficiënt staat uitgezet tegen de golflengte. We vergelijken steeds de ongehinderd op een LDR vallende lichtintensiteit met de lichtintensiteit na filterpassage; dit alles bij verschillende golflengtes.

We scheiden de golflengtes door met een tralie een spectrum te ontwerpen.

De gevoeligheid van het lichtgevoelige element is golflengte-afhankelijk, maar dat heeft geen invloed op de uitkomst.

Veel invloed heeft de aanwezigheid van strooilicht; die wordt zo goed mogelijk vermeden.

Practicum

1. Ontwerp 'n spectrum van een wit licht uitstralende lamp. (tralie 570 nm^{-1}).
2. Meet de lichtintensiteit als functie van "x" (afstand tot 0° orde) met en zonder filters. Meet alle relevante afstanden.
Meet R_{LDR} met een weerstandsmeter ($R \sim 1/\text{Lichtintensiteit}$).

Uitwerking

1. Bereken voor enkele filters $\frac{\text{Intensiteit met filter}}{\text{Intensiteit zonder filter}} \times 100\%$
(de doorlatingscoëfficiënt) als functie van x.
2. Vertaal x in een golflengte.
3. Maak voor elke filter een grafiek van de doorlatingscoëfficiënt als functie van de golflengte.
4. Waarom geeft de golflengte-afhankelijke gevoeligheid van de LDR geen invloed?
5. Wat is de invloed op de grafieken van het feit dat van zwarte-lichaamsstraling wordt gebruik gemaakt i.p.v. een straling die voor alle golflengtes even sterk is?

V14. Meting van Halfwaarde tijd

De afname van het aantal belletjes schuim is een redelijk analoog proces aan het verval bij een radio-actief element. We kunnen hiervan dus ook een halfwaarde tijd definiëren.

Benodigheden

Stopwatch
Lineaal
Cilinderglas
reageerbuis
flesje bier
millimeterpapier
enkellog-papier.

Uitvoering

Giet het bier in een goed uitgespoelde reageerbuis zodat een hoge schuimkraag ontstaat. Meet de hoogte van de schuimkraag als functie van de tijd.
Herhaal de proef in een goed gespoeld cilinderglas. Zorg voor een hoge schuimkraag.

Opgachten die in verslag verwerkt moeten worden

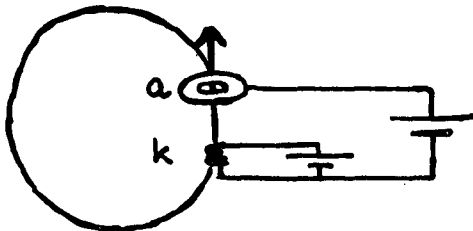
- a) Zet beide meetseries in een diagram en teken de grafieken, zowel op millimeterpapier als op enkellog-papier.
- b) De afname per tijdseenheid van het aantal belletjes is evenredig met het aantal belletjes. Leid hieruit een formule af voor het aantal belletjes als functie van de tijd.
- c) Bepaal uit één van de grafieken de evenredigheidskonstante van vraag b).
- d) Hoe groot is de halfwaardetijd van het schuim?
- e) Teken ook het theoretische verloop volgens de formule uit b), gebruikmakend van de halfwaardetijd gemeten bij d) (enkellog-papier).
- f) Is er verschil in resultaat bij de reageerbuis en het cilinderglas (uitleg).

V15. Bepaling van q/m van het elektron

Inleiding

De verhouding van de lading en de massa van het elektron kan bepaald worden door elektronen in een homogeen magnetisch veld een cirkelbaan te laten doorlopen. In een met weinig waterstofgas gevulde bol bevindt zich een elektronenkanon bestaande uit een gloeikathode k en aan anode a waaruit versnelde elektronen komen.

De bol bevindt zich tussen Helmholtzspoelen die een homogeen veld veroorzaken als er stroom I_s door gaat; hiervoor geldt:



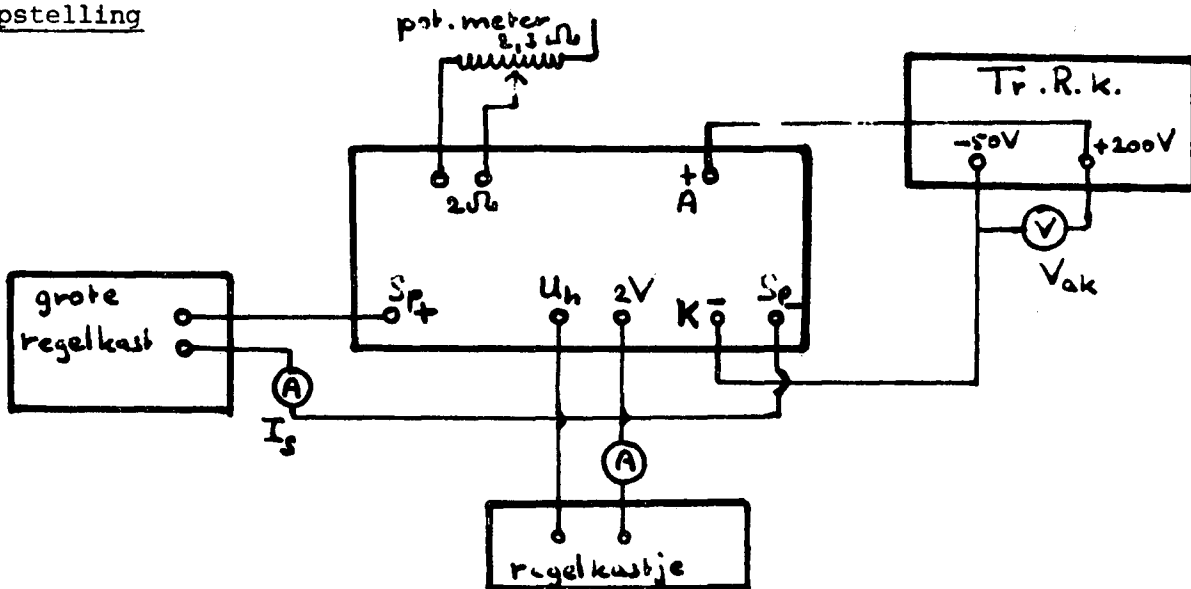
$$B = 9,0 \times 10^{-7} \times \frac{I_s}{R} \times N \quad \begin{matrix} \text{(R straal,} \\ \text{N aantal wind.)} \end{matrix}$$

De baan wordt zichtbaar doordat elektronen tegen waterstofatomen botsen die daardoor licht uitzenden.

Benodigheden

- Grote schakelkast
- Triode regelkast (TR .R.k.)
- Regelkastje
- 2 stroommeters
- Spanningsmeter
- Spiegel met meetlint er op
- Potentiometer 2,3 r (regelt sterkte van de gloeistroom in de kathode)
- Helmholtzspoelen met buis

Opstelling



Theorie: deel IV, hoofdst.2

Uitvoering

Maak bovenstaande opstelling en laat deze controleren. Schakel de stroom in en zorg voor een zo goed mogelijke cirkelbaan. Meet de straal van de cirkel. Zorg dat de cirkel en zijn spiegelbeeld in één lijn liggen en lees dan de straal af. Meet ook V_{ak} en de stroomsterkte I_s in de spoelen. Herhaal dit enkele malen met een andere cirkelbaan. Meet ook R en N van de spoelen. Beschrijf wat je ziet als je met een magneet een veld aanbrengt l op het veld van de h,h, spoelen.

Verslag

- Verklaar het oplichten van het waterstofgas.
- Leid de formule af die je gebruikt voor de bepaling van q/m .
- Wat gebeurt er als de stroom in de h, h -spoelen opgevoerd wordt? Verklaar dat.
- Bereken B uit de metingen van I_s , R en N (+ fout).
- Bereken de snelheid waarmee de elektronen het elektronenkanon verlaten.
- Bereken q/m .
- Vergelijk dit met q/m volgens het tabellenboekje.
- Verklaar wat je ziet als je een magnetisch veld aanbrengt \perp op het veld van de h, h -spoelen.

V16. Gay-Lussac

Inleiding

Een bolletje met onbekende volume V_0 heeft een steel met een inwendige diameter van 1,0 mm. Het gas in het bolletje wordt verwarmd, waardoor een druppel H_0 in de steel omhoog wordt gedreven. We beschouwen^g het gas als ideaal.



Practicum

- Maak een opstelling waarin het bolletje in verwarmbaar water wordt geplaatst, en waarin het mogelijk is steeds h_1 en h_2 te meten met zo weinig mogelijk parallax fouten.
- Meet h_1 en h_2 als functie van de temperatuur. Zorg ervoor, dat langzaam wordt verwarmd. Roer steeds in het water. Meet de luchtdruk.

Uitwerking

- Bereken de druk (als functie van de temperatuur misschien?).
- Zet het volume van het afgesloten gas in de steel uit tegen de temperatuur. Wat moet het theoretisch verloop zijn van de grafiek?
- Waarom moet langzaam worden verwarmd?
- Bereken of bepaal uit de metingen het inwendige volume van het bolletje.
- Bereken het aantal Mol van het afgesloten gas.

deel III:

Verslagen van de groepsdiskussies

INHOUD:	blz.
3.1. Diskussieonderwerpen	220
3.2. Voorinformatie bij diskussieonderwerp I	221
3.3. Verslag groep Römgers (I en VIII)	225
3.4. Verslag groep Scherrenburg (I)	231
3.5. Voorinformatie bij diskussieonderwerp II	232
3.6. Verslag groep Lijnse (II)	234
3.7. Verslag groep Agterberg (III en za.)	236
3.8. Verslag groep Van Genderen (III)	238
3.9. Verslag groep Schraven (III)	240
3.10. Verslag groep Verkerk (III)	241
3.11. Verslag groep Groen (IV en za.)	243
3.12. Verslag groep Holvast (IV en za.)	246
3.13. Verslag groep Vervoort (VI en za.)	248
3.14. Verslag groep Ellermeijer (VII)	250
3.15. Verslag van de plenaire vergadering	251
3.16. Bijlage bij de plenaire vergadering: kredietaanvraag	254
3.17. Muurkrant: een selectie	255
3.18. Deelnemerslijst	256

3.1. Diskussieonderwerpen

Vrijdagavond:

- I. Konstruktie van een praktikumtoets aan de hand van een model
- II. Begripstoetsing met kwalitatieve vragen
- III. Inrichting van een praktisch schoolonderzoek
- IV. Andere beoordelingscriteria dan onderzoeksvaardigheden
- V. Zin van het praktisch schoolonderzoek als het toch weinig uitmaakt (is vervallen wegens te weinig belangstelling)
- VI. Tijdprobleem op de HAVO
- VII. Relatie tussen het praktisch werk in de bovenbouw en het praktisch schoolonderzoek in de hoogste klas

Zaterdagochtend:

- VIII. Welke vaardigheden, die je via het onderwijs bij je leerlingen hebt ontwikkeld, zou je graag in het eindexamen willen toetsen ?
- welke in het CSE ? Hoe ?
 - welke in het praktisch S.O. ? Hoe ?

Verder was de groep vrij om door te gaan met hun vrijdagavondsdiskussie of om een daaruit voortvloeiend diskussieonderwerp te kiezen.

3.2. Voorinformatie bij discussiegroep I

PRAKTIKUM-TOETSEN

Imme de Bruijn
T.H.Twente
Vakgroep Onderwijskunde
(natuurkunde-didaktiek)

De hier gegeven informatie is een verkorte weergave van een gelijknamige brochure, die in november 1977 is verschenen. Op de Woudschoten conferentie 1977 zal op de vrijdagavond gelegenheid zijn van gedachten te wisselen over de mogelijkheid, volgens het voorgestelde schema praktikum-toetsen te konstrueren. Voor uitgebreidere informatie, literatuurverwijzingen e.d. raadplege men de oorspronkelijke brochure.

