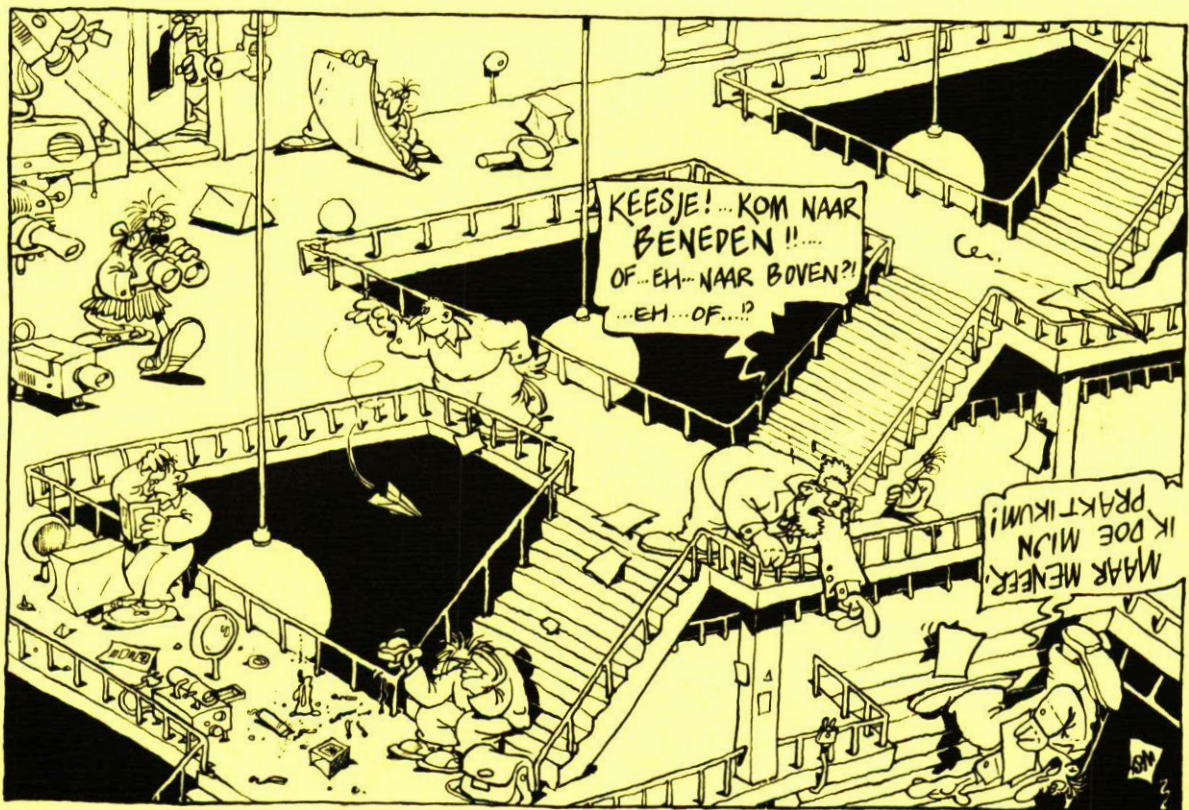


werkgroep natuurkunde didaktiek

zicht op licht



1985
'woudschoten'

WERKGROEP NATUURKUNDE-DIDACTIEK

Laboratorium voor Vaste Stof

Princetonplein 1

3584 CC Utrecht

Tel.: 030-531179

Bestuur:

voorzitter	Th. Wubbels
secretaris	I. Frederik
penningmeester	A.J.C.D. Holvast
leden	A.A.M. Agterberg
	J.W. Lackamp
	P. Verhagen
	R. v.d. Hoogen
	P.J. Wippoo

VOORWOORD

Veel leraren hebben het moeilijk tegenwoordig. Natuurkunde leraren ook. De spanningen in het beroep nemen toe: de arbeidsvreugde vaak niet. Dan is de verleiding groot je terug te trekken op het hoogst noodzakelijke. Om de didaktiek die elders uitgedroefd wordt maar te laten voor wat ze is. Heb je daar iets aan, morgen in de klas??? Laat konferenties voor natuurkunde leraren maar aan anderen over!

Gelukkig trekken natuurkunde leraren die konklusie niet. Integendeel: ons konferentiegebeuren is springlevend. Leraren blijven komen naar konferenties van de werkgroep Natuurkunde Didaktiek, al twintig jaar lang. Een reden tot feestvieren, een aanleiding voor een extra attentie voor de konferentiedeelnemers.

Ook ik heb het moeilijk. Dit verslag afmaken in vrije tijd viel me zwaar. Rust en vrije tijd blijken schaarse artikelen geworden te zijn. Daardoor ziet u dit verslag later dan ooit. Volgend jaar mag een ander weer eens. Ook de werkgroep heeft het moeilijk. De financiële afwikkeling van de laatste conferentie brengt problemen met zich mee. Problemen die hun schaduw vooruitwerpen op volgende konferenties.

Nochtans ploeteren wij door. Het is nog steeds de moeite waard konferenties te organiseren die zó in de smaak vallen bij de leden. Die een bron van inspiratie voor het natuurkunde onderwijs kunnen betekenen....

Graag dank ik allen die meewerkten aan de conferentie. het leiden van een werkgroep, het verzorgen van een lezing, het maken van een tentoonstellingsinzending vraagt bijna altijd extra inspanning in een richting die niet direkt in je taakomschrijving staat. Ook de organisatie van de conferentie, en de verslaggeving zijn extra klussen, die voor betrokkenen bovenop het gewone werk komen. Hartelijk dank, allen die meewerkten!

Tot in december,
namens de werkgroep Natuurkunde Didaktiek.

*Ineke
Frederik*

10 jaar



congres
organisatie

jenny andriese



Inhoud

Voorwoord	1
10 jaar congresorganisatie	2
Inhoud	3
Programma	4

Deel 1 : Lezingen

"Het optica-onderwijs in Nederland; in de laatste honderd jaar in vogelvlucht:	Drs. G.H. Frederik	9
"Licht in het oog van vlinders en andere insecten"	Dr. D.G. Stavenga	27
"Lasers en optische plaatssystemen"	Dr.Ir. J.J.M. Braat	31
"Hoe zien leerlingen licht?"	Dr. Th. Wubbels	37
"Holografie, kunst of kunstje?"	C. Vorselman	49

Deel 2 : Werkgroepen

1. 'Kijken' bij het praktisch schoolonderzoek: <i>Pietjan Wippo</i>	59
2. Leerlingenproeven met de C-64 in de bovenbouw: <i>Han oosting en Huub van Wunnik</i>	65
3. Smaakmakers 2: <i>Louis Mathot en Hubert Biezeveld</i>	67
4. Licht op fenomenen: <i>Henk Mulder</i>	69
5. Series korte videofragmenten: <i>W. Westera</i>	71
6. Beter uit je doppen kijken!!!: of je schrikt je lens bij de opticiën: <i>Henk de Vries</i>	72
7. Gaat licht te snel: <i>Rob Ceelen en Wijnand Walravensteyn</i>	74
8. Licht: zinnige gedachten? Weten Uw leerlingen de antwoorden op de vragen die U ze niet stelt?: <i>Dick Oorebeek en Jan Kaat</i>	75
9. Enkele bovenbouwproeven over fysische optica: <i>Willem Bustraan en Bob Landheer</i>	76
10. Experimenten voor de leerling: <i>Dick Coumou</i>	77
11. Drie demonstraties, een praktikum en wat diversissement: <i>J.M. Beltman en Th. Smits</i>	79
12. Werkgroep Examenprogramma Natuurkunde (WEN): <i>A. Snater en A.A.M. Agterberg</i>	80
13. Moeilijke sommen, een ramp voor de leerlingen of voor het onderwijs?: <i>K. Hooijman</i>	81
14. Fotograferen met kinderen. Fotografie als projectonderwijs: <i>A.Nuhn</i>	82
15. Een nieuwe poging: stroom - spanning - weerstand, zou het dan toch kunnen: <i>P. Licht</i>	83
16. Een nieuw boek belicht: DBK in de bovenbouw: <i>R. Knoppert en P. v. Meeuwen</i>	89
17. Computers voor gedifferentieerd onderwijs: <i>H. Botterweg</i>	92
18. Golf-deeltjes debatten over licht en kathodestrallen in de klas: <i>Ton van der Valk en Bram Tenhaeff</i>	93
19. Lichtverschijnselen in de atmosfeer: <i>Kees Floor en Fred van Toorn</i>	94
20. Licht in de techniek: lespakketten van het project Natuurkunde en Techniek: <i>M. de Vries</i>	96
21. Hoe start je licht: <i>P. Heijting en H. 't Hooft</i>	99
22. De Natuurkunde Olympiade: een uitdaging voor iedereen: <i>H. Jordens</i>	101
23. Wat ziet MENT in optica: <i>A. de Leeuw</i>	102
24. Onderbouw proefthema zintuigen: <i>B. van Beek</i>	111

Deel 3 : Markt

De markt	115
Evaluatie	133
Flappen	137
Deelnemerslijst	139



vrijdag 13 december 1985

- 13.30 - 14.40 Ontvangst deelnemers
14.40 - 14.50 Opening van de conferentie door de voorzitter van de Werkgroep Natuurkunde-Didactiek, Dr. Th. Wubbels
14.50 - 15.00 Informatie over de conferentie door de conferentievoorzitter, Drs. W.I.J. Zandstra (rector van de Chr. S.G. 'Revius' te Deventer).
15.00 - 15.50 Lezing "Het optica-onderwijs in Nederland in de laatste honderd jaar in vogelvlucht" door Drs. G.H. Frederik (voormalig natuurkunde-didacticus, Universiteit van Amsterdam)

Thee/binnenkomst laatkomers

- 16.20 - 17.10 Lezing "Licht in het oog van vlinders en andere insecten" door Dr. D.G. Stavenga (Rijksuniversiteit Groningen)
17.10 - 17.20 Informatie over markt en subgroepen

Aperatief

- 17.50 - 19.15 Diner
19.30 - 21.00 Subgroepen
vanaf 20.45 Markt
21.15 Bar open

zaterdag 14 december 1985

- 8.00 - 9.00 Ontbijt
9.00 - 9.50 Lezing "Lasers en optische plaatsystemen" door Dr. Ir. J.J.M. Braat (Philips Eindhoven)
9.50 - 10.40 Lezing "Hoe zien leerlingen licht?" door Dr. Th. Wubbels (Rijksuniversiteit te Utrecht)
Koffie
11.05 - 12.30 Subgroepen
Lunch
13.45 - 14.35 Lezing "Holografie, kunst of kunstje?" door C. Vorselman (hologrammenspecialist)
Thee
15.05 - 15.50 Demonstratieproeven onder het motto "Universitair natuurkunde-onderwijs, zo mogelijk ludiek" door Dr. H. Nauta (Rijksuniversiteit te Utrecht)
15.50 - 16.00 Sluiting



deel 1 : lezingen



DRS W. J. ZANDSTRA OPENINGSWOORD



Dames en Heren,

Een enkele korte kanttekening mijnerzijds vooraf:

- De werkgroep voor Natuurkunde Didactiek bestaat al vele jaren. Zij is al die jaren de verzamelpaats van de voorhoede van de natuurkunde-docenten geweest.

Zij heeft zeer vele belangrijke bijdragen geleverd aan de verbetering van het natuurkunde-onderwijs. Laten we dat zo houden. Laten we vooral ook van ons en onze ideeën laten horen in de media getrouw aan het devies van Faraday, "work, finish, publish".

- Het lijkt mij onvermijdelijk dat na de zeer ingrijpende wijzigingen in structuur, inhoud en bekostiging in het primair en in het tertiair onderwijs dat thans het secundaire onderwijs aan de beurt is. De discussie daarover lijkt in een fase gekomen te zijn waarin (politieke) knopen doorgehakt worden.

Dan is het onze gemeenschappelijke zorg dat het natuurkunde-onderwijs niet met de rafels blijft zitten.

Enerzijds is de positie van ons onderwijs sterk. Steeds grotere groepen leerlingen hebben onderwijs in de natuurkunde nodig, zodanig dat het maar door een percentage van de leerlingen uit de doelgroep te volgen is. Dat botst. Dit probleem is er één die vraagt om creatieve oplossingen van u en van de instellingen voor de onderwijs-verzorging. Uw bedrage is daarbij wellicht de belangrijkste.

- Het lijkt mij juist u te melden - voorzover u dit niet reeds wist - dat het PLON-projekt over 14 dagen stopt. Aan de start van dit projekt heb ik destijds nog een zeer kleine bijdrage mogen leveren.

Bij het einde van dit projekt wil ik graag, vanaf deze plaats, namens de leerlingen van mijn school wellicht ook van andere scholen, die met zoveel inzet het onderwijs dat door de PLON-medewerkers is uitgedacht en getest, verbeterd enz. danken voor hun creativiteit en doorzettingsvermogen.

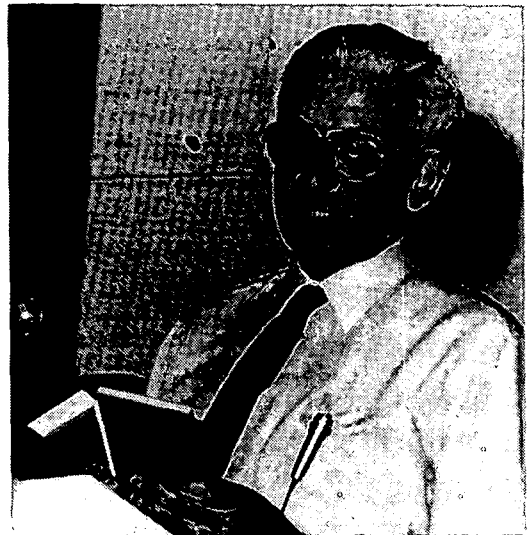
U mag deze medewerkers ook met uw applaus bedanken. (applaus).

- U ziet het al, ik ben deze twee dagen uw voorzitter; dank aan het bestuur van de werkgroep voor deze vererende uitnodiging daarvoor. Feitelijk als ik in het mij uitgereikte draaiboek kijk, waaronder het kopje "voorzitter" staat "gedisciplineerd gedrag is nodig" denk ik dat ik meer uw floormanager ben.

Dus gauw over naar het echte programma.

DRS G.H. FREDERIK

HET OPTICA-ONDERWIJS IN NEDERLAND; DE LAATSTE HONDERD JAAR IN VOEGELVLICHT



1. Inleiding

In het volgende wordt behalve aan het natuurkunde-onderwijs op onze middelbare scholen, ook enige aandacht geschonken aan de daaraan voorafgaande introductie, bestemd voor de leeftijdsgroep van 4-12 jarigen, de bevolking van de huidige basisschool. Deze draagt de naam "natuuronderwijs" en bestaat uit een elementaire inleiding in de natuurwetenschappen.

2. Twee soorten onderwijs in de natuurkunde voor leerlingen van de lagere school uit het midden van de vorige eeuw.

2.1 Ideeën van Steijn Parvé

In het midden van de vorige eeuw bestonden er in ons land al leerboeken, bestemd voor het natuurkunde-onderwijs in het lager- en het middelbaar-onderwijs. In die tijd schrok men van bladzijden vol dichtbedrukt niet terug en in de voorberichten werden de onderwijskundige ideeën van de auteurs in alle uitvoerigheid uiteen gezet. Slechts enkele fraaie hout- of kopergravures verlichten de compacte tekst.

We bespreken kort twee boekjes voor de lagere scholen bestemd die in hun uitgangspunten duidelijk verschillen en die allebei uit het midden van de vorige eeuw stammen. Ze hebben zich tientallen jaren in het onderwerp gehandhaafd.

Het eerste is de 9e druk uit 1881 van een werkje dat Dr. D.J. Steijn-Parvé reeds in 1856 schreef als bewerking van een boek voor de Duitse lagere school ("Physik in der Volksschule") van de hand van Dr. F.E.J. Crüger (4). In de "Voorrede voor den vierden druk" (uit 1860) schrijft de bewerker, na verontwaardigd vermeld te hebben dat hem ter ore kwam dat men in vele scholen "Crügers Natuurkunde" als leesboek gebruikt:

"Hoewel nu het gebruiken van een leesboek bij het onderwijs in de beginselen der natuurkennis wel niet het beste middel is om aan de leerlingen

grondige kennis mede te delen (...), zoo wil ik toch niet ontkennen, dat ook daardoor goede vruchten kunnen worden voortgebracht, mits men slechts zorg drage, dat men door eene levendige voordracht (...) datgene vergoede, wat door den vorm van het boek gemist wordt. Een leesboek verleidt zo lichtelijk tot voordoceren en napraten (...)."

Toch twijfelt hij eraan of leerlingen die alleen over natuurkunde gelezen hebben of er over hebben horen vertellen, zelf geneigd zijn waar te nemen en "uit het waargenomene gevolgtrekkingen af te leiden". En dat wil hij bereiken met zijn onderwijs. Daarom staan bij Steijn Parvé het doen van waarnemingen en de proefneming centraal.

Hij erkent niet graag te praten over formele doelen. Hij wil ze "toch ook niet geheel weggeredeneerd hebben; door eene gepaste verbinding van het formeele met het reële wordt doorgaan het doel het best bereikt."

Maar hoe moet men de aanschouwings- en waarnemingsvermogens ontwikkelen als er niets te horen, te zien of te voelen is? De verwijzing naar natuurverschijnselen schiet al te vaak zijn doel voorbij, omdat deze meestal te samengesteld zijn, om door de leerlingen te worden begrepen. "Wil men ze voor de leerlingen begrijpelijk maken, dan moet men ze ontdoen van alles wat niet tot het hoofdverschijnsel behoort." Een waarneming wordt daarom vervangen door een proefneming. Hij waarschuwt voor te veel proeven "met blinkende en kostbare toestellen". Gebruik liever het eerste het beste werktuig dat zich "onder de hand bevindt" en vertoon verschijnselen waarbij niet meer valt op te merken "dan wat men eruit wil doen afleiden". Het einddoel is altijd een 'algemene wet'.

Steijn Parvé beveelt de beschreven onderwijsvorm dringend aan en zegt, wel wetend welke weerstanden deze werkvorm bij de onderwijzers opwekt, die gewend zijn aan doceren:

"Ja, zeker is het (voor de onderwijzer) gemakkelijker zijn leerlingen wat te laten lezen uit een of ander leesboek en daarover wat met hen te praten, desnoods er nog wat bij te vertellen; maar voor een dergelijke onderwijzer zal de andere methode niet zo veel moeite veroorzaken (...).

Als de jongens (!) wat zien, en daarover met den onderwijzer (...) mogen praten (...) dan verkrijgt het onderwijs een levendigheid en eene frischheid, die een voordocerend onderwijzer daaraan nimmer zal kunnen geven (...)."

2.2 Een leesboek over natuurkunde

Bestaan er in die tijd leesboeken die de rol van leerboeken moeten vervullen? Hier is er één: "Beginselen der Natuurkunde, door T. Knuijvers en wijlen J.E. Helge" (15). De 7e herziene druk is van 1875. De ondertitel luidt: Een leesboek voor de hoogste klassen der volksscholen. En ook deze auteurs onthalen ons op een beginselverklaring. Blijkbaar vonden ze hun werkvorm niet iets om zich over te schamen. Integendeel, omstandig en vol overtuiging schenken ze de lezers hun ideeën in het "Bericht voor den eersten druk":

- "Wij meenden (...) ons onderwijs op aanschouwing te moeten doen rusten. Maar die aanschouwing hoeft juist niet altijd in het zien van proeven te bestaan; want behalve de zinnelijke aanschouwing bestaat er ook een verstandelijke; want wat men met het oog des geestes ziet, is meer waard dan wat met het lichamelijk oog waargenomen wordt."

Knuijvers is blijkbaar een platonist: de diepste werkelijkheid is in de idee belichaamd.

- "Het nemen van vele proeven zal op de lagere school wel steeds met vele bezwaren vergezeld gaan, terwijl wij tevens betwijfelen of het ook vol-

- strekt nodig is om langs die weg het beoogde doel te bereiken.
- Voor de lagere school moet de natuurkunde de wetenschap van 't dagelijksch leven zijn.
 - Alles wat de leerling bij ervaring weet, hoeft hem niet door proeven getoond te worden.
 - Zooals verder blijkt, zijn in dit werkje geen gravures gevoegd. In een leerboek mogen ze noodig zijn, in een leesboek voor de volksscholen niet."
- Wandplaten (die helaas te duur zijn) en een tekening op het bord die zonnodig iets kunnen ophelderen, vinden de schrijvers wel nuttig.
- Toch heeft, ik moet het met enige spijt bekennen, hun wat breedspakige uitlegkunde, soms zijn bekoring. Zie bijv. paragraaf 10 over het licht en de terugkaatsing, waarin enkele opmerkingen over het zien gemaakt worden waaraan haastiger auteurs zich kunnen spiegelen.

2.3 Welke onderwerpen worden geschikt geacht voor de lagere school?

We zullen ons tot de optica beperken, zoals die in beide boekjes gepresenteerd wordt. Opvallend is dat bijna alles met het voor ieder beschikbare instrumentarium, zijn zintuigen, wordt waargenomen. De optica begint met een paragraaf getiteld: 'De zonnestrallen als bron van warmte' (par. 28). Hierin treft men de wonderlijke zin aan: "Dauw, regen, sneeuw en hagel, in het algemeen de waterige luchtverschijnselen vinden plaats, als de warmte geringer wordt. Die warmte hebben we te danken aan de stralen (...) van de zon". Wat wij hogere of lagere temperatuur noemen wordt consequent omschreven als "meer of minder warmte." Als detector wordt de hand gebruikt. Besproken wordt de invloed van de richting van het licht en de normaal op het oppervlak van de kant op de warmte "Hoe schuiner des te minder". En dan volgt een reeks hiermee samenhangende waarnemingen, zoals het smelten van sneeuw op de daken waar de zonnestrallen loodrecht vallen, een uitleg van de seizoenen waarbij verondersteld wordt dat bekend is dat 's zomers de zon langer schijnt en hoger aan de hemel staan dan 's winters. Met een bal die de zon en het tafelblad dat het aardoppervlak voorstelt wordt de zomerse en de winterse dagboog van de zon nagebootst "Geeft men er acht op, waar de zon op den middag van beide dagen staat, dan volgt daaruit terstond dat zij ons op den middag van een zomerdag hare stralen van een hoger standpunt en meer loodrecht toezendt, enz." Opvallend is dat er onbevangen over "zonnestrallen" gesproken wordt. Dit woord duidt kennelijk iets aan dat ieder wordt geacht te kennen, zodat er met dezelfde vrijmoedigheid over een kaars, de zon en de zonnestrallen wordt gesproken.

Welke optische onderwerpen acht Steijn Parvé geschikt voor leerlingen van de volksschool?

Hij begint met een beschrijving van het "brandglas", en verduidelijkt de werking aldus:

"De verschillende, naast elkaar voortgaande zonnestrallen komen in verschillende naast elkaar gelegen punten". En dat is jammer, "want zouden ze in één punt samenkomen, dan versterkten ze elkaars verwarmende kracht. Dat nu doet een brandglas voor ons". En dan komt een proef: "Richt het brandglas rechthoekig tegen de zonnestrallen en dicht daar achter een stuk zwart papier. Men ziet dan een heldere kring." Verwijdert men het papier steeds verder, dan wordt die kring "klaarblijkelijk" steeds kleiner en het glas vertoont dus de eigenschap van de invallende zonnestrallen in eene kleine ruimte samen te brengen". Daardoor "moet de warmte grooter zijn." Enz.

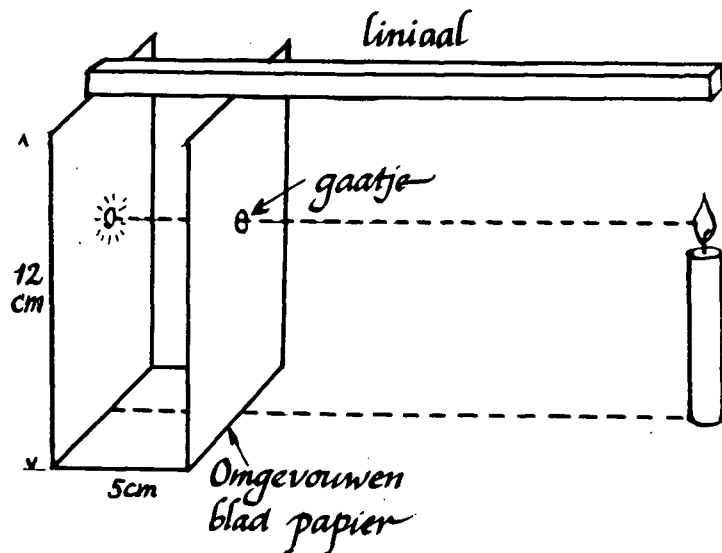
Het aardige van dit proza is de frisheid en onbevangenheid ervan. De taal waarin over de fysische verschijnselen gesproken wordt is nog niet gestandaardiseerd. Men moet nog zoeken naar woorden uit de spreektaal als voertuig van de gedachten.

De rechtlijnige voortplanting van het licht wordt niet beschouwd als een veronderstelling, maar hij wordt aannemelijk gemaakt door een suggestieve redenering, die bij de ervaringen zojuist met het brandglas opgedaan aansluit.

"Welke weg", zo wordt gevraagd "zou de straal nemen die van de zon (...) uitgaat, als geen brandglas de vereeniging met andere lichtstralen bewerkt." terwijl de term "bundel van lichtstralen" de aanduiding van een waar te nemen verschijnsel was, wordt nu gesuggereerd dat "één enkele lichtstraal" ook iets aanduidt dat waarneembaar is.

Hier helpt de taal via de term "bundel" de gevolgtrekking uit lokken dat wat een verzameling genoemd wordt dus elementen moet hebben.

Hier volgt de manier waarop de rechtlijnige voortplanting van licht wordt



aangetoond. In een tweemaal omgevouwen blad stijf wit papier (zie figuur) prikt men een gaatje ter grootte van een speldeknop. Een kaarsvlam zendt stralen uit die door het gaatje tot aan de achterwand doordringen.