Het probleem, waarvoor hier een oplossing wordt voorgesteld, is weer te geven in 5 bezwaren, die bij een gebruikelijke praktikum-toets zijn aan te geven:

1. De doelstellingen, die worden getoetst, zijn wel aanwezig "in het hoofd van de docent" maar niet in expliciete vorm.
2. Er wordt alleen of hoofdzakelijk beoordeeld op een verslag.
3. Men heeft de neiging zich te beperken tot opdrachten, waar alleen uitvoerende en informatie-bewerkende aspecten zitten, het plannen of ontwerpen van een proef komt zelden naar voren.
4. Bij een wat uitgebreidere opdracht heeft men problemen met leerlingen, die reeds in de beginfase zodanig fout gaan, dat het gehele werkstuk waardeloos wordt (dus zeer weinig informatie over de vaardigheden oplevert).
5. De oplossing van de problemen onder 2, 3 en 4 plegen in een richting te gaan, waarbij één docent op een klein aantal kandidaten aanwezig moet zijn.

Als oplossing kan men een gefaseerde toets overwegen, waarbij het gehele experiment wordt opgeknipt in enkele, op elkaar aansluitende, gedeelten. Aan het eind van ieder deel moet de leerling een aantal vragen beantwoorden, waaruit blijkt hoe hij het werk tot op dat punt -het kontrapunt- heeft verricht. Tevens krijgt hij de bijsturing -informatie over de zaken die van de volgende fase vastgelegd moeten zijn- en een opdracht voor een volgende fase van het experiment.

Van één en ander is het noodzakelijk, dat men een schema heeft van de fasen die in het experiment -de Natuurwetenschappelijke methode, af te korten tot N.W.M.- zullen voorkomen. Een dergelijk model wordt

hieronder gepresenteerd.

Voor het meer expliciet maken van de doelstellingen kan dit model ook een hulpmiddel zijn, maar er is méér nodig.

Men kan denken aan de specificatie op de volgende punten:

- met welke apparaten moet de leerling kunnen omgaan en op welk niveau, met welke mate van instructie.
- welke meetprocedures moet hij kunnen toepassen (uitslagmethode, nulmethode etc.).
- welke concrete technieken moet hij kunnen toepassen (instellen, calibreren, aflezen met en zonder hulpmiddelen etc.).
- welke technieken ter verwerking van informatie moet hij beheersen (journaleren, grafiek maken, fouten verantwoorden, gebruik van eenheden etc.).

Men krijgt zodoende niet een serie volledig geformuleerde operationele doelstellingen, maar wel een zodanig afbakening dat informatie-uitwisseling tussen betrokkenen wordt verbeterd.

Als model van de Natuurwetenschappelijke Methode (N.W.M.) gebruiken we een variant op een schema, dat door Van Lieshout in 1970 is opgesteld.

Twee aanpassingen zijn:

1. De eerste fasen "informatie" "probleemanalyse" en "hypothesevorming" zijn weggelaten, omdat de eis voor VWO luidt "dat de kandidaat een veronderstelling.....experimenteel kan toetsen", het komen tot de hypothese behoort dus niet tot het te examineren deel van de N.W.M.

2. De ontwerpfasen is uiteengelegd in twee fasen, nl. "specificeren" en "experiment ontwerpen".

We krijgen zodoende een model, bestaande uit de volgende fasen (zie bijlage):

A. Probleemstelling, eventueel geformuleerd als te toetsen hypothese. We moeten hierbij mede denken aan zekere randvoorwaarden, waaraan de oplossing moet voldoen, b.v. gebruik van een bepaald apparaat of een bepaald meetobject.

B. Operationaliseren, vertalen van de vraagstelling in termen van variabelen. Welke grootheden zullen worden gemeten, welke worden ingesteld, welke konstant gehouden?

C. Specificeren, aangeven over welke gebieden de variabelen moeten of mogen variëren, met welke nauwkeurigheid ze worden gemeten, ingesteld of konstant gehouden.

Na fase C ligt de experimentele probleemstelling vast, deze is vaak veel beperkter dan het probleem bij A.

D. Ontwerpen van het experiment, een plan maken hoe de opstelling gebouwd wordt en hoe hieraan gemeten wordt, één en ander overeenkomstig de specificaties. Om nadere gegevens voor het meetplan te krijgen doet men hier soms al voorbereidende probeer-proeven, die we gids-experimenten noemen.

Het vaststellen van de werking van apparaten (gebruiksaanwijzing doornemen) behoort ook tot deze fase.

- E. Uitvoeren. Hier worden alle handelingen aan apparaten verricht, inklusief bouwen en in bedrijf stellen van de opstelling. Men doet instellingen, waarnemingen etc. en legt ook informatie vast (journaleren).
- F. Bewerken resultaten. Men maakt grafieken, tabellen en berekeningen, stelt vast of de nauwkeurigheid gehaald is.
- G. Konkluderen. Men stelt vast of het doel van de proef is bereikt, of de vraag uit fase A is beantwoord.

Over dit model is op te merken, dat het de zaak misschien te simpel voorstelt, de volgorde van handelen kan wel eens anders gaan. Dit ondervangen we grotendeels door het invoeren van "teruglooptijnen", het terug gaan naar een voorgaande fase. De gids-experimenten vormen hiervan in zekere zin een voorbeeld. Andere gevallen zijn:

- bij het ontwerpen van de opstelling moet men de specificaties aanpassen (van D terug naar C). Dit is ook het geval indien de opstelling (gedeeltelijk) voorgeschreven is en specificaties hierdoor vastliggen.
- bij verwerken van resultaten vindt men de noodzaak aanvullende metingen te doen (van F naar E).
- bij de resultatenverwerking konkludeert men, dat een andere opstelling of ander meetplan tot beter resultaat zal leiden (van F naar C of D).
- bij konklusies trekken constateert men, dat een andere proefopzet gewenst is, dat andere variabelen moeten worden bekeken (van G naar B, bijna het gehele experiment opnieuw).

Bij het opstellen van gefaseerde toetsen zal men moeten aksepteren, dat bepaalde teruglooptijnen onmogelijk worden. Immers, als er een kontrôlepunt tussen b.v. D en E ligt, is het experiment-ontwerp en het meetplan daarna gegeven en staat niet meer ter discussie.

Bij de geschetste toetsen zal men vooral vaardigheden toetsen, het zal niet mogelijk zijn doelstellingen in de sfeer van attitudes te toetsen.

Kiezen welke variabelen gevariëerd gemeten beheerst moeten worden

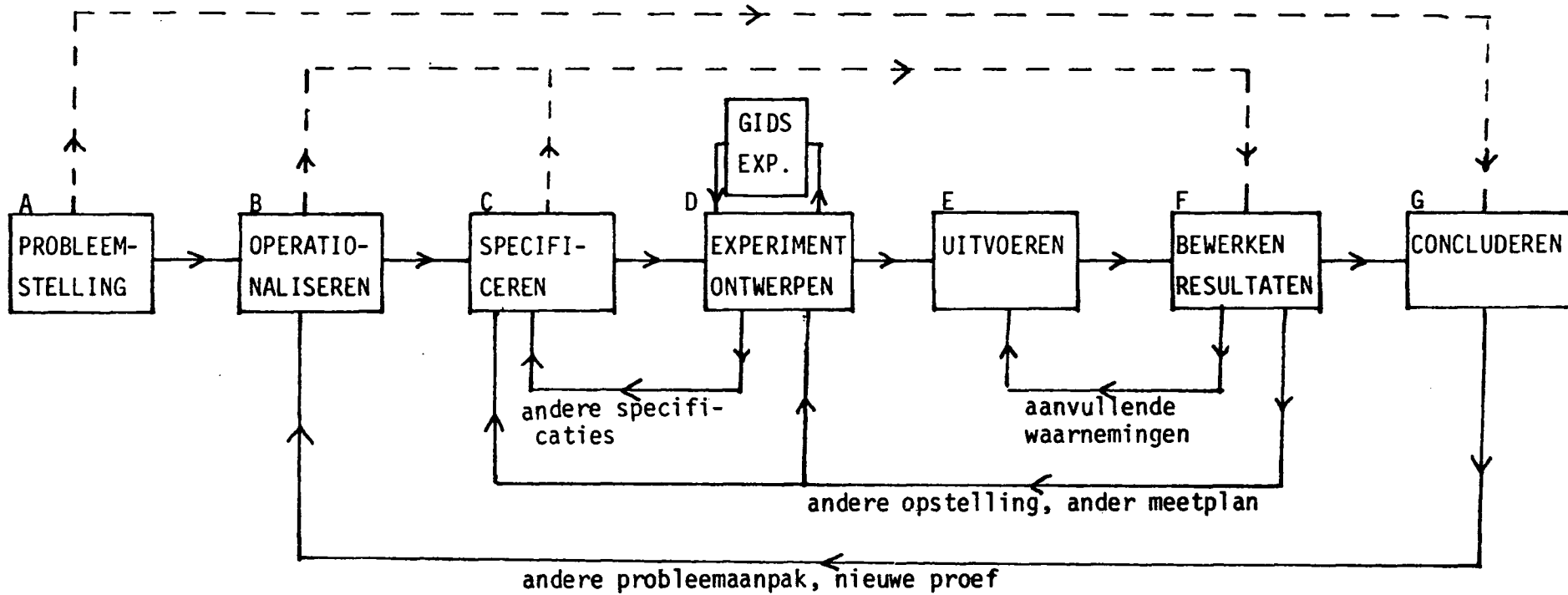
Nauwkeurigheid en gebied vaststellen

Keuze apparaten
Werking app. vaststellen (handleiding)
Meetplan maken

Opstelling bouwen
Instellen
Aflezen
Storingen vermijden
Journaleren

Tabellen afwerken
Grafieken maken
Berekenen

Samenvatten
Nagaan of probleem is opgelost



MODEL van de Natuurwetenschappelijke Methode.

3.3. Verslag groep Römgers (I en VIII)

KONSTRUKTIE VAN EEN -IN FASEN VERDEELDE- PRAKTIKUMTOETS

Op welke wijze kun je nagaan of een leerling gedurende de voorafgaande jaren op het HAVO of op het vwo heeft geleerd om een veronderstelling experimenteel te toetsen?

De bekende methode is: geef de leerling een opdracht voor een klein stukje onderzoek, laat hem een verslag schrijven, en beoordeel zijn "onderzoek-vaardigheid" aan de hand van het eindverslag.

Nadelen van deze praktikum-toetsvorm zijn onder meer dat bij meer uitgebreide proeven leerlingen al in de beginfase fouten kunnen maken waardoor de rest van het experiment weinig gegevens meer bevat om "onderzoekvaardigheden" op te beoordelen, dat de beknopte proeven voornamelijk uitvoerende en informatie-verwerkende aspecten bevatten, en dat bij goede experiment-toetsen het aantal leerlingen per docent maar heel klein kan zijn.

Is het mogelijk de genoemde bezwaren te ondervangen door een praktikum-toets in stukken te knippen ("te faseren")?

Voordelen van een gefaseerde praktikum-toets zijn dat de docent de "onderzoek-vaardigheden" van een leerling in verschillende stappen kan beoordelen, (hij hoeft niet alleen op het eindverslag af te gaan); dat de docent een leerling die is vastgeraakt of die op een volkomen foute weg zit, weer op het juiste spoor kan zetten en aldus een beter inzicht krijgt in die vaardigheden die anders niet eens naar voren gekomen waren.

Werkgroep I heeft geprobeert een gefaseerde praktikum-toets te ontwerpen.

In welke fasen zou een praktikum-toets uiteen moeten vallen?