"Houdt men een liniaal boven de opening van den voorwand en geeft men daaraan de richting naar de vlam toe, dan zal de verlichte plaats "in dezelfde rechte lijn, aan denzelfden kant van het liniaal liggen."

Daarna draait men het papier, waardoor het lichtvlekje beweegt. Steeds kan met "het liniaal" aantonen, dat de stralen van de vlam vanaf de opening tot de achterwand "een rechten weg volgen."

Steyn-Parvé's proef om de rechtlijnige voortplanting van licht aan te tonen.

Uit: De Natuurkunde voor het Onderwijs in Lagere Scholen door Dr. F.E.J. Crüger, bewerkt door Dr. D.J. Steyn Parvé 9^e druk. Groningen 1881.

Het probleem hoe men "rechte" linealen maakt of hoe men de rechtheid ervan controleert blijft onbesproken. Dit type proeven zijn ter instructie van een voorlopige begripsoriëntatie bedacht en verdragen een analyse slecht. Tot diezelfde type van waarnemingen behoren de "verwante verschijnselen":

"Niet zelden vallen enkele zonnestrallen in eene donkere kamer, of in eene kamer, waarin veel stof is, en wij zien duidelijk, dat zij ene rechte richting hebben." En dan volgt een

WET: De weg, dien het licht beschrijft is steeds eene rechte lijn.

Waarom kunnen wij door ene kromme buis niets zien? Als we tussen ons oog en de vlam een boek houden, en daardoor aan het licht de rechte weg versperren, wordt deze voor ons verborgen."

Volgt een paragraaf getiteld: "De schaduw, haar vorm en hare richting" waarin o.a. als toepassing genoemd wordt hoe uit de richting van de schaduw van een stok 's ochtends, 's middags en 's avonds de W-, de N- en de O-richting te vinden. En dan houdt opeens de behandeling van de optica op.

Er wordt afgeweken van de systematische behandeling; de op elkaar volgende paragrafen hangen samen binnen het kader van praktische vragen als: hoe men de windrichting kan bepalen of wat er allemaal kan terugkaatsen (een bal, geluid en natuurlijk lichtstralen).

De zonnestrallen als bron van warmte
Het brandglas
De rechtlijnige voortplanting van het licht
De schaduw, haar vormen en hare richting
De terugkaatsingen van het licht in de schemering
De vlakke spiegel
De breking der lichtstralen
Het bolgeslepen brilleglas
Het holgeslepen brilleglas
De optica (apparaat met een enkele pos.lens en een spiegel om plaatsjes te bekijken).

De optica (apparaat met een enkele postieve lens en een spiegel om plaatjes te bekijken).
De beelden in eene donkere ruimte (de camera obscura)
De donkere kamer en de lichtbeelden (camera obscura met lens)
Het microscoop
De verrekijker
De kleuren
De regenboog
Het avondrood en het hemelsblauw

Lijst van onderwerpen uit de optica die door Steijn Parvé geschikt worden geacht voor de behandeling op lagere scholen. De lijst van Knuiuers en Helge wijkt hiervan weinig af.

We besluiten met een samenvatting van Steijn Parvé's opvattingen over onderwijs in de natuurkunde op de lagere school, zoals die in 1860 geformuleerd werden in zijn voorrede voor de 4e druk.

- *Wat moet het sluitstuk van de demonstratie van een verschijnsel en een bespreking daarvan zijn?* *Het inzicht in een goed geformuleerde, algemene wet?*

- *Wat is de rol van het boek?* *Een herinnering aan een doorleefde les!*

- *Hoever wiskunde is er nodig om de ingang tot de natuurkundige verschijnselen te vinden?* *Probeer het voor jonge leerlingen zonder wiskunde te doen...*

- *Wat hebben onderwijzers nodig als voorbereiding op hun taak?* *Wél: oefening in het doen van experimenten.
Niet: het aanhooren van de zonneloze toespraak over natuurkunde-onderwijs.*

3. De wiskundige beschrijving krijgt een steeds belangrijker rol in de Nederlandse schoolboeken voor het middelbaar onderwijs. Sterke Duitse invloed.

Werpen we nu een vluchtige blik in enkele natuurkundeboeken voor het middelbaar onderwijs om tot een globale karakterisering te komen. Ze zijn duidelijk geïnspireerd op die van onze oosterburen. Er wordt aanvankelijk vertaald en bewerkt, zoals Steijn Parvé dat deed met Crüger's boekje voor het lager onderwijs.

Zo verschijnt er in 1852 het "Handboek der Physica en der Meteorologie" van Prof.dr.J.Muller vertaald door Dr.F.Riendershoff, officier van Gezondheid, 2e klasse (23). Müller zelf had het "Leerboek der Natuurkunde" van Pouillet bewerkt, een bewerking die onder de naam Muller-Pouillet grote bekendheid kreeg. Müller was leraar aan een Gymnasium geweest en schreef later een boek voor Gymnasia en Handwerkscholen". Het is dit boek dat vertaald werd ten behoeve van de nederlandse scholen.

Hierin vinden we een vrijwel volledige lijst van de onderwerpen die in onze leerboeken omstreeks het eerste kwart van de 20e eeuw behandeld werden.

De behandeling van lenzen en spiegels laat ons zien dat er in die tijd een voorkeur bestaat voor de geometrie. Liever constructies dan berekeningen! De holle lens wordt slechts kort behandeld, omdat hij een rol speelt bij de Hollandse kijker. Eveneens vinden we een beknopte behandeling van de proeven van Newton, waarbij de wet van Snellius wel en zijn naam niet genoemd wordt.

Lensfouten en vooral het probleem van de achromatische lenzen genieten de belangstelling die een hoogst belangrijk maar nog onopgelost technisch probleem toekomt. Aan het oog en enkele van zijn fouten wordt veel aandacht besteed en aan het zien een aparte paragraaf gewijd, waarin de auteur worstelt met de uitleg van wat er met het netvliesbeeld gebeuren moet in onze hersens om tot een waarneming van de buitenwereld te komen.

Maar terwijl de lezer gespaard wordt voor veel wiskunde, wordt hij geacht een genuanceerd en volwassen taalgebruik te kunnen begrijpen. Enkele interferentieverschijnselen worden gebruikt om de "vibratie-theorie" van Huygens te laten zegevieren over de "emanatie-theorie" van Newton. Nergens is een formule te vinden van een harmonische beweging of van een lopende golf en toch ziet de schrijver kans een beschrijving van beide verschijnselen te geven en een golfuitbreiding te schetsen door vergelijking met watergolven. Ja, zelfs de interferentie en buiging (erg globaal!), kleuren van dunne plaatsjes en de ringen van Newton worden kwalitatief verklaard. Polarisatie besluit dit hoofdstuk.

In twee nu te bespreken boeken uit het laatste kwart van de 19e eeuw is een poging gedaan om de wiskunde een grotere rol toe te kennen. Horn en De Gast schrijven in 1888 een Leerboek der Natuurkunde (11) waarin ze in de "Voorrede" meedelen een andere (dan de systematische) rangschikking der leerstof gekozen te hebben op didaktische gronden. Terwijl men vroeger met de mechanica begon, lijkt het de auteurs beter om met die onderwerpen te beginnen die "beter beklijven" (zoals de wet van Archimedes, de barometer, pompen, de thermometer, enz.). De onderwerpen waarvoor meer wiskundige kennis vereist is worden naar later verschoven.

De leer van het licht wordt het allerlaatst behandeld en er wordt weinig in gerekend. In kleine letter wordt de formule voor de holle spiegel afgeleid en de formule voor de vergroting. Ook hier vinden we een voorkeur om met tekeningen en schema's te werken. Een citaat:

"Van de gang der lichtstralen in eene lens kan men zich rekenschap geven en door berekening en door constructie (...). Wij zullen ons alleen tot de constructie en enkele proefnemingen bepalen bij een bicomvexe lens, welker oppervlakken denzelfden kromtestraal hebben."

Als toepassingen: de regenboog, diverse soorten kijkers, de stereoscoop, "de camera obscura voor fotografie" en het menselijk oog.

De invloed van de Duitse didaktiek vinden we terug in "leerboek der Natuurkunde" door Dr.H.Brongersma, dat uitgegeven is als de 6e druk van het leerboek van de ons reeds bekende Dr.D.J.Steijn Parvé (3).

Voor ons ligt het vierde stuk, een fiks boek met 272 dichtbedrukte bladzijden en 144 "houtsneefiguren" (verschenen te Amsterdam, in 1900). Opvallend is dat de afstand tussen schoolnatuurkunde en wetenschap klein gevonden wordt.

De proeven van Hertz worden al besproken in dit schoolboek.

Intussen zien we dat het probleem van het achromatische lenzenstelsel dat bij Muller-Riendershoff nog onopgelost was, nu doorgerekend kan worden. Het zal nog tientallen jaren tot de standaardstof behoren. Ook de afleiding van de lenzenformule via twee achtereenvolgende brekingen op holle of bolle oppervlakken verschijnt in volle omvang. Een discussie over tekenafspraken is nodig om de lenzenformule over alle typen enkelvoudige lenzen geldig te doen zijn. Ook de plaats van het optische middelpunt bij hol-bolle en bol-holle lenzen is een zorgelijke kwestie.

Nog steeds is er oprechte belangstelling voor de camera-obscura, voorzien van een lens en een spiegel, waarvoor een tekenaar, zij het dat hij genoeg moet nemen met een links-rechts verwisseling, het landschap foutloos kan natekenen. Het is de ons bekende "optica" van Steijn Parvé, waarvan een moderne versie in ons onderwijs nog steeds een rol speelt. Zie b.v. "Zien bewegen" van PLON, pag. 81 (29).

Maar de wiskunde wint het definitief van de kwalitatieve uitlegkunst: de vergroting van het microscoop, het gezichtsveld, het oculair van Huygens (met een duidelijker uitleg waarom de kleurschifting erdoor verminderd wordt), de oogring, enz. worden grondig besproken.

De bespreking van optische instrumenten, inclusief het oog wordt gevolgd door spectraalanalyse, kleuren van lichamen, reflexie en absorptie, de wet van Kirchhoff, Fraunhofer-lijnen, aberratie van het licht, lichtsnelheidsmetingen en de interferentie, geen buiging, maar wel grote aandacht voor de beginselen van de kristaloptica en de polarisatie van licht.

De optica is een fijn vertakt onderwerp geworden, waarin vooral het geometrische deel van een groot aantal toepassingen rekenschap kan geven en het fysische deel de nog niet of nauwelijks tot toepassingen leidende, wetenschappelijke vondsten behandelt.

4. Lorentz en zijn invloed op het nederlandse leerboek.

Met de verschijning van de twee delen van Lorentz' "Beginselen der Natuurkunde" (19) uit het laatste decennium van de vorige eeuw wordt er een zeer invloedrijke bijdrage aan de didactiek geleverd. Het is een klassiek boek en het grote voorbeeld voor een hele generatie van leerboeken tot 1928. Lorentz behandelt in het elfde hoofdstuk de "terugkaatsing en breking van het licht." Hij valt met de deur in huis:

"In een homogene stof plant het licht zich altijd (!)
volgens rechte lijnen voort, die wij in 't vervolg
"lichtstralen" zullen noemen."

Hij zet uiteen dat lichtstralen niet afzonderlijk voorkomen: "men heeft altijd met bundels van een groot aantal lichtstralen te doen", beschrijft dan de drie soorten homocentrische bundels, deelt de spiegelwetten mee, leidt daaruit de relatie tussen voorwerp en beeld bij de vlakke spiegel af, legt nadruk op de omkeerbaarheid van de lichtgang en bespreekt virtuele en reële beelden.

Helder, korrekt, maar bijna zonder een direkte verwijzing naar waarnemingen of experimenten. Die wereld wordt bekend verondersteld en wat er verteld wordt brengt daarin structuur. Maar van hoeveel subtiliteiten in die theoretische wereld laat Lorentz ons genieten! Hij gebruikt de wiskunde, als het niet anders kan, en dan zo aanschouwelijk mogelijk.

Maar alle afbeeldingen zijn schema's; als ze al iets te maken hebben met echte spiegels of lenzen, dan zijn het geometrische abstracties daarvan.

Tegen deze manier van uitleggen is weinig bezwaar in te brengen indien de doelgroep uit studenten bestaat die op een lager niveau kennis gemaakt hebben met dezelfde onderwerpen. Gebruikt men deze stijl voor een eerste kennismaking met de stof, dan ontbreekt er iets. Onder andere een (rustige) experimentele exploratie en het spreken hierover, zodat de samenhang tussen verschijnselen en de taal waarin erover gesproken kan worden voor de lerende duidelijk wordt.

Zo wordt de rechtlijnige voortplanting van het licht als een feit meegedeeld, over de status van "lichtstralen" blijft de lezer in onzekerheid, evenals over de realiteit van "lichtende punten", die onbekommerde licht naar alle kanten uitzenden.

We zullen zien hoe uit het onderwijs zelf pogingen werden gedaan om de didaktische tekortkomingen van dit type van leerstof-presentatie te verbeteren (zie 5).

Men kan zich voorstellen dat deze "leerboek-presentatie" één van de oorzaken is dat de stof niet geassimileerd wordt en de "straatoptica" een taai leven leidt.

In 1953 schrijft Toulmin (35) voor filosofiestudenten een boekje over de filosofie van de Natuurwetenschappen. Daarin gaat hij uit van een stukje bekende, eenvoudige natuurkunde, de geometrische optica en daaraan laat zien dat wat door sommige filosofen als belangrijke begrippen verkocht worden, zoals inductie en causaliteit, voor praktiserende fisici misschien niet oninteressant zijn, maar weinig te maken hebben met hun dagelijks werk.

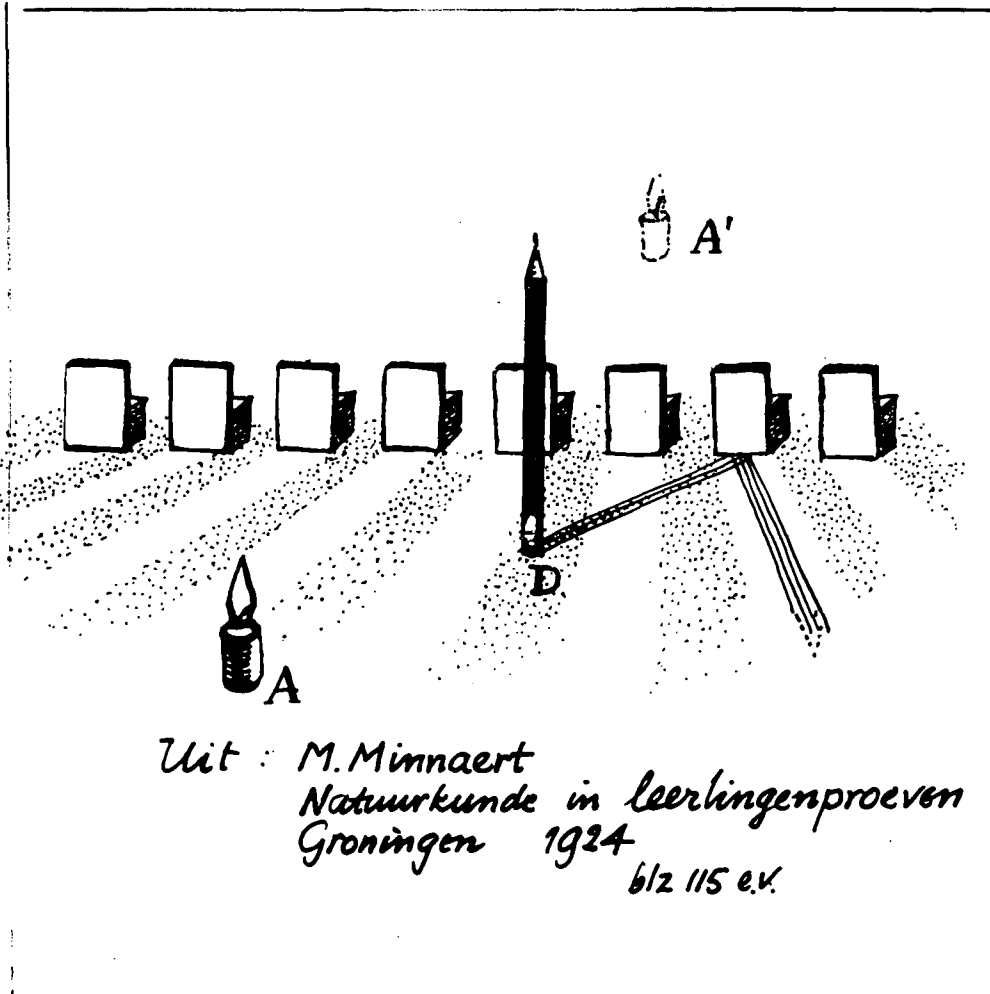
Hij (Toulmin) ergert zich aan het taalgebruik van bekende popularisatoren als Eddington en Jeans, omdat deze ons begrippen en modellen uitleggen, die uit de theorie afkomstig zijn, maar nalaten te vertellen wat deze moeten verklaren. De introductie van een nieuwe theorie gaat altijd gepaard met een "language shift". Bekende termen uit de omgangstaal gaan iets anders betekenen. Een van de uitgangspunten van de 19e-eeuwse didaktici is hun ijver om door zo veel mogelijk de omgangstaal te gebruiken, te laten weten waarom sommige woorden een nieuwe betekenis krijgen en wat de winst daarvan is. Het belangrijkste in het leerproces is, niet zozeer de kennismaking met onbekende verschijnselen als wel het assimileren van een nieuwe visie op de dingen die we al kennen.

Zie b.v. (5) waarin gesproken wordt over "imaginative inventions". Hierbij wordt de omgangstaal onmisbaar geacht bij de introductie daarvan.

In zijn boek bespreekt Toulmin wel de status is van de termen "lichtstraal" en "lichtende punt", de (beperkte) geldigheid van de reflexie- en de brekingswet en de nieuwe manier om conclusies te trekken, uitgaande van de rechtlijnige voortplanting van het licht. In een nederlandse practikumhandleiding (7b) is gepoogd met deze gezichtspunten rekening te houden.

manier vereist sterke lichtbronnen. In het tweede geval houd je het oog zelf in de stralengang; het is dan veel moeilijker om zich uit het waargenomene voor te stellen hoe de stralen gelopen zijn; maar de waarneming is scherper en kan beter tot meten gebruikt worden."

Hij ervaart dat, als de reflectiewet ontdekt voor zijn jeugdige leerlingen het verband met het spiegelbeeld alles behalve duidelijk is. En doet dan de volgende fraaie proef (zie figuur). De tekst is een verkorte versie van de oorspronkelijke.



"Ik heb op de tafel een groot vel wit papier uitgespreid; daarop plaats ik een brandend eindje kaars A. Komt mij nu allen Uw spiegelkje brengen." Alle spiegelkjes plaats ik op een rijtje langs een potloodlijn, maar met kleine ruimten daartussen. Ieder spiegelkje werpt een lichtstreep op papier en al die strepen schijnen uit A' te komen, vrijwel tegenover de kaars, "wat voor een punt zou dat zijn? O, als je in de spiegelkjes kijkt zie je 't: het is het spiegelbeeld van de kaarsvlam die daar staat! Wat is dat: een spiegelbeeld? Iets en niets. Het is geen ding je kunt het niet beetpakken. Het zendt ook geen stralen uit; als ik een blad papier achter de spiegels houd, blijven alle bundels onveranderd zichtbaar; maar als ik een potlood in D houd, verschijnt een zwarte streep die de ware loop der lichtstralen aanwijst; wijs die aan; komt hij overeen met de wet over terugkaatsing"? Enz.

In de twintiger jaren werd ook in ons land al op diverse middelbare scholen met leerlingenproeven gewerkt. Meestal pas in de hogere klassen, als toepassing van het geleerde. Soms in gelijk front maar vaker waren het proeven in enkelvoud die met de fraaie door de Duitse leermiddelenindustrie geleverde demonstratie-apparatuur werden ingevoerd, zodat geen overleg tussen leerlingen, waar Minnaert zoveel van verwachtte, plaats kon vinden. Oorspronkelijk werd in de Duitse reform-beweging ook van de gedachte uitgegaan dat echte experimenten slechts aan de oudere leerlingen toevertrouwd mochten worden; deze waren een toepassing van het geleerde. Spoedig echter kwam men tot het inzicht, dat juist de eerste kennismaking met de natuurkunde de steun van praktisch werk het meest nodig had.

6. De ontwikkelingen tussen 1928 en het einde van de oorlog.

6.1 Het natuurkundepracticum en de commissie Reindersma.

In het rapport van de commissie Fokker (1928), een commissie die ingesteld was door de Nederlandse Natuurkundige Vereniging, werd de invoering van het natuurkundig practicum bepleit (32). Omdat er een grote vraag bestond naar bruikbaar en goedkoop practicummateriaal, werd een commissie, onder voorzitterschap van W. Reindersma benoemd met de opdracht dat te ontwerpen. Reindersma had samen met Van Lohuizen reeds in 1929 een leerboek gepubliceerd, waarin leerlingenproeven een essentieel onderdeel van de behandeling vormden (33).

De commissie was sterk samengesteld. Hij bestond behalve uit de voorzitter, directeur van het Nederlands Lyceum te den Haag, uit de secretaris Dr. H.A.C. Denier van der Gon (leraar aan de 5e H.B.S. in dezelfde stad), uit de beide Utrechtse Universitaire fysici Dr. H.C. Burger en Dr. M. Minnaert en Prof.dr. F. Zernike uit Groningen.

De opvattingen van de commissie worden in de voorrede van het eerste deel van hun rapport, getiteld: "Natuurkundige proeven voor leerlingen" (25) vermeld:

"De proeven dienen de pijlers te zijn waarop het onderwijs steunt." Dat bracht met zich mee dat zij het midden dienen te houden tussen te gemakkelijke (qualitatieve) proeven die bij de leerlingen in "Spielerei" en verveling ontaarden, en de moeilijke die het bezwaar opleveren dat zij te veel vergen en dus een zekere aversie kunnen opwekken. Voor elk belangrijk onderdeel van de natuurkunde moet tenminste een sterk sprekende proef aanwezig zijn!

Deel I bevat een beschrijving van 60 proeven, zodat de leraar een keuze kan doen van bijvoorbeeld een veertigtal proeven over het gehele gebied verdeeld. De meeste proeven zijn door leerlingen van het Nederlands Lyceum uitgevoerd "in gleicher Front". Overigens had deze school reeds ongeveer 25 jaar ervaring met deze werkwijze opgedaan.

Uit het korte literatuurlijstje blijkt op blz 21 blijkt de invloed van de duitse didaktiek op het onderwijs in ons land en een beginnende inspiratie vanuit de Engelse hoek.

In juli 1937 verscheen het tweede deel.

Nu zijn de proeven getoetst en grotendeels ingevoerd aan de 5e HBS te Den Haag (directeur Dr. W.F. de Groot) voor Denier van der Gon.

Van de ver over de honderd beschreven proeven gaan er 18% over optica - en niet alléén over geometrische optica.

6.2 De tijd lijkt nog niet rijp voor het leerlingpracticum.

De beide delen van de Commissie Reindersma, hoeveel bewondering ze ook oogsten, hadden een groot bezwaar: ze ontmoedigden de leraar die zich gesteld zag voor de problemen van de constructie van de apparatuur, het opbergen en schoonhouden ervan (in 10-15-voud!), de regie van een in ons onderwijs vrij onbekende werkvorm, de correctie van de verslagen en de didactische verwerking van de opgedane ervaringen van zijn leerlingen.

Daar komt nog bij dat veel van de opdrachten, hoe elegant en aantrekkelijk vaak, alleen besteed zijn aan de begaafde leerling. De beschrijvingen dragen de last van een overvloed aan briljante ideeën, die het lezen ervan voor een volwassen fysicus tot een genoegen maken. Doen de directe bruikbaarheid in het onderwijs bijna negatief beïnvloeden.

Na de oorlog werden een aantal hinderpalen die de praktische realisatie van het leerlingpracticum in de weg stonden verwijderd. De bouw van lespracticumllokalen werd mogelijk, de inspanningen van de leermiddelenindustrie namen toe en de scholen kregen financieel wat meer ruimte.

6.3 De korte periode na de oorlog tot 1954.

Na de oorlog herleefden de idealen die voor de oorlog in progressieve kringen heersten. Dat betekende in de eerste plaats een doorbraak van de practicum-gedachte. Maar daarnaast bestond er nog steeds het streven de snel groter wordende kloof tussen wetenschap en schoolnatuurkunde te verkleinen en nadruk te leggen op de grote theorieën. Als men deze idealen wilde realiseren, moest de stofomvang van de tot dusver behandelde onderwerpen drastisch besnoeid worden.

In 1955 schrijft Karl Hahn (10):

"Die Geometrische Optik ist für den systematische Aufbau des physikalischen Systems unwesentlich."

Waarin bestaat dan volgens hem de waarde voor het onderwijs van dit hoofdstuk?

"Die praktische Bedeutung des Lichts als physikalische Erscheinung liegt in den optischen Bildern, nach denen wir uns orientieren, und in den Farben."

Dat wij mensen vooral via ons gezichtszin informatie over onze omgeving krijgen, is een argument om juist bij jonge leerlingen (basisonderwijs en eerste ronde) aandacht te schenken aan beeldvorming, kleuren en de werking van het oog, zoals betrekkelijk eenvoudig en begrijpelijk in de klassieke geometrische optica in het onderwijs gerealiseerd kan worden.

Ook bij het mulo-onderwijs dat zich tot dan toe praktisch onbeïnvloed van het middelbaar onderwijs ontwikkeld had, ontstond een kalme revolutie, die gestalte kreeg in de z.g. "Utrechtse mulo-cursus". Sinds 1947 werd daar aan in ruim 20 jaar enkele honderden onderwijzers in de drie exacte vakken, een twee-jarige opleiding op de vrije zaterdag gegeven. De gevolgde werkwijze was geïnspireerd door de idealen van Minnaert: de behandeling vond plaats op basis van zelfgedane experimenten en in de verwerking (de verslagen) moest aandacht gegeven worden aan de verwevenheid van proef en theorie.