De vóór informatie die aan de werkgroep ter beschikking gesteld was, beschreef een model voor de opzet van een natuurwetenschappelijk onderzoek. De praktikum-toets welke de leerling uitvoert, zou op dezelfde wijze kunnen worden onderverdeeld in fasen.

Aan de leerling wordt een stuk informatie (tekst) voorgelegd; deze tekst resulteert in een algemeen geformuleerde opdracht (of in een algemeen geformuleerde vraag waarop dmv een experiment antwoord gegeven kan worden). (fase A) Deze opdracht dient te worden uitgevoerd door de leerling. Daarbij kunnen in het werk van de leerling de volgende fasen worden onderscheiden:

B Operationaliseren: Uitgaande van de algemeen geformuleerde vraag of opdracht moet de leerling bedenken welke grootheden gemeten moeten worden, welke grootheden gevarieerd en welke grootheden konstant moeten blijven.

C Specificeren: De leerling bepaalt grofweg in welk gebied hij zijn metingen zal gaan doen, hoeveel experimenten/tijd hij ongeveer nodig zal hebben en hoe nauwkeurig hij ongeveer moet gaan meten.

D Ontwerpen van het experiment: De leerling maakt een plan voor de opstelling die hij wil gaan bouwen; hij bedenkt hoe hij daaraan zal gaan meten. Soms verricht hij enkele "probeer-proeven" (= gids-experimenten).

E Uitvoering: De leerling bouwt de opstelling en verricht de vereiste handelingen; hij varieert, neemt waar en journalleert.

F Bewerking resultaten: De leerling maakt tabellen, grafieken en berekeningen; hij gaat ook na of de vereiste nauwkeurigheid is bereikt.

G Konkluderen: De leerling gaat na of aan de algemeen-geformuleerde vraag of opdracht is voldaan. Eventueel suggereert hij andere experimenten en wijst hij fouten aan in zijn eigen experiment.

Werkgroep I heeft getracht een gefaseerde praktikum-toets uit te werken; daartoe is gebruik gemaakt van een voorbeeld voor een gefaseerd praktikum, geschreven door I. de Bruijn.

Een voorbeeld van een experiment, waarmee werkgroep I heeft geprobeerd of een gefaseerde toets kan worden opgesteld, is

ENERGIELEVERING MET EEN ZONNECEL

Gegeven is een fotocel en een puntvormige lichtbron. Beschikbaar zijn verder, naar keuze van de leerling, een aantal bekende instrumenten als stroom- en spanningsmeters, regelbare weerstanden, meetlint etc.

De proef veronderstelt wel, dat een gedegen praktikum-cursus elektriciteit is gegeven, zelfs dan wordt de beschreven toetsingsproef waarschijnlijk nogal aan de zware kant.

Erg belangrijk is in dit geval de begin-opdracht. Deze zou kunnen luiden :

Bepaal hoeveel vermogen de cel kan leveren met verschillende belichting, zoals met de gegeven lamp wordt verkregen.

In de werkzaamheden die de leerling moet verrichten om tot een oplossing van de begin-opdracht te komen, kunnen weer de hiervoor genoemde fasen worden onderscheiden. Ieder van die fasen is voorzien van een toelichting, toegespitst op *dit* experiment.

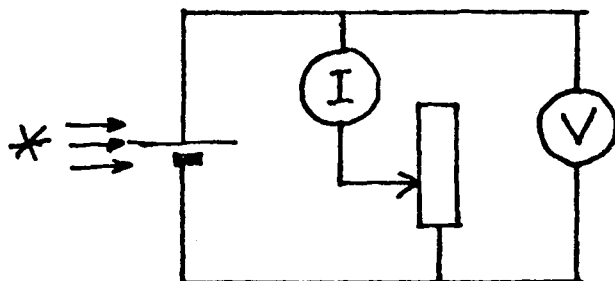
Deze informatie wordt niet aan de leerling verstrekt.

Fasen, te gebruiken voor toetsing van onderzoekvaardigheden (en voor bijsturing ll.)

Het operationaliseren houdt in, dat ll. vaststelt dat het produkt $V \times I$ moet worden vastgesteld bij verschillende belichtingen, en dat daartoe de uitwendige weerstand variabel moet zijn. Verder moet ll. overwegen of de hoek van inval in het onderzoek wordt beschouwd, eventueel overweegt ll. met een lux-meter de mate van belichting te "ijken".

Bij het specificeren stelt ll. vast, dat de afstand lamp-cel van b.v. 0,3 tot 1,2 m. wordt gevarieerd en op 1 cm. nauwkeurig opgemeten, en dat het gevraagde vermogen zo mogelijk op 5% nauwkeurig moet worden bepaald.

Bij het ontwerpen van de opstelling dient ll. o.a. de schakeling te ontwerpen (zie schets), de stroom- en spanningsmeters te kiezen - mede naar aanleiding van de toegelaten inwendige weerstand- en de schuifweerstand te dimensioneren. Hierbij zijn enkele gids-experimenten gewenst teneinde de grootte van diverse effecten te weten te komen.



De uitvoering betekent het bouwen van de definitieve opstelling, het kiezen van het benodigd aantal meetpunten, het beschouwen van de bereikte nauwkeurigheid en de invloed van mogelijke foutenbronnen, het globaal bekijken van de resultaten.

De uitwerking betekent het maken van een aantal grafieken en berekeningen. Ter discussie staat, of hier iets gevraagd mag worden over de inwendige weerstand van de cel. Een interessant aspect is de eventuele correctie voor de voltmeterstroom, en voor de spanning over de stroommeter.

Bij de conclusie moet ll. bekijken, of inderdaad $P_{\max}(r)$ is bepaald, of dit het gestelde probleem geheel oplost en of er suggesties zijn over een betere uitvoering van het onderzoek.

1. Het konstrueren van een gefaseerde praktikumtoets door werkgroep I

Aan het begin van de discussies over de praktikumtoets werd duidelijk dat leraren soms heel gemakkelijk *leersituaties* en *toetsituaties* met elkaar verwarren.

De bedoeling van een gefaseerde praktikumtoets over een zonnecel is niet hoe de leraar aan een leerling zo goed mogelijk kan duidelijk maken wat je zoaT met een zonnecel kunt doen, of hoe het moeilijke begrip "vermogen", en het meten van vermogen, nog eens kunt verduidelijken door een zonnecel te vergelijken met een accu of een batterij. Deze aspecten van de zonnecel horen immers thuis in een *leersituatie*, en niet in een *toetsituatie*.

De bedoeling van een gefaseerde praktikumtoets over een zonnecel is na te gaan (te toetsen) welke onderzoekvaardigheden een leerling zich heeft eigen gemaakt in de afgelopen jaren.

Misschien is wel extra informatie over de zonnecel nodig, maar die informatie moet alleen bedoeld zijn om de toetsing van onderzoekvaardigheden te verbeteren.

De werkgroep heeft in de korte tijd het volgende toetspraktikum ontworpen:
(*de schuin gedrukte informatie wordt niet aan de leerling verstrekt*)

Fase A Inleiding

Een zonnecel is een apparaat dat spanning afgeeft als er licht opvalt. Het is dus een spanningsbron, evenals een batterij of een accu. Een spanningsbron heeft een vermogen.

Opdracht: Onderzoek hoeveel vermogen de zonnecel kan leveren bij verschillen belichting met een gegeven lamp.

(In de inleiding kan nog iets worden gezegd over het nut van de zonnecel bij energieschaarste in de toekomst.

De Opdracht is algemeen geformuleerd)

Fase B (Operationaliseren)

Deelopdracht: Welke grootheden moet je kennen om het vermogen te kunnen berekenen? Hoe krijg je "verschillende belichtingen"? Zijn er nog andere factoren van invloed op het vermogen, die je experiment kunnen storen? Hoe meet je ieder van de genoemde grootheden? Wat ga je globaal doen om de opdracht uit te voeren? Laat je antwoorden controleren.

Controle operationalisering: leerling moet aan docent kunnen duidelijk maken wat hij denkt te gaan doen. Indien de voorstellen van de leerling passen in de Opdracht van fase A, dan kan hij verder gaan met fase C. Indien de leerling volkomen verkeerd zit, geeft de docent hem de noodzakelijke hulp en suggesties. De docent noteert het resultaat van iedere leerling.

Fase C/D (Specificeren en ontwerpen)

Deelopdracht: Hoe ga je het experiment opzetten? tekening van de opstelling of van het schakelschema. Welke apparatuur heb je nodig? meters, hun evt. meetbereik. Hoe haal je het gewenste verband uit de metingen die je gaat verrichten? Welke gegevens verzamel je? welke grootheden ga je variëren, welke houd je konstant? In welk meetbereik ga je werken?

Controle specificeren en ontwerpen: Als boven

Fase C (Specificeren)

Deelopdracht: Wat is het meetbereik van de gewenste meters? Hoeveel metingen ga je uitvoeren? In welk gebied? Ga je eerst gidsexperimenten doen? In welk gebied?

Controle specificeren: Als boven

Hier blijkt reeds dat het model voor een onderzoek niet star kan worden gehanteerd!

Fase E₁ (Bouw)

Deelopdracht: Bouw je schakeling en laat die controleren.

Controle schakeling: Dit geschiedt omdat het een beginsel is waarvan maar beter niet moet worden afgeweken: laat eerst schakeling controleren!

ase E₂
voering) Deelopdracht: voer het experiment uit.
Controlle situering: Als boven.

Wegens tijdgebrek kon de uitwerking van het toetspraktikum niet verder geschieden door de werkgroep.

2. Ervaringen bij het konstrueren van een gefaseerde praktikumtoets

Tijdens het opstellen van een gefaseerde praktikumtoets kwamen de volgende opmerkingen en problemen naar voren:

- 1) Het "kunnen operationaliseren" (fase B) is een uiterst belangrijke eigenschap van de leerling. Deze eigenschap zou al vanaf de tweede klas moeten worden aangeleerd
- 2) Kosten de verschillende controles en het bijhouden van de resultaten van iedere leerling niet ontzettend veel docententijd?
- 3) Hoe groot is het gevaar dat de leerling aan het eind van het experiment het overzicht over het geheel heeft verloren? Hoe kan hij dan een goede konklusie trekken? Ligt "een overzicht hebben over het gehele experiment" misschien ook aan de complexiteit van hetgeen moet worden onderzocht (zonnerel)?
- 4) Uit 3 kwam de suggestie voort om bij het konstrueren van praktikum-toetsen heel eenvoudige experimenten als basis te nemen, en daaraan de verschillende fasen op te hangen. In dat geval is het gevaar het kleinst dat de student blijft steken in de complexiteit van het probleem.
- 5) Bij de gangbare praktika wordt meestal getoetst de Uitvoering, de Bewerking van de resultaten en de Konklusie. Toetsen daarvoor bestaan wel. Maar hoe kun je toetsen ontwerpen voor de fasen Probleemstelling, Operationalisering, Specificering, en Ontwerp van een experiment?
- 6) Bij het Praktikum Schoolonderzoek *toetst* de docent of de student in staat is een veronderstelling experimenteel te toetsen. Maar hoe kun je een student *leren* om een veronderstelling experimenteel te toetsen? Aan examens hoort immers leren vooraf te gaan!

3. Is het mogelijk per fase van een praktikum toetsen te konstrueren?

Een deel van werkgroep I heeft zich afgevraagd of het mogelijk is om de resultaten van iedere fase van een praktikum afzonderlijk te toetsen. Met name voor de fasen Probleemstelling (A), Operationaliseren (B), Specificeren (C), en Ontwerpen van het experiment (D), is maar weinig aansluiting te vinden bij de toetsing van de gangbare praktika. Immers momenteel wordt voornamelijk getoetst of de Uitvoeringsfase (E), de Bewerking van de resultaten (F), en de Konklusie (G) wel juist zijn, maar aan fasen A, B, C en D wordt weinig aandacht geschonken.