Een idee van de manier van werken op deze cursus is misschien op te doen door de lectuur van boekjes met proefbeschrijvingen (7a) behorend bij een voor de MULO ontworpen practicum-apparatuur. Vermeldenswaard is dat in de 50-er jaren het aantal lespracticumlokaalen in nieuw gebouwde MULO-scholen sterk toenam.

7. De periode tussen 1954 en 1974.

7.1 Een nieuwe ordening van de te examineren leerstof.

In Faraday 23 (93-100) verscheen "Een voorstel voor de lijst van onderwerpen voor het eindexamen Natuurkunde HBS-B", die in 1954 gevolgd wordt door de Eindexamenlijst Natuurkunde (Faraday 23 (143-150), die voor vele jaren (tot 1978) voor een zekere rust in het onderwijs zorgde, doordat het einddoel min of meer omschreven werd.

Deze activiteiten waren het gevolg van het rapport van de

"Commissie inzake het Natuurkunde-onderwijs op de HBS-B (30) onder voorzitterschap van Dr. A. Houdijk, waarin o.a. Prof. Minnaert en Dr. Krans zitting hadden. Hierin wordt o.a. geadviseerd tot het tweeronden systeem op de HBS-B, die naar verwachting zesjarig zou worden. Men achtte leerlingenproeven onontbeerlijk. Men oordeelde verder dat een echte leraarsopleiding tot een onderwijsbevoegdheid zou moeten leiden.

Voor ons onderwerp heeft de ordening in groepen tot gevolg dat stukken van de traditionele leerstof in de groepen terecht kwamen en alleen geëxamineerd mochten worden, als de betreffende groepen aangewezen werden. Dit lot troffen onderwerpen als schaduwvorming, spiegelende en diffuse terugkaatsing, de wetten van Snellius, kleuren en filters, het oog, optische apparaten, de bepaling van lichtsnelheid en polarisatie.

Toch ziet men in de leerboeken praktisch weinig veranderingen in de behandeling van de optica. Een voordeel van de lijst is dat er ruimte komt voor de didaktische bewerking van nieuwe stukken natuurkunde.

Deze "druk op het onderwijs" komt van binnen uit. De maatschappij stelt geen andere eisen dan dat het onderwijs bruikbare mensen aflevert om de door de oorlog vastgelopen machinerie weer op gang te brengen.

Er ontstaan series leerboeken die de nieuwe ordening toepassen waarbij zeer invloedrijke zoals de boeken van de tandems Krans en Vrij (17), Schweers en Van Vianen (34) en Zweers en Lignac (39). Krans en Vrij waren de eerste auteurs die met succes de kloof tussen school en wetenschap verkleinden. Dat heeft Krans, als leider van de Utrechtse leraarsopleiding steeds gedaan, getuige de vele artikelen van zijn hand in Faraday en zijn fraaie "Kern van de natuurkunde" (18). Maar ook de vooroorlogse boeken worden bewerkt en veranderen van karakter.

Vermeldenswaardige ontwikkelingen zijn in deze periode de verschijning van "proevenboeken", die naast de officiële leerboeken te gebruiken zijn. Ze geven een idee van wat in het onderwijs (maximaal) aan praktische oefeningen gedaan werd (14, 30).

De tweede ontwikkeling is het verschijnen van versies van de middelbare schoolboeken die bestemd waren voor de mulo (mavo). De officiële didaktische belangstelling begint zich langzaam, heel langzaam ook te richten op het onderwijs aan andere schooltypen of liever gezegd aan andere typen van leerlingen dan aan die betrekkelijk kleine categorie, die de eindstreep haalde bij het toen malige middelbaar onderwijs?

Ook voor het mavo worden practicum handleidingen geschreven (zie b.v. 7a, 38).

7.2 Invloed van de curriculum-constructies uit Engeland en de Verenigde Staten op het nederlandse natuurkunde-onderwijs.

De aanleidingen tot de z.g. curriculum-constructie door grote groepen deskundigen uit de angelsaksische landen zijn verschillend. P.S.S.C., het eerste Amerikaanse project is ontstaan als reactie op de russische voorsprong op het gebied van de ruimtevaart en draagt daarvan de sporen: uitstekende fysica in grote eenheden geordend. Veel traditionele onderwerpen legden het loodje.

Veel meer invloed op het nederlandse onderwijs ging uit van "Nuffield" (0-level Physics) (27). Befaamd zijn de kwalitatieve vragen uit de Question Books over de ervaringen van de leerlingen met zelfgedane proeven. De leerlingen bouwen door veel zelf te experimenteren hun eigen kennis op, geholpen door de vragen.

Het enthousiasme straalt je tegemoet uit de Teachers' Guides, die de leraren moeten winnen voor de nieuwe koers. Veel van de leermiddelen, apart ontworpen voor bepaalde onderwijsdoelen, zijn juweeltjes van vindingrijkheid. Door de grote opzet van het experiment zijn ze betrekkelijk goedkoop te leveren.

De apparatuur voor optica wordt o.a. verrijkt met de goedkope golfbak die een prachtig beeld geeft van wat men zich voor moet stellen bij interferentie, buiging, breking en lenswerking op basis van de golftheorie.

In wat wij de eerste ronde zouden noemen, wordt de geometrische optica bijna formuleloos behandeld! Alleen door experimenten uit te voeren en wat met de taal te spelen wordt, zo hoopt men, begrip opgebouwd voor de werking van optische instrumenten en hun bouw. En toch, mislukt het experiment in de praktijk. Maar dat neemt niet weg dat de ervaringen ermee opgedaan bruikbare leerboeken bevrucht hebben en dat vele later ontstane leergangen ervan profiteerden.

De derde leergang is van wat latere datum. Het is de tweede grote Amerikaanse leergang "Project Physics". Deze had invloed op een grote groep van nederlandse natuurkunde-leraren, die er tijdens een Woudschoten Conferentie kennis van namen. In Project Physics werd ernst gemaakt met natuurkunde-beoefening en een historische en filosofische bezinning daarop.

Bij deze leergang wordt de hele toen bekende didactische artillerie in stelling gebracht: audio-visuele middelen, reproductie van klassikale artikelen, wervend fysisch proza, nieuwe experimenteermethodes, geprogrammeerde instructie, enz. Multimedia - approach heette dat.

Ook dit projekt sterft in schoonheid als het blootgesteld wordt aan het bare klimaat van veel Amerikaanse High-Schools (16). In 1971 bestonden er plannen om een projekt voor het nederlandse onderwijs op te zetten met als basis Project Physics, terwijl Nuffield en P.S.S.C. er mede in betrokken zouden worden.

Deze plannen zijn niet uitgevoerd. In de gedachte-ontwikkeling van de Commissie Modernisering Leerplan Ontwikkeling (CMLN) paste een aan de nederlandse schoolpraktijk ontwikkelde en getoetste ontwikkeling van onderaf beter. Het werden de beide voor ons land grote projecten PLON en NOB. Het eerste is praktisch voltooid, het tweede nog lang niet (2, 7, 8, 9, 22).

Deze ontwikkeling is op te vatten als een poging het gehele onderwijs in de natuurkunde in ons land te coördineren, althans voor de leeftijdsgroep van 4-18 jarigen. Een nog niet opgelost probleem is een plaats te vinden voor het lager- en middelbaar beroepsonderwijs in het geheel van het nederlandse natuurkunde-onderwijs.

In ons onderwijs is nog op een ander gebied invloed te constateren van de genoemde drie grote buitenlandse projecten.

De angelsaksische voorkeur voor vragen die de leerlingen dwingen zich met

praktische, experimenteel zinvolle situaties bezig te houden, krijgt ook hier aanhangers. De ervaringen van Steller en Zandstra opgedaan bij het bedenken van meerkeuze vragen voor natuurkunde olympiades worden ter beschikking van het onderwijs gesteld (35). Tot eenzelfde stroming horen de "Natuurkunde-opgaven en experimenten" van Beek, Jetses en Vervoort (1). In de eindexamen-opgaven (ook die voor de MAVO!) zijn sinds het begin van de 70-er jaren van dit type vragen goede voorbeelden aan te wijzen; de invloed van dit soort eindexamenopgaven op het onderwijs is groot.!

Ook in ons land worden leergangen ontworpen door grotere groepen auteurs, waarbij in de groep ook amanuenses of technische onderwijs-assistenten opgenomen zijn (21).

Een nederlandse versie van de Nuffield idealen, profiterend van de engelse en de nederlandse onderwijstradities in de leergang "Natuurkunde....doen!" Dit is een bewerking van een door Jim Jardine geschreven Schots leerboek door Drs. D. van Genderen en A. Polman en verschillende medewerkers (12).

De geometrische optica, eertijds een aanzienlijke dame, krijgt in de tweede ronde de rol van dienstmaagd toebedeeld en krijgt nu ook in de didaktiek de plaats die Karl Hahn haar in de systematiek toekende. In plaats van de historische ontwikkeling te volgen, die van "stralen naar golven" gaat, wordt een poging ondernomen ook de geometrische optica op te bouwen via de studie van trillingen en golven.

Een gevolg is dat de ruimte toebedeeld aan het onderwerp geometrische optica geringer en die voor trillingen en golven toeneemt.

Bij Lorentz wordt 6,8% van de beschikbare ruimte besteed aan trillingen en golven en 14,6% aan optica. Bij Nijhoff en Koene (28) 9,2 en 9,2%. Bij Krans en Vrij (18) 4,1% aan trillingen en golven en 18,2% aan optica. Bij Schweers en Van Vianen (34) is de verhouding al anders: 9,8% voor trillingen en golven en 6,0% voor optica, en bij Jardine (12) 3,5% voor optica en 5,2% voor trillingen en golven.

De proevenboeken geven een heel ander beeld. Minnaert (20) besteedt 26,5% van zijn ruimte aan proeven over licht, Kelder e.a. (14) 25% en de practicumboeken, behorende bij Moderne Natuurkunde (21) 23%.

De lezer die de vooroorlogse leerboeken enigszins kent, vindt in de leerstofkeuze alleen nieuws bij het EM-spectrum. Maar er is een grote uitbreiding van de middelen: audio-visuele, demonstratie- en practicumapparatuur.

8. De invloed de CMLN op het Natuurkunde Onderwijs.

Men moet bij de beoordeling van het "Rapport 1974" van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (24), er van uitgaan dat dit werk door een gezelschap van in onderwijs geïnteresseerden verricht is. De thans in veel grotere mate aanwezige didactische deskundigheid is deels een gevolg van de groeiende professionaliteit in de opleiding van onderwijs-geevenden (NLO'S, ULO's), deels een gevolg van de betere contacten met algemeen didactici, onderwijskundigen enz. en een grote mate van internationalisering van de didaktiek.

Daarom kan men niet verwachten dat het Rapport gebaseerd is op een doelstellingsonderzoek en dat aanacht wordt geschonken aan hulpmiddelen en didactische aanpak. Wel vindt men hier en daar pogingen om tot wat algemenere beschouwingen te komen, zoals in de delen over het MAVO en het Basisonderwijs. Het zijn echter meer essays dan systematische beschouwingen.

Er wordt een uitgebreide leerstoflijst gepubliceerd, die na besprekingen in het veld zou leiden tot de definitieve die als leidraad voor de examens zou

moeten dienen. Deze lijst die de leerstof voor MAVO, HAVO en VWO omschreef, bepaalde sinds het einde van de 70-er jaren de eindexamen-onderwerpen. Hierbij ging men nog uit van de gedachte dat de modernisering van het onderwijs betrekkelijk weinig met de leerstofkeuze te maken had. Dit blijkt b.v. uit een uitspraak op blz. 9 van het MAVO-gedeelte: "Men kan de aanwijzing van onderwerpen in een lijst vergelijken met de aanwijzing van een geschikt speelveld voor een sportwedstrijd.". De ervaringen van het PLON hebben duidelijk gemaakt dat doelen en leerstofkeuzes nauw samenhangen. Met het gevolg dat een PLON-achtige aanpak wijzigingen in het examenprogramma noodzakelijk maken.

Wat de optica betreft lijkt het erop dat de ontwikkelingen die we bij de bespreking van Jardine's boek al signaleerden zich doorzetten. In het PLON-project bijvoorbeeld blijft van de hele geometrische optica, die alleen in de onderbouw aan de orde komt, niet veel meer over dan een behandeling van de afbeelding door een enkele positieve lens. Wel doen de leerlingen ervaring op met lichtbronnen, met bundels, met de werking van het diafragma, met afbeeldingen van dia's, met het lenzen-brandpunt als beeldpunt van een ver verwijderd voorwerp; ze kennen de formule en doen proeven met cilinderlenzen om het verloop van dunne bundels zichtbaar te maken. De geometrische optica bij het PLON heeft vele kenmerken van wat ik "elementaire" kennis heb genoemd. Dit type kennis wordt door de leerlingen verworven dichtbij de zelf ervaren werkelijkheid, hun woordenschat wordt voorzichtig uitgebreid en de nieuwe termen worden opgenomen in de spreektaal. Deze "eilandkennis" heeft vele toepassingen in de directe omgeving. De leerlingen krijgen het gevoel dat ze hierdoor meer "greep" op hun omgeving krijgen. Later wordt in dit PLON-hoofdstuk de geometrische optica gebruikt om bewegingen te analyseren, zodat de bruikbaarheid van de verworven kennis ervaren wordt.