De groep heeft de volgende opmerkingen gemaakt:

- Wil een leraar iets meer weten over de "operationaliseringsvaardigheid" van een leerling, dan zal hij tijdens de uitvoering een vraag stellen als: "had je het experiment ook zodanig kunnen opzetten dat"?
- Van belang is nog de probleemstelling zelf (fase A, die eigenlijk geen aparte fase maar het startpunt is). Men kan overwegen vanuit een maatschappelijke situatie de leerlingen de probleemstelling zelf te laten formuleren. De vraag is of het examenreglement ruimte laat hiervoor. In het (begin)onderwijs komt deze doelstelling wel eens voor (informatie verzamelen, enz.).

- In de fase Operationalisering (B) is het o.a. van belang dat de leerling mogelijke variabelen onderkent, maar ook dat hij de relevantie van die variabelen kan vaststellen. Hiervoor moet hij "proberen", hij is geneigd hier "gids-experimenten van kwalitatieve aard" in te voeren. Deze vindt men met name in de leerstof van de 2^e klassen; daar gaat men in bepaalde gevallen zelfs niet verder dan "gidsexperimenten van kwalitatieve aard".
- Bij het toetsen van de Operationaliseringsfase (B) heeft de docent normen nodig. Ook de leerling moet zich van deze normen bewust zijn. In het voorafgaande praktikum-onderwijs moet men de leerling van deze normen bewust laten worden.
- Het Specificeren (C) is vrijwel nooit te scheiden van het Ontwerpen van het experiment (D), althans tijdens een praktikum: de (gegeven)apparatuur legt de specificaties vast. Bij "echt" onderzoek ligt het anders.
- We kunnen over praktikum-toetsen wel wat leren van de scheikunde-kollega's.
- Het toetsen van (alleen) fase D (Ontwerpen van het experiment) zou moeten, door de probleemstelling, reeds geoperationaliseerd naar variabelen -en zo nodig gespecificeerd- aan te bieden. Hier helpt het model van een gefaseerd praktikum dus!
De vraag is dan: "hoe zou je dit meten, met welke apparaten, en met welk meetplan?"

4. Hoe creëer je leersituaties waarbij de afzonderlijke fasen in het natuurwetenschappelijk onderzoek (cq in een gefaseerd praktikum) geleerd worden?

Heeft één deel van werkgroep I zich beziggehouden met het probleem "hoe toets je nou de resultaten na iedere fase", een ander deel van werkgroep I heeft zich gebogen over de vraag "hoe leer je een leerling de vaardigheden, die hij nodig heeft voor elk van de fasen"?

Aan de hand van praktische voorbeelden uit voornamelijk de onderbouw, werden de eerste fasen van het schema bestudeerd op mogelijke leersituaties.

De fase van de Probleemstelling: Om leerlingen er toe aan te moedigen om problemen te stellen bij situaties, zijn er verscheidene methoden te gebruiken. Als voorbeeld werd de slinger gebruikt.

- Je kunt zo'n probleem klassikaal aankaarten. Bijvoorbeeld door enige slingers op tafel te zetten (met verschillende massa's, lengtes). Daarna inventariseert de leraar welke interessante verschijnselen een onderzoek waard zijn.
- Een andere manier is het om leerlingen aan te laten rommelen met wat materiaal (draadjes, gewichten, scharen, stopwatches). Ze doen dan in feite al wat metingen, maar zeer gebrekkig en ongestructureerd. Later kan de leraar verschillende probleemstellingen inventariseren en daarmee verder op weg gaan door het schema hier. Dit aanrommelen zou zelfs als een aparte fase gezien kunnen worden tussen probleemstelling en operationalisering. Opgemerkt werd dat er tendenzen zijn (Bijv. PLON) om leerlingen (in de onderbouw) in die aanrommelfase te laten steken. Het is een vraag voor ons of de leraar zijn leerlingen uit die aanrommelfase naar een echt experiment wil leiden in de onderbouw.
- Verscheidene leraren waren van mening dat een leerling probleemstellen kan leren als je hem laat beginnen te oefenen op situaties waarbij de probleemstelling erg voor de hand ligt en eenduidig is. Van de andere kant werd er betoogd dat een leraar juist zou moeten stimuleren dat leerlingen met veel verschillende probleemstellingen (ook onverwachte) komen.
- Nog een methode om leerlingen problemen te laten stellen is het, te vragen naar praktische situaties, die ze herkennen. Een voorbeeld daarvan is de fotoplaat van PLON, waarin o.a. gevraagd wordt de plaatjes van een rotte en gave sinaasappel in de juiste tijdsvolgorde te plaatsen.

Verdere fasen: Ook bij het operationaliseren en het specificeren (fasen B en C) wordt het schema niet strak doorlopen. Voor deze fasen is het eveneens noodzakelijk dat er (eerst) wat aangerommeld wordt. Dan pas ontstaat er voor de leerling duidelijkheid over orde van grootte en over te meten en te variëren variabelen. Ook een natuurkundestudent zal overigens op deze manier een onderzoek opzetten. In het schema is deze manier van werken herkenbaar door de vele terugkoppelingen naar eerdere fasen.

Voor veel leeringen zijn de fasen door deze terugkoppelingen niet duidelijk benoembaar. Toch zullen ze steun hebben bij het doen van het experiment als de proef is opgezet via het schema.

3.4. Verslag Groep Scherrenburg (I).

Informant : C. Hellingman

Naar aanleiding van het door I. de Bruijn gepresenteerde model werd door de groep getracht een praktikumtoets te konstrueren. Een deel van dit werk is in kleinere groepen voortgezet.

Bij het lezen van het schema, dat het model voor een gefaseerde toets weer-geeft, en bij de uitwerking ontstonden een aantal problemen:

- A. Moet de probleemstelling open zijn, of moet hierbij al een duidelijke hypothese geformuleerd worden?
De algemene opvatting was, dat men zich per proef moet afvragen, wat op dit punt van de leerlingen verwacht kan worden. Het belangrijkste is, dat de leerlingen aan de hand van de probleemstelling tot operationaliseren kunnen overgaan.
- Als probleemstelling werd verder gehanteerd:
De vermindering van het gewicht van een voorwerp bij het laten zakken in een vloeistof hangt af van de diepte van het voorwerp in de vloeistof.
- B. Men kwam tot de konklusie, dat het vaak moeilijk zal zijn de fasen B, C en D (operationaliseren, specificeren en experiment ontwerpen) duidelijk te scheiden in apart te kontroleren delen.
- C. Het inbouwen van terugkoppelingsmogelijkheden bleek lastig, wanneer men er tenminste vanuit gaat, dat na een bepaalde controle op een vaste manier wordt verder gewerkt. Wanneer deze sturing wordt losgelaten, dan zal het erg onzeker zijn of binnen een geplande tijd alle fasen van de toets afgewerkt kunnen worden.
- D. Als algemeen bezwaar werd door sommigen aangevoerd, dat bij de leerlingen een denkproces dat juist is, telkens wordt afgebroken, om het verdere verloop van de toets binnen de gewenste grenzen te houden.
Het is daarom nodig, dat de leerlingen gewend raken aan deze manier van werken, voordat hiermee serieus getoetst wordt.

3.5. Vóórinformatie bij discussieonderwerp II.

J.W. Stumpel.

Inzicht-toetsing door middel van "kwalitatieve vragen".

Enige tijd geleden heb ik mij, in het kader van een onderzoek aan de VU over "de toetsbaarheid van inzicht bij het eindexamen" bezig gehouden met het door-
kijken van examenwerk (VWO natuurkunde 1977) op een aantal scholen. De bedoeling was, te zien welke soorten fouten de leerlingen bij voorkeur maken en te kijken of er uit het gemaakte werk bepaalde konklusies getrokken konden worden omtrent het bij de leerlingen aanwezige "inzicht" (in een of andere zinnige betekenis van dat woord).

Het bleek dat met name bij de "kwalitatieve vragen" de interessantste foutenpatronen optraden. "Kwalitatieve vragen" wil ik hierbij definiëren als die opgaven, waarbij een of andere gegeven fysische "stand van zaken" in woorden verklaard moet worden. Bijvoorbeeld: in het examen van dit jaar hadden we de vragen:

- 1a - waarom heeft men de thermo-elementen in serie geschakeld?
- 1d - hoe komt het dat de temperatuur steeds langzamer toeneemt?
- 2a - verklaar dat het aantal deeltjes onafhankelijk is van de tijd?

Met name bij vraag 1d bleek de meerderheid geheel in het duister te tasten. (Dit zal ik nog mondeling toelichten). Het was mij in eerste instantie een raadsel, wat bijvoorbeeld de kandidaat bedoeld had die opschreef: "Het is steeds moeilijker om meer electronen los te maken; na verloop van tijd worden er evenveel aangevoerd als afgevoerd". Iemand wees mij er later echter op, dat we hier waarschijnlijk te maken hadden met verwarring met de verzadigde (vacuum)-diode: hierbij immers vinden we ook een grafiek die eerst snel stijgt en daarna horizontaal gaat lopen.

Het bleek dat vrijwel alle (foute) antwoorden op deze vraag verklaard konden worden uit verwarring met andere stukjes natuurkunde-stof: met de diode, met het Hall-effekt, met het weerstands-temperatuureffekt, en met de theorie van de warmtestraling. Wat hier kennelijk gebeurd is, is dat de kandidaten niet geprobeerd hebben de vraag te beantwoorden vanuit inzicht in wat met de vraag bedoeld werd, maar trachtten, op grond van een of ander uiterlijk kenmerk van het vraagstuk (zoals de vorm van de grafiek) de vraag te beantwoorden door reproductie van een bepaald stukje stof. Uit de "Utrechtse enquête" (zomer 1976) onder vijfde- en zesdeklassers, was al gebleken dat de meeste leerlingen ongehoord veel tijd besteden aan hun huiswerk voor natuurkunde: dit lijkt erop te wijzen dat pogingen tot uit-het-hoofd-leren van het leerboek niet zeldzaam zijn. De pogingen tot beantwoording van kwalitatieve vragen door middel van begriploze rekonstruktie van stof (het ziet er althans uit als "begriploze" rekonstruktie) zouden hiervan een goede illustratie kunnen zijn.

Kohnstamm heeft dit verschijnsel in 1935 als volgt beschreven: "(Het kind doet) afstand van inzicht (.....) Het memoriseert eenvoudig de hem voorgedragen "oplossing" voor elke der gangbare typen en cliché's; mechanisch wordt op een bepaald type als prikkel een bepaalde bewerking als reactie toegepast." Kohnstamm schreef over de wijze waarop 12-jarigen bij het toenmalige toelatings-examen "denksommen" oplosten. Het lijkt erop dat abituriënten bij hun eindexamen natuurkunde deze methode nog steeds toepassen. De kwalitatieve vragen brengen deze "inzichtloosheid" scherper aan het licht dan de meer "kwantitatieve", met formules beantwoorbare vragen, wellicht omdat bij kwantitatieve vragen het ver-

verband tussen "prikkel" en "reactie" meer eenduidig is: bij veel leerlingen bleek het woord "radioactief verval" de formule

$$t_{1/2} = \frac{\log 2}{\log (N_1/N_2)}$$

op te roepen (hoewel de aanwezigheid van een grafiek het gebruik van de formule overbodig maakte); evenzeer bleek ongeveer de helft van de leerlingen in vraagstuk 4, na het herkennen van de prikkel "interferentie van twee trillingsbronnen" de formule

$$\lambda = \frac{x d}{l}$$

of een verkeerd onthouden variant daarvan ($2xd/l$, ld/x^2 , lx/d) te produceren, terwijl ook daar het vraagstuk zonder formule opgelost kon worden. Verkrijgt men op deze wijze, met een "uit het hoofd" geleerde formule, een goed resultaat, dan kan men bij het korrigeren moeilijk iets anders doen dan de som "goed" rekenen. De leerlingen hebben bij kwantitatieve vragen m.a.w. de mogelijkheid zich achter schijnkennis te verschuilen. Bij kwalitatieve vragen, met hun veel meer "open" karakter, is dit veel minder mogelijk, waardoor deze vragen voor het toetsen van "inzicht" veel geschikter lijken. Nog beter lijkt mij het door Wagenschein gepropageerde natuurkunde-opstel, waarin de leerling gevraagd wordt een stukje natuurkunde in eigen woorden uit te leggen, of een door hemzelf gedaan experiment in eigen woorden weer te geven.

Het voorstel is nu, om op vrijdagavond te discussiëren over toetsvormen die het "zich verschuilen achter schijnkennis" onmogelijk maken, eventueel enkele kwalitatieve vragen of opsteltitels te ontwerpen, en te praten over de oorzaken van het ontstaan van schijnkennis.

3.6. Verslag groep Lijnse (II)

Informant: J.W. Stumpel.

Aan de orde is het probleem dat o.a. door J.W. Stumpel is gesignaleerd: bij kwalitatieve vragen komen vaak volstrekt onverwachte antwoorden die suggereren dat de leerlingen niet veel van het onderwerp begrepen hebben.

Onderzoekingen van Stumpel doen vermoeden dat een leerling de vragen niet beantwoordt vanuit inzicht, maar vanuit één of ander uiterlijk kenmerk, waardoor verwarringen met andere stukjes natuurkunde ontstaan: een leerling denkt een probleem te herkennen en reproduceert vervolgens de bijbehorende 'gangbare' oplossing.

De discussie heeft na de inleiding door Stumpel vooral betrekking op het waarom van dit handelen. Een aantal mogelijke oorzaken wordt aangedragen:

- leerlingen krijgen vaak het advies bij proefwerken in ieder geval iets op te schrijven, hetgeen bovenstaand verschijnsel zou kunnen verklaren. Een oplossing zou in dat geval gelegen kunnen zijn in het negatief waarderen van het neerschrijven van onzin.
- een heel andere gedachte is naar voren gebracht in de veronderstelling dat gebrek aan taalvaardigheid een mogelijke oorzaak zou kunnen zijn. In dit verband is een voorbeeld genoemd waarbij leerlingen geen onderscheid zagen tussen de zinnen: hij hoort een steeds hogere toon en
hij hoort steeds een hogere toon.

Deze veronderstelling bleek toch problematischer te zijn: gaat het hier om taalvaardigheid of om denkvaardigheid?

In het laatste geval hebben we geen oorzaak gevonden maar hebben we het probleem geherformuleerd.

- dan komt iemand op de gedachte dat het hier zou kunnen gaan om een gebrek aan denkbereidheid: in de natuurkunde werk je veel met formules, rijen symbolen waar je mee kunt manipuleren zonder dat je de fysische betekenis van de grootheden realiseert of de omstandigheden waarin ze relevant zijn. Formules stimuleren denkluïheid: een formule wordt een instrument om een probleem, na herkenning, zonder verder aanwezig inzicht te raadplegen, tot oplossing te brengen. Ook deze visie suggereert een aanpak: leraren moeten formules pas introduceren nadat een hele hoop voorwerk is verricht. De formule hoort de kroon op het werk te zijn. Leraren moeten verder van de leerlingen, met name die in de lagere klassen, vragen voortdurend in staat te zijn formules af te leiden. Leerboeken zouden in de toekomst niet alleen moeten vertellen wanneer een gebruik van een formule geoorloofd is, maar ook wanneer dat niet het geval is. Tenslotte moeten leerlingen gevraagd worden zelf de fysische onzin aan te wijzen in een onjuist verhaal.

Problemen die bij dit alles werden opgeworpen betreffen de vraag of een leerling wel in staat is formules te lezen als beschrijving van een fysische werkelijkheid. In dit verband wordt gewezen op de studie van Piaget die in de ontwikkeling drie fasen onderscheidt, waarvan de eerste de concrete fase wordt genoemd en de laatste bekend is als de formele fase. In die laatste fase zouden leerlingen in staat zijn om concrete zaken met abstracte begrippen abstract te formuleren.

Onderzoekingen in Amerika hadden aangetoond dat 50% van de eerstejaars studenten niet tot formeel denken in staat was. Hier werd tegenin gebracht dat in Amerika voor toelating tot bijvoorbeeld een studie natuurkunde een goed resultaat in Frans even veel waard was als een dergelijk resultaat in scheikunde.

Een andere vraag was of de leraar niet zelf ook als het hondje van Pavlov reageert op bepaald natuurkundige probleemstellingen: hij heeft er zich aan gewend bepaalde zaken te problematiseren en andere niet en is nu onbewust bezig de leerlingen aan hetzelfde gedrag aan te passen.

De doelstelling van de bijeenkomst was, behalve het praten over het ontstaan van

schijnkennis (door anderen liever 'niet-gewenste kennis' of schijninzicht genoemd) te discussieren over toetsvormen die het onmogelijk maken om zich te verschuilen achter schijnkennis.

Wij zijn hier nauwelijks aan toegenomen.

Kwalitatieve, open vragen leken wel een aangewezen middel. Bediscussieerd werden wel nog mogelijke moeilijkheden bij het toetsen zoals die rond de objectiviteit (verschillende leraren hanteren verschillende normen).

Uit onderzoeken van PLON zou blijken dat deze problemen gerelativeerd zouden kunnen worden.

Dit verslag beoogt slechts een indruk te geven en is geen letterlijk weergave !

3.7. Verslag groep Agterberg (III + za)

Inrichting van een praktisch schoolonderzoek (III)

Eerst zijn de randvoorwaarden aan de orde geweest, waaronder een praktisch schoolonderzoek kan functioneren. De minimum eis is een lokaal dat geschikt is voor leerlingenpraktikum met daaraan verbonden een voorbereidingsruimte. Een aantal noemden de noodzaak dat dit lokaal gedurende het gehele onderzoek beschikbaar dient te zijn, o.a. om spullen klaar te kunnen zetten. Indien het praktikum schoolonderzoek door het jaar wordt gehouden, dienen er rooster-faciliteiten te zijn, bijvoorbeeld blokuren of laatste uren.

Vervolgens werden enkele argumenten voor en tegen het werken in groepsverband genoemd tijdens het praktikum schoolonderzoek. Argumenten voor waren o.a. tijdens het praktikum als voorbereiding werd ook samengewerkt; overleg met direkte medewerkers aan een experiment hoort bij het fysisch experimenteren. Argumenten tegen waren o.a. het eindcijfer moet een individueel cijfer zijn. Dit was volgens een aantal mensen bij groepen onmogelijk, terwijl anderen stelden dat bij de nabespreking van het groepswerk toch een individuele beoordeling mogelijk is.

De meesten, die met groepen werkten, stelden de groepen homogeen samen, met de bedoeling dat ieder een gelijke bijdrage tot het experiment zou leveren.

Over de vorm van het experiment bleek, dat de meesten geporteerd waren voor een nieuw experiment in zoverre, dat het niet herkend werd als een experiment dat reeds eerder gedaan was.

Anderen waren meer voor een experiment dat reeds in een eerdere fase gedaan was, maar waarvan een grootheid werd veranderd of dieper werd uitgezocht.

Tijdens de diskussie bleek, dat naarmate je tijdens de schoolperiode meer experimenten doet, je minder makkelijk op het schoolonderzoek nieuwe experimenten kunt doen, terwijl de behoefte naar nieuwe experimenten op dit schoolonderzoek dan ook afneemt.

Ten aanzien van het verschil tussen HAVO en VWO werd gesteld, dat er dezelfde soort experimenten werd gedaan, maar bij de HAVO werd de instructie meer gestructureerd en tijdens de nabesprekingen minder diep gegraven.

Een aantal leraren liet alleen experimenten tijdens het praktikum schoolonderzoek doen, waarvan de theorie was herhaald; bij anderen was er geen korrelatie tussen het tijdstip waarop het experiment werd gedaan en de herhaalde leerstof.

Ook werd genoemd, dat een leerling van tevoren kon kiezen uit vier onderwerpen en deze onderwerpen dan thuis kon voorbereiden.

Tevens werd nog aan de orde gesteld, hoe het in het vervolgonderwijs gesteld was ten aanzien van het praktikum. Het werd belangrijk genoemd dat men wist welke eisen men in het vervolgonderwijs stelt aan het praktikum en welke experimenten er in het eerste jaar in dit vervolgonderwijs gedaan worden.

Zaterdagochtend discussie.

- In vraagstuk over energie (Plon) - kettingvraagstuk.
Beter bij a) tijd berekenen en energie berekenen.
- Kettingvraagstukken niet altijd te voorkomen. Moet je leerlingen voor waarschuwen.
- Plon vraagstukken lijken erg moeilijk.
Betekent dit dat Plon leerlingen ook erg veel geleerd hebben?
Vragen lijken moeilijker omdat de antwoorden niet eenduidig zijn.
- Er wordt getwijfeld of het onderzoek, waaruit bleek dat de leraren wel gelijk beoordeelden, wel juist is. De leraren hebben veel contact met elkaar. Dat verstoort het beeld.
- Bij huidig examen geen eenduidigheid in beoordeling.
- Normen moeten vastliggen om:
 - discussie tussen korrektoren te beperken.
 - eerlijkheid ten opzichte van leerlingen.
- Invloed van leraar moet wel blijven bestaan door middel van S.O..
- Vrije toelating tot universiteiten.
VWO-diploma moet toelating geven.
Of mag er best een verlegging van de cesuur zijn: van geslaagd naar geslaagd met gemiddeld 8.
Het zou beter zijn op de motivatie te letten.
- Cijfers betekenen niet veel: beter zou zijn vaardigheden etc. onder woorden te brengen.
- Hoe nauwkeurig zijn de cijfers.
Per leraar reproduceerbaar binnen + 1 punt.

3.8. Verslag groep Van Genderen (III)

Informanten: B.v.Dodeweerd en P.Wisse

Behalve bij de informanten was er in de groep vrij weinig ervaring met praktisch SO; daarom was er relatief veel belangstelling voor informatie over de gang van zaken op het Erasmus College, waar met veel inzet en enthousiasme aan het praktisch SO gewerkt wordt. Verder bleek vooral de beoordeling een heet hangijzer, vooral tijdens de tweede zitting.

eerste zitting

Het Erasmus College is een Daltonschool met 3-jarige brugperiode. Veel theorie moet snel behandeld worden om ruimte te maken voor het praktikum. Daartegenover staat dat de Daltonuren het praktikum wat gemakkelijker organiseerbaar maken en dat veel leerlingen er vrije tijd aan besteden. Bovendien blijkt de praktikumervaring een steun bij het CS.

In onderbouw en 4V worden enkele eenvoudige proefjes gedaan. In 4H en 5V komen behalve klassikale proeven ook 3 individuele proeven + verslag aan bod als konkrete voorbereiding op het praktisch SO.

Het SO in 5H en 6V bestaat uit 1 à 3 individuele proeven (4 à 5 uur + verslag). De verslagen zijn vaak tamelijk omvangrijk. De ll. doen een eigen keus uit 60 proeven op 3 niveau's.

Het SO is nooit een reproductie van eerder uitgevoerde proeven.

De informanten hebben weinig moeite gehad om geld voor het opzetten van het praktisch SO los te krijgen. Zij hebben 2 als praktikumlokaal bruikbare ruimten. De ll. hebben bij de uitvoering een grote vrijheid (mogen alles opzoeken, tijd zelf indelen) en de steun van een amanuensis. Zij maken opmerkelijk weinig kapot.