In de elementaire schoolnatuurkunde zijn er enige grote onderwerpen die in het systeem van de "grandiose" natuurkunde slechts een bescheiden plaats innemen. Het gedoe rondom de wet van Ohm, de geometrische optica, stukken sterkteleer en eenvoudige statica, het zijn allemaal in het systeem onbelangrijke uithoeken (zie bijv. The Feynman Lectures I, hoofdstuk 26 en 27). Het merkwaardige is echter dat ze in de praktijk van het experimenteren van grote betekenis zijn en niet minder in de natuurkundige bezinning op de omgevingsverschijnselen, waar de oude op de zintuigen georiënteerde theorieën nog steeds een heldenrol vervullen. In Minnaert's "Natuurkunde van het vrije Veld" speelt de klassieke optica een belangrijke rol. Eigenlijk is dat geen wonder, want de mens is een oog-dier dat een zeer groot gedeelte van zijn informatie via dit zintuig ontvangt en de oude geometrische vertegenwoordigt een eerste voorlopige, maar tamelijk effectieve ordening hiervan. Daarvan betwijfel ik of het laten verkommeren van dit stuk natuurkunde verstandig is.

9. In ons onderwijs krijgt het elementaire stadium te weinig aandacht.

Hoewel ik ervan overtuigd ben dat een vermoeden van de grandiose architectuur van de natuurkundige kennis aan sommige oudere leerlingen een grote intellectuele voldoening geeft en bij sommigen het verlangen wekt zelf later "mee te doen", denk ik dat voor de meeste leerlingen de natuurkundige activiteit slechts één van de (dikwijls onverteerde) manieren is om greep te krijgen op hun leefwereld. Ervaringen met onderwijs aan anders begaafde en jongere leerlingen hebben me doen vermoeden dat er een didactisch slecht ontgonnen

gebied bestaat, dat ik het "elementaire" noemde. Het is een conglomeraat van voorlopig geordende kleine gebieden. De erin verworven kennis is "eilandkennis". De beleving en de ontdekkersvreugde zijn bij de verwerving ervan essentieel. De rol van de wiskunde is gering. Een poging tot omschrijving is te vinden in deel II (het Basisonderwijs) van het CMLN-rapport (24). Ik leg in uw midden de gedachte dat in onze leerboeken dit stadium "afgeraffeld wordt" omdat we haast hebben en ons veel zekerder voelen in het erop volgende stadium, het preciserende.

Er zijn veel meer leerlingen die zich in dit elementaire gebied kunnen bewegen dan die zich door onze ontplooid schoolnatuurkunde verrijkt voelen.

Hopelijk richt zich de aandacht van de didaktici en andere onderwijsdeskundigen zich mèèr dan vroeger op de problematiek van het natuuronderwijs aan jongere leerlingen en grote groepen oudere leerlingen, aan wie het thans gegeven onderwijs niet besteds is. PLON en NOB leverden reeds voorhoede gerechten.

Literatuur

1. Beek, Jetses, Vervoort; Natuurkunde opgaven en experimenten, 2e druk, Culemborg 1974.
2. Bouma, J. en Frederik, G.H.; Natuur-onderwijs op de Basisschool (NOB), Faraday 22 (173-180) 1983.
3. Brongersma, Dr. H.; Leerboek der Natuurkunde, Amsterdam 1900.
4. Crüger, Dr. F.E.J.; Natuurkunde voor het onderwijs in lagere scholen. Bewerkt naar het Hoogduits door Dr. D.J. Steyn-Parvè, 9e druk, Groningen 1881.
5. Driver, Rosalind; Cognitive Psychology and Pupils' Frameworks in Mechanics, In P. Lijnse (ed): The many faces of teaching and learning mechanics in secondary and early tertiary education, Utrecht, w.c.c. 1985 (Girep 1984).
6. Floor, K. en Wubbels, Th.: Zien bewegen, een PLON-thema voor de derde klas, Faraday, 49, 112-116 (1980).
7. Frederik, G.H.; Natuuronderwijs voor 4-12 jarigen in Nederland, mededelingenblad NVON, 3e jaargang no. 8 juni 1978 (blz 12-15).
- 7a. Frederik en Middendorp; Proevenboek 1, 2 en 3, Luctor Baarn (midden 50er jaren).
- 7b. Frederik en Middendorp; Geometrische Optica, Luctor Baarn (later Leybold Woerden).
8. Frederik, J.E.: Spiegels (4-6 jaar)
De Grabbelton 4, 311-314 (1984)
9. Frederik, J.E.: Magneteten (4-7 jaar)
De Grabbelton 4, 347-350 (1985)
10. Hahn, K.: Methodik des Physicalischen Unterrichts, Heidelberg 1955.
11. Horn, D., Fast, S. de: Leerboek der Natuurkunde I en II, 's-Gravenhage 1888.
12. Jardine, J.: Natuurkunde...Doen!; Kok, Kampen.
13. Jenkins, E.W.: From Armstrong to Nuffield, London 1979.
14. Kelder, Steller en Zweers: Natuurkunde, practicumproeven voor de eerste ronde 1: Groningen 1973; 2: Groningen 1974.
15. Knuivers, T. en Helge, J.E.: Beginselen der Natuurkunde. Een leesboek voor de hoogste klassen der volksscholen, 7e herziene druk, Groningen 1875.

16. Kooi, J.B. van der: Project Physics. Theorie en praktijk van een ameri-
kaans vernieuwingsproject, Faraday 47, 56-64 (1978).
17. Krans, R.L.: Kern van de Natuurkunde, Deel I Groningen 1974, Deel II
Groningen 1975.
18. Krans en Vrij: Eenvoudige Natuurkunde 1 en 2, Groningen, 14e druk,
1970.
Leerboek der Natuurkunde 1 en 2, Groningen 10e druk
1971.
19. Lorentz, H.A.: Beginselen der natuurkunde bewerkt door H.A. Lorentz en
L.H. Siertsema, 9e druk, Leiden 1929. (2e druk 1893).
20. Minnaert, M.: Natuurkunde in leerlingproeven, Groningen 1924.
21. Moderne Natuurkunde: door een schrijversgroep; practicumproeven en
opgaven 1 en 2; theorie en lessteksten, waarin korte essays o.a. over
historische onderwerpen, Groningen.
22. Morèlis, H.: Licht en schaduw (6-10 jaar), (m.m.v. E. Teeuwen), De
Grabbelton 4, 321-321 (1984).
23. Müller, Prof. dr. J.: Handboek der Physica en der Meteorologie, ver-
taald door Dr. F. Riendershoff, Amsterdam 1852.
24. Natuurkunde 1974: Rapport van de commissie modernisering leerplan na-
tuurkunde, 1974.
25. Natuurkundige Proeven voor leerlingen, deel 1 Groningen 1934, deel 2
Groningen 1937.
26. Neue Lehrpläne für den Mathematischen und Naturwissenschaftlichen
Unterricht an den Höheren Lehranstalten, Leipzig-Berlin 1922.
27. Nuffield Physics Teachers's Guides I-V, Question Books I-V: Published
for the Nuffield Foundation, London 1966.
28. Nijhoff en Coene: Natuurkunde A, Zwolle 1969 (29e druk), Natuurkunde B1
Zwolle 1969 (17e druk), Natuurkunde B2 Zwolle 1969 (17e druk).
29. PLON: Zien bewegen, NIB, zeist 1981.
30. Raat, J.H.: Natuurkunde-practicum Deel II. Licht, geluid, magnetisme,
electriciteit, Groningen (zonder jaartal).
31. Rapport van de commissie inzake het Natuurkunde-onderwijs (De "Cie
Houdijk"), Faraday 17, 61 (1974/48).
32. Rapport over "Het onderwijs in de Natuurkunde aan Gymnasia, Hogere
Burgerscholen en Lycea" (De commissie-Fokker"), Groningen en Den Haag,
1928.
33. Reindersma en Van Lokhuizen: Nieuw Leerboek der Natuurkunde 1,2 en 3,
Groningen 1929.
34. Schweers en Van Vianen: Natuurkunde op corpusculaire grondslag, Deel 1
6e druk 1973, Deel 2 4e druk 1973, Deel 3V 2e druk 1971, Deel 4V 2e
druk 1972, Deel 5V 1e druk 1973, 's-Hertogenbosch.
35. Steller en Zandstra: Meerkeuzevragen natuurkunde voor de hoogste klas-
sen van scholen voor VWO en HAVO, Groningen 1972.
36. Toulmin, S.: The Philosophy of Science, 2e druk, London 1969.
37. Voskuil, J.: De afstamming van de toverlantaarn, Faraday 1946 16, 45-
56.
Voskuil, J.: Behoort Cornelis Drebbel tot de uitvinders van de projec-
tielantaarn?, Faraday 1949, 19, 57-65.
38. Zandstra, Paulides, Vink: Door werken tot weten, Groningen 1971-1974.
39. Zweers en Lignac: Natuurkunde werkboeken, I Verkennen en begrijpen, II
Begrijpen en toepassen, III Opbouw en uitbouw, IV Inzicht en uitzicht.

DR D.G. STAVENGA

Licht in het oog van vlinders en andere insecten



Inleiding

Het oog is het optische (optos=zichtbaar) instrument bij uitstek. Het spreekt dus vanzelf dat bij het thema licht de werking van het oog uitgebreid aan de orde dient te komen.

Een oog beschikt meestal over een dioptrisch deel. Bij de mens is dit het stelsel van hoornvlies en lens ingebed in waterachtig vocht. Bij insecten is de verzameling van naast elkaar gelegen facetlenzen met daarachter de kegel, die soms uit water, soms uit vast (zgn. kristallijn) materiaal bestaat. De werking van het dioptrische deel van een oog is doorgaans direct in te zien met behulp van de optische afbeeldingswetten.

Vervolgens bestaat een oog uit een laag van visuele zintuigcellen, waar invallend licht geabsorbeerd wordt. Lichtabsorptie resulteert in een elektrisch signaal dat verder bewerkt en voortgeleid wordt door zenuwcellen naar de hersenen. Het deel van de zintuig- en zenuwcellen wordt gerekend tot het vakgebied van de biologie, maar een groot aantal aspecten van de zenuwprocessen zijn ook vanuit fysisch oogpunt interessant; bijv. de elektrische eigenschappen van de zenuwcellen, de signaal-voortgeleiding en de schakelprincipes welke bij de verwerking van visuele informatie toegepast worden. Het oog is dan ook een gewild object voor onderzoek binnen het terrein van de biofysica.

Het oog van vlinders

Een voor fysici bijzonder interessant oog is het samengestelde of facet-oog van vlinders (Fig. 1). Samen met de facetlens zorgt de kristallijn kegel voor het focuseren van invallend licht in het zgn. rhabdoom, een lange cylinder (lengte $> 200 \mu\text{m}$, diameter $1-3 \mu\text{m}$) waarin zich de licht gevoelige visuele pigment moleculen bevinden. Het rhabdoom functioneert als lichtgeleider waardoor de kans voor lichtabsorptie door de visuele pigmenten zeer hoog wordt. Desalniettemin wordt een fractie van het licht niet opgevangen en bereikt het tapetum, een spiegelende laag ter achterzijde van het rhabdoom. Dit tapetum bestaat uit een groot aantal (20-40) laagjes van afwisselend lucht en water, die samen een kwartgolflengte-interferentiespiegel vormen. Aan het tapetum teruggespiegeld licht wordt opnieuw door het rhabdoom voortgeleid en heeft zodoende opnieuw een kans om geabsorbeerd te worden. Het tapetum zorgt dus voor een verhoogde lichtgevoeligheid (zie verder Natuur en Techniek, 1984, nr. 5, p. 352).