De beoordeling (zwaarte 25% SO) geschiedt deels op een globale indruk van de activiteiten van de ll., maar vooral op het verslag. Hierbij zijn goed meten en goed verwerken van meetresultaten belangrijke criteria. Ook originaliteit telt mee; niet hoeft men bv. een grote opstelling zelf te maken.

Het verslag wordt door 2 leraren gelezen en moet mondeling worden toegelicht. Hierdoor wordt de authenticiteit van de prestatie voldoende gewaarborgd en komen er geen 'standaardverslagen' in omloop.

Andere ervaringen met praktisch SO:

H.H.Janssen laat een proef zelfstandig theoretisch voorbereiden en beoordeelt (25-40% SO) vooral op schriftelijke verwerking/interpretatie/theorie. Ook in vooreindexamenklassen wordt praktikum gedaan.

G.J.Th.M.Cock maakt gebruik van het zg. leerlingenpraktikum van de Universiteit van A'dam (enkele proefjes van 1½ uur in tweetallen) en van het rijdend stralingspraktikum uit Utrecht. Beoordeling schriftelijk (25% SO); mondeling is een reservemogelijkheid.

D.v.Genderen laat in 1½ uur 6 korte proeven uit het Nuffield-examen doen (roulatiesysteem, opstellingen in 6-voud). Deze opzet blijkt goed te bevallen.

tweede zitting

'Moet het examen een afbeelding zijn van het onderwijs? Zo ja, welke vaardigheden zou u willen toetsen?'

Deze inmiddels in een voordracht naar voren gekomen vragen worden in de groep als belangrijk gevoeld, onder meer m.b.t. het praktisch SO.

De vragen worden vertaald in:

'Mag ik iets anders onderwijzen dan de examenstof? Wat moet meespelen in het examencijfer?'

Men vindt dat in het onderwijs vergeleken met de leerstoflijst allerlei (ook niet-toetsbare) extra's thuishoren. Omgekeerd moeten in de leerstoflijst geen dingen gestopt worden alleen omdat ze toetsbaar zijn: ook mag het vak natuurkunde als geheel niet als selektiemiddel dienen. Kortom, enige keuzevrijheid is gewenst, mits dit niet leidt tot sluipende leerstofuitbreiding of ander misbruik.

De keuzevrijheid kan, met name voor goede ll., gebruikt worden voor het zich eigen maken van extra stof of speciale vaardigheden, die eventueel met het (praktisch) SO mede getoetst kunnen worden.

Het CS mag voor toetsing van deze extra's niet gebruikt worden.

Overigens mag niet uit het oog worden verloren, dat ook binnen de bekende onderwerpen van de leerstoflijst heel wat te verzinnen valt om bv. bij goede ll. minder leerstofgebonden vaardigheden te testen.

Notulant: J.A. Dekker

3.9. Verslag groep Schraven (III).

Inrichting praktisch schoolonderzoek. (III)

1. Formulering doelstellingen

A. Natuurkundige verbanden zoeken in nieuwe situaties, daarbij de nadruk leggen op:

1. het zoeken van samenhang
2. het verwerken van gegevens
3. foutenleer

Moeilijkheden:

1. het bedenken van nieuwe proeven
2. grote aantallen leerlingen werken remmend

B. Een praktisch schoolonderzoek moet een kontrolerende functie hebben.

Opmerkingen:

1. Doelstelling A en B zijn moeilijk te verenigen
2. De doelstelling wordt vaak bepaald door de persoonlijke geaardheid
3. De leerling moet natuurkundig leren denken
4. Vaak wordt een doelstelling schteraf geformuleerd
5. Leerlingen willen vaak een beoordeling voor hun praktisch werk
6. Praktisch schoolonderzoek vormt geen extra belasting voor de leerling

2. Organisatie mogelijkheden en moeilijkheden

A. Tijdens het praktikum, leerstof herhalen met continue beoordeling
Een tweede cijfer geven voor apart schoolonderzoek

B. Sommige proeven worden klassikaal uitgevoerd, andere proeven worden door de leerlingen na schooltijd uitgevoerd na intekening.
De verslagen moeten binnen een maand ingeleverd worden.

Opmerkingen: 1. Zowel bij A als B moet objectief beoordeeld worden.
2. Je moet andere dingen toetsen dan op het schriftelijk schoolonderzoek.
3. Ieder school heeft zijn eigen roosterproblemen.
4. De inrichting van een praktisch schoolonderzoek wordt mede bepaald door het aanwezige materiaal.
5. Typerende verschillen tussen havo en vwo zijn te vinden in de foutenberekening.

3.10. Verslag groep Verkerk (III)

Informant: J.Masschelein

Informant geeft een uiteenzetting over opzet en functioneren van het praktisch schoolonderzoek op zijn school (zie bijgevoegd stencil). Hij legt er de nadruk op dat praktisch schoolonderzoek alleen nuttig is als evaluatie van praktisch inzicht en experimentele vaardigheden als er ook iets te evalueren is. D.w.z. reeds vanaf het eerste begin van de natuurkundelessen moet het leerlingenpraktikum in de methode ingebakken zitten. Bij informant op school beslaat het praktikum 20 à 25% van de lestijd vanaf de tweede klas en krijgen de leerlingen in de onderbouw over veel onderwerpen ook praktikumproefwerken.

Vraag: Bij het praktikum S.O. moeten de ll. zelf een meetplan opstellen (ca. 30 min.). Hoeveel ll. komen dan ook daadwerkelijk met een meetplan?

Inform: Bijna allemaal. Vaak wel onuitvoerbaar. Maar altijd wordt het plan op z'n merites bekeken. Als het plan waardeloos is of onuitvoerbaar, dan wordt door de leraar een ander onderzoeksplan voorgesteld.

Vraag: Leerlingen kiezen hun onderwerp uit een kaartenbak met steekkaarten. Hier zitten ongetwijfeld moeilijker en eenvoudiger opdrachten tussen. Zijn de resultaten daardoor niet slecht vergelijkbaar?

Inform: Ja. Men is hier nog niet goed uit. We proberen de moeilijkheidsgraad natuurlijk bij de beoordeling te betrekken. Maar het blijft een probleem.

Vraag: Kost een methode zoals die door informant toegepast wordt ook aan de ll. niet extra veel tijd? Omdat zoveel aandacht aan praktikum besteed wordt moet de verwerking van de leerstof vnl. thuis gebeuren.

Inform: Praktikum vormt een essentiële bijdrage aan de theorievorming. Volgens een enquête onder de leerlingen van vier VWO, was natuurkunde het vak waar de minste hoeveelheid tijd aan besteed hoefde te worden.

(Opm: Masschelein heeft wel 1 uur meer tot z'n beschikking dan de minimumtabel, nl. 2-3-3-5-5, notulant)

Vraag: Hoe zit het met de geldstroom? Bij zo'n praktikum-intensieve methode is toch erg veel materiaal nodig?

Inform: fl5000,-- per jaar voor 1750 ll.
Er moet wel met beleid worden ingekocht. Soms kan men voor instrumenten ergens anders terecht dan bij de leermiddelenhandel. Bijv. oscilloscopen bij de elektronikahandel, fl.575,- per stuk.

Vraag: Resultaten?

Inform: Gemiddeld S.O.-cijfer: 1 punt lager dan C.S.
" prakt.S.O.-cijfer: 1,5 punt hoger dan C.S.

Verder werd door de groep nog aandacht besteed aan de keuze van open of gesloten opdrachten bij het praktikumschoolonderzoek. Open opdrachten vragen meer tijd en geven meer praktische problemen wat betreft materiaalvoorziening. Voordeel is wel dat belangrijke facetten van het onderzoek, nl. het kiezen van een meetprocedure en het opstellen van een meetplan nu tot de opdracht van de leerling behoren.

Den Braber (Hardenberg) geeft nog een uiteenzetting van hun opzet van het praktikumschoolonderzoek.

De opdrachten worden van te voren opgegeven. De leerlingen kunnen de proef dus voorbereiden. Er wordt gewerkt op een dag dat er geen lessen zijn (lerarenverg. bijv.) in meerdere lokalen en kabinetten. Het praktikumschoolonderzoek vraagt erg veel tijd van leraar en amanuensis en hij vraagt zich sterk af of kosten en baten hier nog we in verhouding staan.

Groepsdiscussie 17-12

Onderwerp: Praktische voorzieningen: -tijd
-geld
-ruimte

Informatie verkrijgbaar: -bij ministerie
- handboek NVON
- artikelen Faraday

Als men met het verplicht praktikumschoolonderzoek in het verschiet tot het besef komt dat de voorzieningen ontoereikend zijn, is het tijd om aan de bel te gaan hangen. Ook hoeft men niet persé genoeg te nemen met de minimum lessentabel.

Goes, 25 januari

Peter Dirkson, notulant

3.11. Verslag groep Groen (IV + za)

De groep heeft op vrijdagavond geen verslag geproduceerd, omdat zich geen verslaggever aanbood. Wel werd op vrijdagavond besloten dat men zich zaterdag in 3 subgroepen zou opsplitsen.

Uit deze subgroepen zijn de volgende verslagen gekomen:

Subgroep 1:

(R.Mulder, E.de Groot, F.Horsten, F.Boessenkool, J.Bakker, J.Eijch, J.v.Galen)

Thema: Wat kun je met een praktikum s.o. méér beoordelen dan met een schriftelijk ?

Je kunt of mag alleen beoordelen als je aan de volgende beginvoorwaarde hebt voldaan:

1. je mag alleen beoordelen dat wat je in de jaren daarvoor als lesdoel hebt geformuleerd.
2. alles wat beoordeeld wordt moet aan de leerlingen bekend zijn.

Aspekten die wel voor beoordeling in aanmerking komen en niet schriftelijk getoetst kunnen worden zijn o.a. de volgende:

- de 'handigheid' van de leerlingen (tempo kan een onderdeel zijn).
- de overzichtelijkheid van de opstelling (b.v. bij elektrische schakelingen).
- creativiteit is niet te meten. Hoogstens fysische inventiviteit. Dit mag alleen beoordeeld worden wanneer dit de nauwkeurigheid van de resultaten ten goede komt.
- het aflezen van de meetapparatuur en de nauwkeurigheid waarmee gewerkt wordt.
- van de rapportage mag alleen de systematiek beoordeeld worden.

In het verslag moeten we proberen het nederlands niet mee te beoordelen.

Subgroep 2:

(W.Mulder, H.Eijkelhof, W.Ouwerkerk, R.Genseberger, J.Robijn, H.v.Wunnik, T.Smit)

Thema: De groep heeft zich bepaald tot een ronde van meningen over wat je in je onderwijs aan vaardigheden zou willen aanbrengen en hoe je dat zou kunnen toetsen. Daarbij is de nadruk komen te liggen bij de niet-fysische vaardigheden omdat we ons over de fysische niet bezorgd maakten.

Kort samengevat bleken daar aan het eind van zaterdagochtend de volgende punten uit te komen.

- . Zelfstandigheid, doorzettingsvermogen en kritisch denken zou je explicieter moeten krijgen om ze te kunnen toetsen.
Open opdrachten zijn daar een ingang toe.
- . Samenwerken, elkaar aanvullen is belangrijk. De vraag is of het toetsbaar is.
- . Al dit soort vaardigheden (samenwerken, zelfstandigheid, doorzettingsvermogen, etc.) liggen impliciet in het leerproces en kunnen alleen maar tijdens en niet na het leerproces worden getoetst.
- . Plezier in wat ze doen, verwondering, samenwerking, creativiteit, doorzettingsvermogen zijn belangrijk. Leerlingen zouden wellicht elkaar kunnen beoordelen.
- . Zicht krijgen op je eigen onderwijsproces (zelfevaluatie). Mogelijk in s.o.
- . Zelfstandigheid in open praktika te toetsen. Beoordeling en cijfergeving een probleem.

- . Kommunikatievaardigheden mondeling en schriftelijk. Toetsbaar in diverse situaties. Mits expliciet afgesproken.
- . Vaardigheid in leggen van relatie Natuurkunde en Samenleving lijkt eenvoudig toetsbaar.

Dit leidde, omdat deze subgroep 's middags tijdens de lezingen heeft doorgewerkt tot een groepsprodukt in de vorm van een stelling: (die overigens nog best een boel 'losse eindjes' bevat).

DE NOODZAAK VAN EEN EINDEXAMEN WORDT VAAK VERDEDIGD MET 'NODIGE GARANTIES VOOR DE VERVOLGOPLEIDINGEN'

De vervolgopleidingen eisen ook:

- VERMOGEN TOT SAMENWERKEN
- ZELFSTANDIGHEID
- KREATIVITEIT
- DOORZETTINGSVERMOGEN
- KOMMUNIKATIE VAARDIGHEDEN

Deze vaardigheden zijn toetsbaar via:

- konkrete afspraken met leerlingengroepen
- toetsing in konkrete activiteiten

DIT KAN ALLEEN IN HET SCHOOLONDERZOEK.

Dus s.o. is nodig om de garanties t.a.v. vervolgopleidingen.

WE LEIDEN OVERIGENS NIET ALLEEN MAAR OP VOOR DE VERVOLGOPLEIDINGEN MAAR OOK VOOR DE TOEKOMST VAN DE SAMENLEVING.

Subgroep 3:

(H.Oele, G.Beukema, H.Poorthuis, F.Bosmans, P.Heimerikx, K.v.d.Marel)

Thema: 1. Kun je in een praktikum s.o. meer toetsen dan in een normaal schriftelijk examen?

Antwoord op 1: Ja

2. Is het nodig ?

Opmerking bij vraag 2: Het kost veel tijd

Het kost de leerlingen ook heel veel tijd

Antwoord op 2: Ja

Alleen al puur pragmatisch: Men heeft het verplicht gesteld om meer praktikum op de scholen ingevoerd te krijgen.

Tevens ontstaan er betere kansen om praktikum-apparatuur aan te schaffen.

Argumenten voor praktikum:

De leerling krijgt in het algemeen sneller inzicht door met de handen bezig te zijn. Dit is herhaaldelijk op het praktikum waargenomen.

Ruimer geformuleerd: De combinatie van theorie en experiment geeft veel meer inzicht.

Nog enige lossen opmerkingen uit de discussie:

In 1910 ging 10% van het totale aantal middelbare school leerlingen studeren.

56 ± 1% van alle natuurkundestudenten studeerde af.

In 1971 gaat ca. 80% van het totale aantal middelbare schoolleerlingen studeren.

56 ± 1% van alle natuurkundestudenten studeert af.

Waar zijn we mee bezig ?

Gezien de opmerking van Wijnobel: 'de resultaten stemmen aardig overeen' zou men ook kunnen vragen:

Hebben we in West-Europa een soort chinese examen-cultus ? (zie ook opmerking van C.Northcote Parkinson).

Hoe is de instelling van de leerlingen de laatste jaren veranderd ?
Onder invloed van TV en stripverhalen in een zeer sterk op het visuele gerichte presentatie. (b.v. de ontwikkeling van de natuurkundeleerboeken de laatste 25 jaar, idem de ontwikkeling van de encyclopedieën de laatste 20 jaar).

Moeten wij ons aanpassen bij de stripverhalen ?

Een indrukwekkend voorbeeld hiervan: 'Tijd voor energie' Malmberg dec.'77
(in kleurendruk !) Den Bosch.

Een krant uitgedeeld in 1e en 2e klassen van het vwo.

Zoals onze technische mogelijkheden op de scholen nu zijn, nog afgezien van onze eigen instelling, hebben wij hiermee grote moeite.

3.12. Verslag groep Holvast (IV en za)

Andere beoordelingscriteria dan onderzoeksvaardigheden

Op de vrijdagavond kon de groep het niet goed eens worden over de inhoud van het discussieonderwerp. Ruwweg lag de scheiding tussen geesten die gedrag van leerlingen in het algemeen wilden bekijken en die zich liever tot de natuurkunde wilden begrenzen. Moeten sociale vaardigheden in een cijfer worden uitgedrukt - objectiviteit houdt in individueel toetsen.

Om uit de impasse te komen, besloot de groep het beschikbare video-materiaal te bekijken. Vier groepjes van drie leerlingen werken samen in een praktikumsituatie. Na de video nog een korte discussie over de kansen die iedere leerling heeft gehad om de aan de orde zijnde vaardigheden te oefenen.

Verslag zaterdagochtenddiskussie

Op de zaterdagochtend splitste de groep zich op in de deelgroepjes met de onderwerpen:

1. Doelstellingen schoolpraktikum;
2. Hoe bereik je dat iedere leerling in een groepssituatie een kans krijgt goed te leren?

ad.1.: Doelstellingen van het schoolpraktikum

1. Instrumentele vaardigheden.
Instrumenten noemen per afdeling.
2. De opdracht moet kort en bondig zijn:
 - a) de leerling ontwerpt zelf de methodiek voor het oplossen van het probleem;
 - b) De leerling kiest zelf het benodigde instrumentarium.
3. Verslaggeving van de opdracht.
 - a) Verantwoording van de methodiek;
 - b) Overzichtelijke weergave van de waarnemingen en metingen;
 - c) Verwerking van waarnemingen en metingen tot resultaten en/of grafieken;
 - d) Konklusies trekken met daarin het aangeven van fouten en eventueel foutenberekening.
4. De leerling moet kunnen functioneren in een groep.

ad.2.: De groepssituatie

Waarom laat je leerlingen in groepen werken?

- praktisch probleem
- leren samenwerken, technisch en sociaal
- beginsituatie lagere school meer en meer groepsgericht. Het is gewenst deze situatie voort te zetten (natuurkunde in de eerste klas?)

Natuurkunde heeft een verkeerd imago. Leerlingen leren pas als ze willen, hoe bereik je dat? Praktikumsituatie sluit meer aan bij wat ze kunnen. Probleem met de eindsituatie.

- Praktikum geeft meer mogelijkheden elkaar te motiveren.
- Groepswerk geeft de leerlingen meer de mogelijkheid op hun eigen niveau ten opzichte van elkaar te werken.
- Vaak gezellig.

Wat moet je met een leerling die zich niet lekker voelt in het groepje? Wij zijn beslist niet geschoold in die dingen. Groepswork kan in de persoonlijke sfeer bedreigend zijn, zeer voorzichtig mee zijn. Andere aspecten dan sociale vaardigheden in praktikum benadrukken.

Opmerking: de konsekventie van praktisch schoolonderzoek is dat het geld kost!

3.13. Verslag groep Vervoort (VI + za)

Het praktisch schoolonderzoek en de faktor tijd (VI)

Diskussiegroep: het praktisch schoolonderzoek en de faktor TIJD (vrijdag)

Diskussieleider: *J. Vervoort*.

Het gesprek ging over de vraag of praktikum en praktisch schoolonderzoek extra tijd kost aan de leerling.

Uit een enquête van enkele jaren terug is gebleken dat natuurkunde aan leerlingen van 5vwo de meeste tijd kost van alle vakken, uitgezonderd grieks en latijn. Wordt dat nu nog erger als er meer praktikum gegeven wordt ?

Vraag: hoeveel tijd mag een leerling aan zijn huiswerk besteden ?

3 kwartier per vak per keer vindt men maximaal. Als je leerlingen hun gang laat gaan maken ze ellenlange verslagen van proeven. Een oplossing is het laten inleveren van een meetformulier met eventueel een aantal vragen erop.

Vraag: kom je uit met je lesuren ?

Dat lukt, want van praktikum leert een leerling al doende, maar hij zal thuis weer meer tijd aan andere onderdelen moeten besteden (vraagstukken).

De konklusie is dat praktikum doen de leerling tijd kost, zelfs als hij geen uitgebreide verslagen hoeft te maken.

De discussie over de vraag of het praktisch schoolonderzoek de leerlingen extra tijd kost is korter, waarschijnlijk wegens gebrek aan gegevens.

De opinie is dat praktisch schoolonderzoek de leerling niet meer tijd kost dan theoretisch.

Tot slot wordt nog de vraag gesteld, waarom je eigenlijk die tijd aan praktikum besteedt. De volgende antwoorden worden gegeven:

- natuurkunde is een experimentele wetenschap, je doet leerlingen te kort als je ze dat niet laat merken (3x)
- de leerlingen worden beter voorbereid op de vervolgopleiding (2x)
- praktikum werkt (voornamelijk in de onderbouw) motivatie-verhogend (2x)
- het is een goed systeem van herhalen
- je hebt veel persoonlijk contact met je leerlingen
- de leerlingen krijgen meer inzicht in fysische situaties.

Praktikummateriaal en ontwikkeling daarvan (zaterdag)

Om de discussie niet al te oeverloos te laten verlopen beperken we ons tot de vraag: wat moet je doen om in 4H materiaal te ontwikkelen voor het onderwerp trillingen.

Je moet je dan afvragen waar je het praktikum zet: voor de theorie, erna of ermee verweven en ook of je het ontdekkend, verifiërend of onderzoekend wilt laten zijn.

Een mogelijkheid is: meteen bij introductie van het onderwerp.

Zet je demonstratiemateriaal als carousselpraktikum in de klas. Zou er geen tijdwinst zijn als je er demonstratieproeven van maakt? Nee, want de tijd die je aan een grondige eerste kennismaking besteedt win je later terug. Geef je bij deze vorm een opdracht? Nee (1x), want dat ontdekken moet zo weinig beïnvloed worden als mogelijk is. Ja (6x), want sommige leerlingen weten helemaal niet waar en hoe ze moeten beginnen.

Wel moet je bij die opdracht erg voorzichtig formuleren en oppassen dat je niet je eigen oplossingen suggereert. Dus liever vragen: 'kijk eens hoe vlug de beweging gaat' dan: 'hoe kun je de trillingstijd veranderen?'

Na een dergelijk praktikum kun je in een klasseggesprek komen tot de beperking tot harmonische trillingen en die kwantitatief aanpakken. Er is, alvorens tot die beperking over te gaan, een uitgebreide ervaring van de leerlingen met allerlei trillingen nodig.

Zijn de leerlingen gemotiveerd? Het blijkt dat het praktikum zoals het hier beschreven is ook dient om de natuurkunde gunstig bij andere vakken te laten afsteken. De motivatie (of beter: de lol die de leerlingen in het werk hebben) wordt ook bevorderd als je niet alleen je praktikummateriaal uit de kast haalt, maar ook uit de praktijk: fiets, dynamo, bromfietsmotor, flitser.

Dat is een mogelijkheid die veel leraren over het hoofd zien: praktikummateriaal is, behalve bij de leermiddelenhandel, ook

- a. te koop in andere winkels
- b. te krijgen bij leerlingen en hun ouders, die het anders toch zouden weggooien.

3.14. Verslag groep Ellermeijer (VII)

Relatie praktisch schoolonderzoek-bovenbouwonderwijs

Het praktisch schoolonderzoek is alleen op zijn plaats als in het bovenbouwonderwijs zelf (klas 4,5 en 6) het praktikum een wezenlijke plaats inneemt. Het is daarom wat vreemd dat bij sommige inleiders in de vierde en vijfde klas niet of nauwelijks aan praktikum werd gedaan.

Voor het praktikum lijkt in de havo bovenbouw minder tijd beschikbaar dan in de vwo bovenbouw.