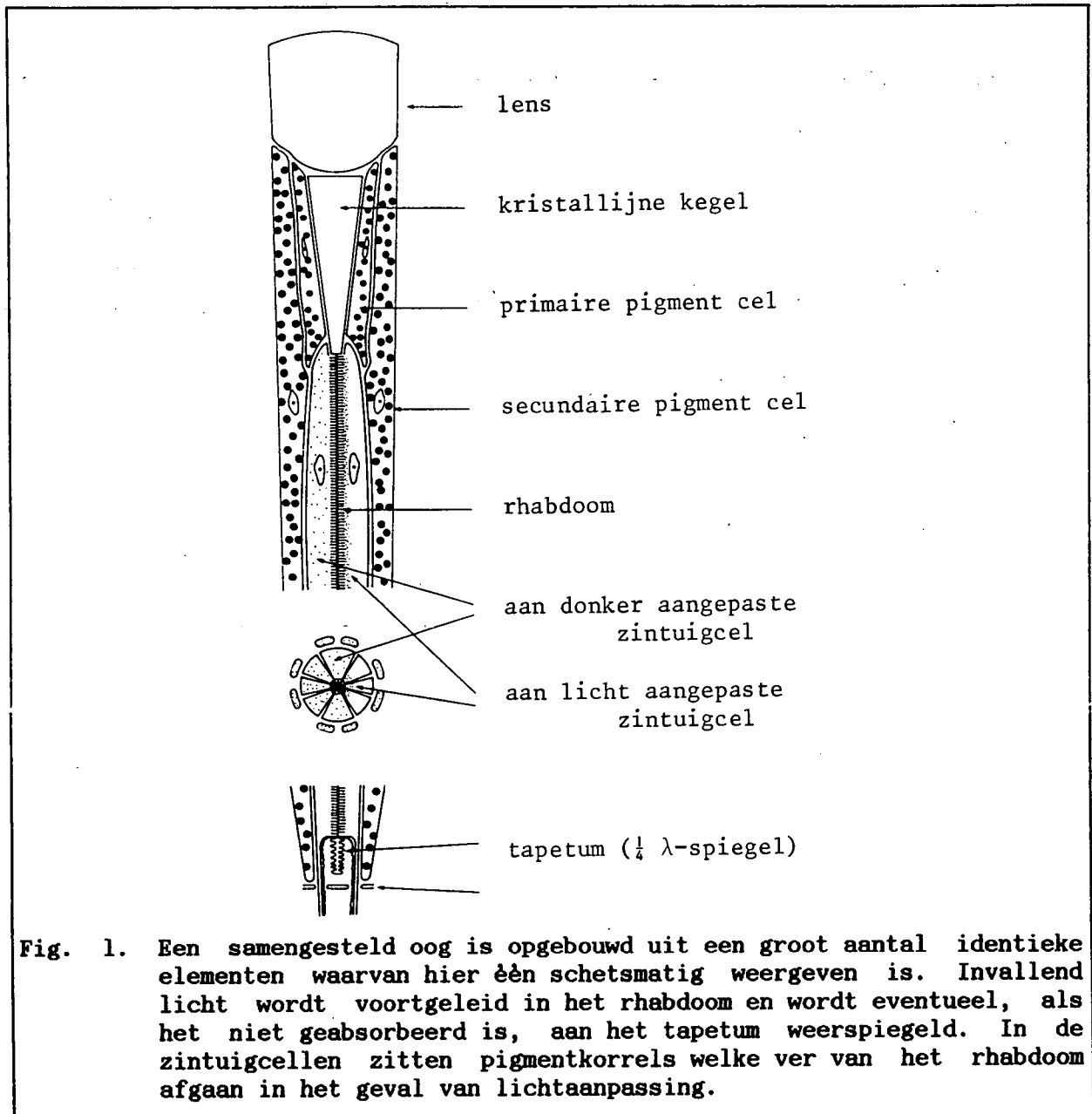


Fig. 1. Een samengesteld oog is opgebouwd uit een groot aantal identieke elementen waarvan hier één schetsmatig weergegeven is. Invallend licht wordt voortgeleid in het rhabdoom en wordt eventueel, als het niet geabsorbeerd is, aan het tapetum weerspiegeld. In de zintuigcellen zitten pigmentkorrels welke ver van het rhabdoom afgaan in het geval van lichtaanpassing.

De pupil

Wanneer de lichtintensiteit in ons oog te hoog wordt, wordt de pupil geactiveerd. Bij vlinders gebeurt dat ook, maar terwijl in ons oog de lichtregulerende pupil een variabel diafragma is, wordt de pupil in het vlinderoog gevormd door pigmentkorreltjes (diameter $\approx 0.2 \mu\text{m}$) die, bij intens licht, en masse naar het rhabdoom bewegen (en weer daar vanaf bij lagere lichtintensiteiten). De lichtregulerende invloed van de pigmentkorrels is mogelijk omdat het rhabdoom een optische golfgeleider is: licht wordt voor een deel als een randgolf buiten de rhabdoom-cylinderwand voortgeleid. Deze randgolf wordt weggevangen door de sterk lichtabsorberende pigmentkorrels wanneer deze dichtbij het rhabdoom zitten.

De vraag is nu, waardoor wordt de pupil ingestuurd. Eerst wordt licht geabsorbeerd door de visuele pigmentmoleculen. Via een ingewikkelde reeks van biochemische processen geeft dit aanleiding tot ionenstromen in de visuele zintuigcellen, en deze zorgen vervolgens dat de pigmentkorrels naar het rhabdoom gaan bewegen. De pupilinsturing is een monotone functie van de lichtintensiteit (via de sterkte van de ionenstromen); omdat de pupil de lichtintensiteit reduceert, vormt de pupil in het vlinderoog samen met de visuele pigmenten en de ionenstromen en teruggekoppeld regelsysteem, net als de pupil van het oog van de mens.

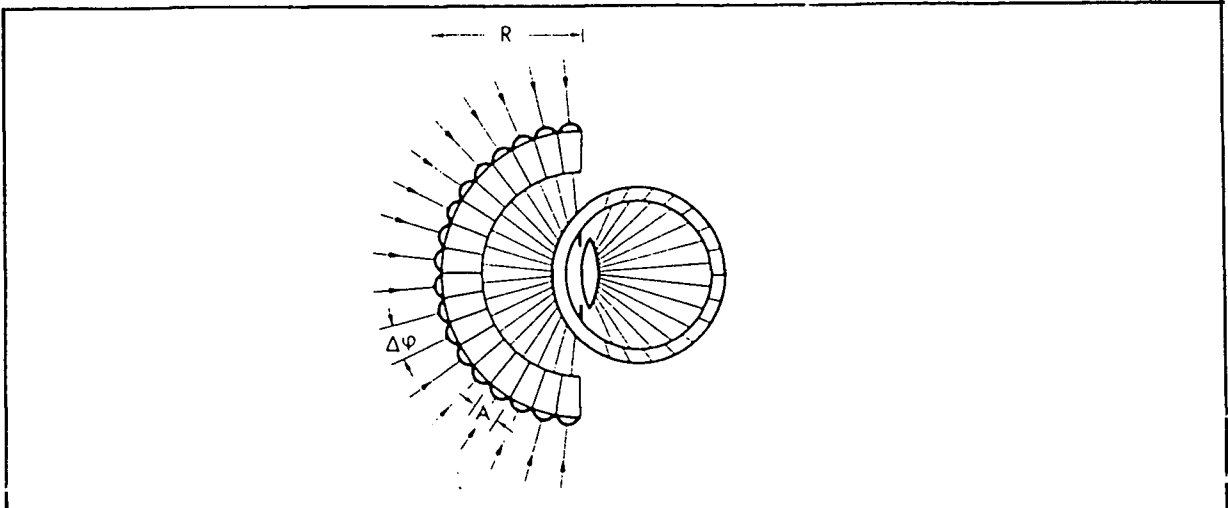


Fig. 2. Een samengesteld oog en een mensen oog zouden hetzelfde oplossend vermogen kunnen hebben. Hiervoor zou de hoek tussen naburige visuele assen op dezelfde moeten zijn. Bepalend bij het samengesteld oog zijn hiervoor de diameter van de facetlens en de straal van het oog; bij het mensen oog zijn dat de afstand tussen de zintuigcellen in het netvlies en de brandpuntsafstand van de oogoptiek. In beide oogtypen vormen diffractie en optische beeldfouten begrenzingen voor de gezichtsscherpte.

Het samengestelde vs enkelvoudige oog

Hoewel de dioptische eigenschappen van facet oog en het oog van de mens drastisch verschillen is het onderscheid tussen de wezenlijke functies van het oog, nl. het zien van ruimtelijke structuren, kleuren en beweging, slechts gering.

Een wijd verbreide misvatting is dat de mens een continu ruimtelijk beeld ziet, terwijl dieren met facetogen een mozaiek van lichtvlekjes, dus een gesegmenteerd beeld zien. Een meer adequate voorstelling van zaken ontstaat wanneer bedacht wordt dat een waargenomen beeld opgebouwd wordt uit de signalen die opgewekt worden in individuele zintuigcellen. Iedere zintuigcel heeft een nauw blikveldje gecentreerd om een blikrichting, een visuele as. De blikveldjes van naburige zintuigcellen overlappen elkaar steeds in geringe mate. De dichtheid van stapeling van de visuele assen, en dus van de blikveldjes, bepaalt het oplossend vermogen van een oog. Bij de mens is dat aanzienlijk (100x) beter dan bij de vlinder: de hoek tussen twee naburige assen is bij de mens $0,5 \text{ bgmin}$ (centrale fovea, bij de vlinder is dit $1-2^\circ$ (zie Fig. 2).



DR IR J.J.M. BRAAT

LASERS EN OPTISCHE PLAATSYSTEMEN



During the past decade the optical disc has found various applications. The small 12 cm diameter version, prerecorded with a digitally-encoded audio program is rapidly penetrating the consumer market. The larger version with video information is used in home entertainment and in education. The high information capacity together with the ease of replication make the optical disc well suited for these applications. In the field of data storage the direct optical recording system is becoming popular as a computer peripheral.

At read-out the simple scanning of a flat disc allows for fast random access, an important feature in data storage. An additional advantage of optical discs is the absence of physical contact between the reading head and the information layer because of the existing simple ways to focus radiation in the optical region of the electromagnetic spectrum. A transparent film covering the information may even protect the fine details from damage and from shadowing particles.

As in a conventional gramophone record the information is stored in a spiral, called the track, though in many cases neither a groove nor a continuous line is present but only marks forming a spiralling broken line (figure 1.1). The marks are small areas showing optical contrast with respect to the surrounding mirror surface, for example black line-shaped elements or oblong depressions (pits) in the surface. This causes the reflection to change along the track according to the marks. The optical pick-up which replaces the mechanical stylus of the gramophone converts the variation of the reflection into an electrical signal. The lens of the pick-up focuses a laser beam to a small spot of light on the track and sends the light reflected off the disc to a photodetector. The photo signal thus varies in time according to the marks along the track of the rotating disc.

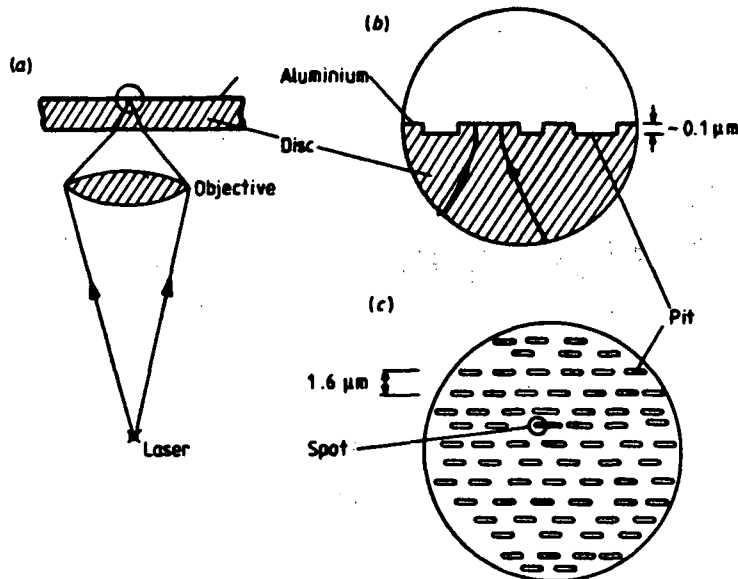


Figure 1.1

The disc and the reading spot. (a) The spot is formed at the reflecting rear side. (b) The pits in the surface. (c) The pits form tracks. The half-width of the spot is somewhat larger than the pit width.

The high information density is achieved with an optical arrangement which resembles a medium power scanning optical microscope. The limit is set by the diffraction on light resulting in a minimum diameter of the spot, formed at the focal point, of about $\lambda/2NA$ where λ is the wavelength and NA is the numerical aperture of the focused beam. Consequently the information density is approximately $(NA/\lambda)^2$ corresponding to 10^9-10^{11} bits on a disc. This means that the whole text of this book can be stored along 25 tracks of a video disc, occupying a ring with a width of $40 \mu\text{m}$. Figure 1.2 shows the basic optical elements of the reading head. The (semiconductor) laser is imaged through the substrate onto the rear side of the disc with a microscope-type objective. The part of the reflected light which is gathered by the same objective is sent to the detector. In figure 1.2 (a) a tilting mirror corrects radial errors of the spot with respect to the track for errors smaller than the field of view of the objective. In order to scan the complete disc the whole arrangement, though compact, has also to follow the small but rapid radial tracking errors. The control loops which serve radial and vertical tracking need, of course, error signals. This means that in general one auxiliary optical element has to be added in front of the detector and that the detector must be composite.

The choice of a modulating reflection rather than transmission has various grounds. Firstly, a reflecting disc is approached optically from one side only which simplifies the player construction. Secondly, a protective layer has to be present on only one side of the information layer whereas in transmission a two-sided protection is needed. This would pose severe problems in disc production because in the frequently occurring case of relief information structures the optical contrast should not be lost. Thirdly, relief structures in reflection have to be factor of $4n$ ($\approx 6x$) shallower which facilitates mass replication. Finally, it turns out that for focus control more, and simpler, methods are possible in reflection than in transmission.