De vorm van het praktikum in de bovenbouw:

Geïntegreerd praktikum zoals je dat in de onderbouw kunt realiseren zal bij de meeste onderwerpen niet haalbaar zijn vanwege apparatuur in enkelvoud. Wel kan door roulatie ervoor gezorgd worden dat theorie en praktikum van een onderwerp in dezelfde periode aan de orde komen en elkaar op die manier zoveel mogelijk ondersteunen.

3.15. Terugblik en hoe verder?

Verslag plenaire discussie.

- Eerkens: Uit de felle discussie over het CITO blijkt dat de afstand tussen de theorie en de uitwerking ervan in het veld groot, te groot is. Ik stel voor volgend jaar geen Woudschotenkonferentie te houden en 't geld ervoor te besteden aan een boek dat die kloof overbrugt..
- Schraven: De discussie is naar mijn idee teveel toegespitst op het schriftelijk examen, terwijl het schriftelijk examen bij continue begeleiding eigenlijk overbodig zou moeten zijn.
- Botterweg: Het schriftelijk eindexamen stelt je ook in staat verschillende scholen te vergelijken. Ik ken m'n eigen leerlingen wèl, die van anderen niet.
- Schraven: Ik ben niet tegen een schriftelijk eindexamen, wèl vind ik dat het teveel nadruk krijgt.
- Hooymayers: Niet alleen het schriftelijk examen is onderwerp van deze conferentie geweest.
Er ligt een voorstel om in plaats van een Woudschotenkonferentie een dik boek uit te geven. Het aantal dikke boeken over dit onderwerp in het Nederlands en in het Engels is al erg groot. Alléén: het werkt niet. Literatuurlijsten werken niet. Déze conferentie moet wèl werken.
- Eerkens: Ook een conferentie met veel theoretische verhalen werkt niet. Dan blijft het probleem: wat moet ik er zélf mee in de klas.
- Hooymayers: In de onderwijsvernieuwing zit altijd als belangrijke fase dat de dingen uitgeprobeerd worden om na te gaan of iets wáár is, óf het lukken kán. Ik herken die fase ook in de natuurkunde. Het Plon probeert iets. Nu nog op beperkte schaal; bijvoorbeeld een eindexamen op 5 scholen.
Een andere vraag is: moeten we doorgaan met al die centrale lichamen? Dat probleem is erg ondoorzichtig. Bij het antwoord moet tevens overwogen worden wát er ingeleverd moet worden om zo'n werkwijze mogelijk te maken. In het onderwijs én in de natuurkunde bestaan er theorie en praktijk. Hoever moet je gaan in de scheiding van die twee? Op welk aspect zou je de nadruk moeten leggen? Wat moet je inleveren om een accentverschuiving te bewerkstelligen? Wat zijn de keuzen? Daar moet duidelijkheid over zijn vóóordat je ingrijpende veranderingen doorvoert.
- Terra: Ik werk met Plon-materiaal. Ik was juist erg blij dat er wat theorie bij het Plon kwam.
- Hoekstra: Het veld moet meer invloed op de beslissingen hebben! De LBO/MAVO scholen zijn al jaren achtergesteld. Waar moet het zwaartepunt gelegd worden:
- bij de verzorgingsinstituten, of
 - bij faciliteiten voor LBO/MAVO?

Hooymayers: Er zijn voor het nemen van beslissingen over onderwijs allerlei raden. In de onderwijsraad is bijvoorbeeld het veld vertegenwoordigd. Het probleem is echter dat HET veld of DE mening van het veld niet bestaat. In het veld bestaan erg veel meningen. Er zijn op dit moment zo'n 50 leraren die zélf gekozen hebben om mee te werken met het Plon. Hun mening variëert van juichend tot nee, of liever tot zeer sceptisch. In het 1e graads veld zijn er 1300 leraren. Namens het veld beslissingen nemen is dan erg moeilijk te realiseren. Het blijft overigens van belang dat u uw stem laat horen!

In de verzorgingsinstituten ligt de nadruk op het onderwijs aan leerlingen tot 15 jaar en dan voornamelijk op de grote groep lagere school- en LBO-leerlingen.

Voorzitter: De afstand van veld-veld is vermoedelijk het grootst. Groter nog dan die van verzorgingsinstituten tot veld.

Vervoort: Ik wil enkele opmerkingen naar aanleiding van deze konferentie maken. Mij is opgevallen dat we dit keer niet zo rustig hebben kunnen discussiëren als in voorafgaande jaren. Verder heb ik een stuk rapportage gemist.

Als onderwerp voor volgend jaar wil ik een konferentie over de aansluitingsproblematiek (HAVO-HTO en VWO-WO) voorstellen. Hierbij zou o.a. gebruik gemaakt kunnen worden van de enquête van de CMLN over het eindexamen.

Graag volgend jaar ook weer mensen van buiten uitnodigen; ik stel dit zeer op prijs.

ten Berge: Ik vond het gunstig dat niet zoveel tijd verloren ging met rapportage. Volgens mij is die rapportage vaak zonde van de tijd.

Ton Smit: Over het betoog van Hoogbergen: de heer Hoogbergen wil de keuzevrijheid verhogen. Hoi! Op de SOL merken we dat onze studenten onvoldoende gemotiveerd zijn voor het vak zelf doordat ze gewend zijn aan een grote examengerichtheid. Het schoolonderzoek versterkt dit effect; het vormt weer een extra barrière om te nemen.

Laten we zoveel we kunnen als school de vrijheid voor de leerlingen vasthouden. Laten we leerlingen meer vrijheid geven om naast de basisstof ook extra studie te maken. Zo krijgen ze zicht op eigen kunnen en kennen om beter hun mogelijkheden te verkennen, om beter te bepalen wat ze willen. Graag daarvoor ruimte.

Koot: De aansluiting tussen HAVO-HTS is slecht. Uit informatie van oudleerlingen en natuurkundeleraren aan de HTS maak ik op dat dit voornamelijk veroorzaakt wordt door een diskrepantie tussen de werkwijzen. Juist daar liggen veel problemen van de leerlingen. Daarover is contact gewenst.

Groen: Ik wil graag de opmerking van Vervoort ondersteunen. Ook ik zie liever een andere verhouding tussen de tijd besteed aan discussie en aan voordrachten.

v.d.Elst: Ik ben het ermee oneens. Ik kon juist naar deze konferentie om te leren hoe ze het praktisch S.O. inrichten op andere scholen om straks zelf aan het werk te kunnen gaan.

Een snelle opiniepeiling leert dat een zeer geringe meerderheid de nu gekozen verhouding tussen voordrachten en discussie verkiest boven het besteden van meer tijd aan discussie en rapportage over dit onderwerp.

v.d.Kooi: Wij hebben voor het keuze-onderwerp "Veranderlijke Stromen" een tekst ontworpen en zoeken scholen die dit met hun eindexamenleerlingen willen uitproberen. Willen de docenten die hiertoe bereid zijn zich met mij in verbinding stellen.

De konferentievoorzitter sluit de discussie met een samenvatting en dankt de aanwezigen voor hun bijdrage.

Hooymeyers besluit de konferentie met enkele opmerkingen:

1. Er bestaat bij de deelnemers aan de konferentie grote behoefte aan materiaal en ideeën voor het praktisch schoolonderzoek. Laten degenen die ervaring hebben zoveel mogelijk hun werk opsturen zodat dit in het eindverslag kan verschijnen. Dit om de afstand veld - veld te verkleinen.
2. Geld veroveren is mogelijk! Een aantal mensen heeft dit met succes geprobeerd. Laten zij hun werkwijze kort opschrijven, zodat ook dit in het eindverslag vermeld kan worden. Anderen kunnen daar profijt van hebben.

Verder dank ik u allen voor uw aanwezigheid. Ook dit jaar waren er meer belangstellenden dan plaatsen, zodat 100 mensen teleurgesteld moesten worden. De werkgroep overweegt om volgend jaar naar een nog weer groter konferentieoord uit te wijken. Noordwijkerhout biedt voldoende ruimte

Tenslotte dank ik sprekers, discussieleiders, informanten, rapporteurs, medeorganisatoren - speciaal Jenny en Giselle - en de konferentievoorzitter voor hun bijdrage.

GEMEENTELIJKE SCHOLENGEMEENSCHAP-ZUID

(Mavo-Havo-Atheneum)

Bornoostraat 16 Enschede

3.16. Bijlage bij de plenaire vergadering: kredietaanvraag

College van Burgemeester en
Wethouders van de gemeente
ENSCHUDE.

enmerk	uw brief van	ons kenmerk	tel.
werp		datum	1977.

Mijne Heren,

Het eindexamen natuurkunde voor HAVO en V.W.O. schrijft m.i.v. de cursus 1981/1982 verplicht voor het leerlingenpracticum in het schoolonderzoek natuurkunde te betrekken (zie A.V.O.'76-38).

De leerlingen die dan examen doen zitten in de komende cursus (1977/'78) reeds in de tweede klas. Zij dienen daarom in de komende jaren op dit onderdeel van het schoolonderzoek te worden voorbereid door zelf experimenten uit te voeren.

De natuurkunde-sectie is hierdoor gedwongen het huidige instrumentarium sterk uit te breiden.

Deze totale uitbreiding begroten wij op f ,-(zie bijlage)
Uit de begroting van de S.G.-zuid kan hiervoor de komende jaren f 8.000,- gereserveerd worden. Voor het resterende bedrag ad. f , - verzoeken we U de S.G. -zuid een extra krediet toe te kennen.

Hoogachtend,

rector.

Het extra krediet is toegekend. De bijlage is natuurlijk sterk aan de schoolsituatie gebonden;het leek me daarom niet zinvol deze mee te sturen.

Het betrof in eerste instantie tafelvoedingen,aangezien we geen centrale voedingskast hebben. Verder een aantal kleine scopen, stopwatches, statiefmateriaal,extra opstelling ter bepaling van h en idem voor de bepaling van e/m . Vervolgens allerlei klein materiaal voor leerlingenproeven. Totaalbedrag gevraagd van de gemeente €f 10.000, De exacte bedragen heb ik uit de brief geschraapt i.v.m. de openbaarheid die dit stuk nu krijgt,ik zou dan n.l. toestemming moeten vragen e.d., men zou formeel bezwaar kunnen maken enz.,terwijl het m.i. om de opzet van de brief gaat .
J.V.

3.17. Muurkrant:

*Instemming betuigen
door een streepje te
ZETTEN!*

1. Suggesties voor volgend jaar:

INTEGRATIE VAN VAKKEN III III I

Projectwerk :

LEERPROCES IN DE BOVENBOUW III

Hoe liefst de ll natuurkunde?
Hoe bereiken we verbetering bij zijn leerproces? III I

*samennemen:
leren en werk
onderwijsgedrag
hoort daarbij*

TAA...GERAT II. DE KLAS III

Alternatieven voor de huidige dogma's; ofwel:
'natuurkunde zonder onderwijsteunde'
(zijn doelstellingen, CITO en computers
wel nodig?) III III III

WAT DOET EEN "GEWONE" NATUURKUNDELEERAAR EIGENLYK ? III I
(Studie van de aanpassing van idealen aan de frustrerende werkelijkheid,
ofwel: een soort bijocholing didaktiek)

Keuzeproblematiek 3^e klas → 4^e klas II

Natuurkunde binnen de klas III I

2. Evaluatieve opmerkingen:

Huishoudelijk: Niet roken in eet- en vergaderzaal
Verbiedt het roken!

! het examen mag weer als doel opricht. genoemd worden.

3. Een flap:

Hoeveel tijd
kost het:
- de docent?
- de leerling?

We leiden overigens niet alleen
op voor de vervolgoopleidingen, maar
ook voor de toekomst v.d. samen-
leving. !