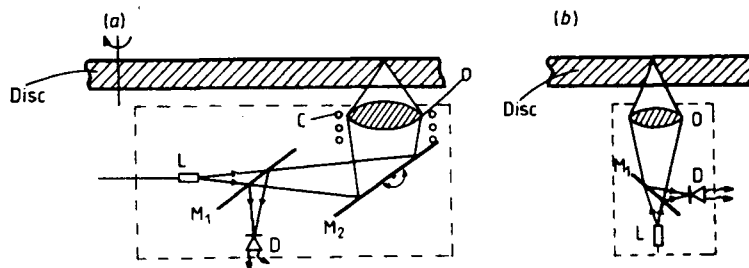


Figure 1.2

Basic player optics. (a) The beam from the laser, L, is focused by the objective, O, via the tilting mirror, M₂. The objective has been mounted in a loudspeaker coil, C, such that the spot is maintained in focus at the information layer. The returning light is reflected by the semitransparent mirror, M₁, to the detector, D. The whole arrangement slides radially under the disc. (b) Compact set-up (finger) without tilting mirror. The whole finger follows the small high frequency track displacements.

The nature of the contrast of the marks may be due to changes in the intensity-reflection coefficient, changes in the phase of the reflected light (relief structures) or changes in the state of polarisation at reflection. Because mass production of video and audio discs is most easily performed by replication, a relief structure is the obvious choice. The disc surface then contains pits or bumps (see figure 1.1). When the light spot hits a pit the reflected light undergoes a phase change over a part of the spot resulting in light scattering out of the returning beam and a decrease in the photo signal. The variations of the photo signal contain the information to regain the audio, video or data signal. Audio signals are stored digitally on the disc. Sound samples are taken at a rate of 44.1 kHz and the level of each sample of an audio channel is converted into a numerical value which is represented in a binary codeword of 16 bits. After addition of extra bits, and rearranging for the purpose of modulation and error correction, a bit stream of 4.3218 MHz is stored on the disc. With 'zeros' represented by low photo signal levels and 'ones' by high levels the track will consist of pits and spaces of discrete lengths. At read-out the transition from pit to space has to be located in a window of 0.3 μm . in order to achieve a playing time of one hour. Video signals on the other hand are stored in analog form because digital storage requires too high bandwidths. The composite video signal (luminance and chroma) is frequency modulated (FM) around a carrier frequency of about 7.5 MHz and sound is added as a duty cycle modulation. This causes the centre-to-centre distance of the pits to vary according to the FM frequency and the ratio of pit length to space length to vary according to the sound content. Although the optical principles have been well known for more than a century it is only since the 1970s that the applications of optical discs have been developed extensively. An important quantity in data storage, in addition to the bit density, is the bit rate, and before the laser no suitable light source yielded a satisfactory signal-to-noise ratio from a detector illuminated through an area of less than 1 μm^2 for less than 1 μs . At present a wealth of lasers is available among which the small semiconductor lasers lend themselves very well to optical disc read-out; the power may even be amply sufficient to burn holes in a metal layer at megahertz frequencies. Related modern developments include simple and cheap silicon photodetectors and electro-optic and acousto-optic modulators for real-time production of master discs. Materials for home recording have recently been developed which combine high efficiency with a long lifetime. Improvements in erasable materials are the subject of many current research programmes.

It is the purpose of this book to describe the physical and engineering principles used in the construction of optical discs. Various disciplines play an important role and teamwork of optical, electronic, mechanical and chemical scientists and engineers has been vital. The authors of this book worked in such a team and each gives an account of his particular area. The reader can therefore learn about the subject from different viewpoints and gain insight into the links between the different branches of research. Though the book directs its attention primarily to the application of physics to optical disc systems, some authors devote ample space to treatment of the relevant background knowledge which is of much broader interest.

The non-ideal circumstances encountered in practice determine the limits of the system performance against price. Thus much attention is paid to

aberrations in the optics, defects in the disc such as drop-outs, warping and eccentric spinning.

The second chapter concerns the optical aspects. Only one spot (resolved point) for information transfer is considered whereas a well designed lens is able to carry 10^8 channels. The available light power, however, limits the number of channels and, moreover, the first action of the electronic engineer is to generate one time-sequential data stream.

The spot quality is crucial in pushing the system close to the fundamental limits and hence diffraction theory is given much attention, in particular in the discussion of the interaction of the scanning beam with the specific disc structures: optical amplitude modulations along the track may need a different detection mode to that for phase structures. Besides the main signal the generation of error signals needed for control of focusing and of trackfollowing is considered.

Though the approximations made in the treatment of diffraction are fully adequate for geometries of the object which are larger than the wavelength of the radiation, the small pits in the disc with dimensions down to $0.6 \mu\text{m}$ need different approximations. In the third chapter the scalar treatment is compared with a rigorous vectorial calculation showing that errors up to 15% may occur in the scalar approximation.

In order to properly record and read the information the system has to fulfil the additional conditions for focusing and trackfollowing. The theory of the electromechanics of the control loops is found in Chapter 4. In actuator design long experience of of great value. The author has been involved in optical disc servo systems since the start of the development at Philips and in that time has constructed many types of actuators. The examples given of realised servo systems are very instructive.

The next chapter describes the transfer of information onto the master disc in the case of read-only memorie. The quality of the mastering of video and of audio programmes should be well above that of the player so that the contribution to any degradation of the signal due to the master disc is negligible. High level engineering in many disciplines including precision mechanics and photochemistry is needed.

In chapter 6 direct recording is discussed. The recording is performed by locally changing the reflectivity of a thin layer by means of modulation of the power focused in a spot on the rotating disc. Media that change an optical property such as reflectivity under heating are of interest for on-the-spot storage of large amounts of data. The requirements on error probability, even after years of storage, are extreme.

The properties of the optical disc as a channel for electronic signals are different from magnetic and other conventional media especially with respect to noise and defects. The search for modulation and coding systems together with error correction schemes led to novel formats for analog video, for digital audio and for direct data storage. In Chapter 7 the adaptation to the optical channel and to the material properties in recording is explained. Much attention is paid to restoration of the data stream in the case of corrupted signals. In optics it is well known that destruction of the information due to damage of the storage medium can be prevented by holographic storage. The error correction scheme of the digital disc systems, however, is of such a strength and elegance that it does away with any doubt an optical engineer might have that holographic discs are preferable.

The final chapter gives examples of the design of marketed systems and of the particular applications.

Since the paper by Compaan and Kramer (1973) much has been published on

optical disc theories and applications. Korpel (1980) gave an historical background and general view of research and development by various companies. Many papers are still appearing on optical discs, mostly concerning materials for direct recording and erasable materials. The chief points of the subject, however, are fundamental and the technology has now stabilised enough to make it worthwhile compiling a text on optical disc systems, which seem to have a promising future.

References

- Compaan, K., Kramer, P., 1973 The Philips 'VLP' systems Philips Tech. Rev. 33, 178-80.
- Korpel, A., 1980 Laser applications: video disc in Laser Applications Vol. 4 71-123 (New York: Academic).

DR TH. WUBBELS

HOE ZIEN LEERLINGEN LICHT?



Inleiding

In zou graag willen beginnen met een oud proefje in de hoop u daar iets nieuws aan te laten beleven. Als u, in de nu verduisterde zaal, enige tijd goed kijkt naar dit rode vlak en ik haal dat rode vlak weg, dan weet u allemaal wat u na enkele seconden ziet: Een ongeveer gelijkgevormd groen/blauw vlak van dezelfde grootte. Welke kleur u precies ziet is uiteraard afhankelijk van het golflengtegebied dat de rode dia doorlaat. Na deze ervaring laat ik u weer iets zien: een in zwarte letters geschreven tekst uit Exact Natuurkunde deel 1, blz. 141.

"Zien is namelijk alleen mogelijk als er licht in je oog komt."

Deze uitspraak en soortgelijke, die in vele andere natuurkundeboeken voorkomen, zijn niet in overeenstemming met de benoeming van uw ervaring van enkele ogenblikken geleden. Het lijkt me goed je te realiseren dat in natuurkundeboeken 'zien' vaak een veel beperktere betekenis heeft dan in het dagelijks leven.

Het woord zien kent volgens van Dale 18 betekenissen. De eerste, 'met het oog waarnemen' komt het dichtst bij de betekenis in de zin die ik citeerde, maar verschilt er toch wezenlijk van. Immers ook de ervaring met het nabeeld valt eronder. In het spraakgebruik wordt de rol van het oog bij het zien enigszins met activiteit geassocieerd, zoals in 'je ogen ergens op richten'.

Ik ben een beetje met de deur in huis gevallen: een problematische verhouding tussen dagelijks spraakgebruik en fysisch spraakgebruik, waarbij dit laatste overigens ook nog vaak intern inconsistent is. Daarover wil ik het verder niet hebben. Ik zal u in hoofdzaak resultaten melden van onderzoek naar leerlingenvoorstellingen bij elementaire begrippen uit de geometrische optica. Dit onderzoek is uitgevoerd in Frankrijk (Guesne 1984, Thibergien 1984), West Duitsland (Jung 1981a, 1981b, 1982, Wickihalder 1984), Zweden (Andersson en Kärrqvist 1983), Italië (La Rosa e.a. 1984), Engeland (Zylbersztajn en Watts 1982, Watts 1985), Australië (Stead en Osborn 1980) en de Verenigde Staten (Goldberg en McDormett 1983).


In Nederland zijn het laatste half jaar enkele oriënterende onderzoekjes op dit gebied gedaan. Enkele voorlopige resultaten daarvan zal ik u presenteren. Wanneer u vollediger daarover ingelicht wilt worden verwijs ik u naar de betreffende werkgroepen van Kaat en Oorebeek en Ceelen en Walrabenstein. Ik zal, gezien de beschikbare tijd enigszins anecdotisch, ingaan op de onderwerpen 'zien', 'licht' en 'spiegelen'. Daarbij zal ik ook het één en ander over schoolboeken voor de onderbouw van het AV0 vertellen. Daarna hoop ik wat concluderende opmerkingen te maken en moet ik wat suggesties voor het onderwijs doen. Daarbij wil ik nu al opmerken dat er een belangrijk gemeen-

schappelijk kenmerk bestaat van de meeste suggesties die ik in de literatuur ben tegengekomen: er is niet in de praktijk nagegaan in hoeverre ze effect sorteren. Uw eigen suggesties kunnen dus evenveel of meer waard zijn.

1) Ik bedank Jan Kaat, Dick Oorebeek, Rob Ceelen, Wijnand Walrabenstein, Ineke Frederik en Anne Holvast voor hun inbreng in het tot stand komen van deze voordracht.

Zien

Wat leerlingen zich voorstellen bij het proces van het zien is door Andersson en Kärrqvist (1983) in Zweden en door Ceelen en Walrabenstein in Nederland onderzocht met ondermeer de volgende vraagstelling die schriftelijk werd afgenomen aan leerlingen (fig. 1).



Ellen en haar natuurkundeleraar praten over zien.

Leraar: Leg eens uit hoe het komt dat je het boek ziet.
Ellen : Er gaan signalen van je ogen naar je hersenen.
Leraar: Ja dat klopt, dat gebeurt tussen je ogen en je hersenen.
Maar er is enige afstand tussen je ogen en het boek.
Gebeurt er iets tussen je ogen en het boek?
Wat zou jij antwoorden op deze vraag?

Figuur 1 Opgave over het proces van het zien.

In de vorm van deze 'opgave' zijn al resultaten verwerkt van onderzoek met leerlingeninterviews. Het volgende fragment van een protocol is een karakteristiek voorbeeld.

Interviewer (I) : Onderwelke voorwaarde kun je een voorwerp zien?
Leerling (L) : Dat het er is.
I : Ja?
L : Dat er niets voor staat.
I : Goed, laten we deze asbak eens als voorbeeld nemen: onder welke voorwaarde kun je hem zien?
L : Dat hij in het licht staat.
I : En als je dan je ogen dicht hebt?
L : Mijn ogen moet ik natuurlijk open houden om überhaupt iets te zien.
I : Wanneer ik mijn ogen open heb en het is donker zie ik toch ook niets? Er komt licht van de asbak in je oog!
L : (lachtend) Dat geloof ik niet! De asbak is toch geen lamp!

Er blijkt uit dit protocol dat de leerling meent dat je iets ziet mits het er is, het in het licht staat en je je ogen open hebt. De suggestie dat er licht van dat voorwerp in je oog zou komen wijst hij echter af. Vragen over wanneer je iets ziet roepen antwoorden op waarbij de ogen geen rol spelen zoals 'als het licht is'. Wanneer je nu wilt weten hoeveel leerlingen denken dat er bij het zien licht in je oog komt moet je een schriftelijke vraagstelling in die richting focuseren, zonder uiteraard het 'goede' antwoord in de mond te leggen. Wanneer je expliciet naar de rol van de ogen vraagt is de meest voorkomende reactie bij 14-jarigen er één waarbij naar de verbinding van de ogen met de hersenen wordt verwezen. Daarom werd dat antwoord ook in de hierbovenvermelde opgave ingebouwd.

De frequentie van antwoorden op de vraag uit figuur 1, ingedeeld in 7 categorieën is weergegeven in tabel 1. Onder de categorie 'ogen actief' valt bijvoorbeeld een uitspraak als 'de ogen kijken'. De uitspraak 'het boek staat in het licht' valt onder 'het is licht'. Bij de categorie

	ZWEDEN			NEDERLAND	
	12/13 jr. (320 lln)	15 jr. (166 lln)	2/3 HAVO (91 lln)	4 HAVO zonder natk. (75 lln)	4 HAVO met natk. (40 lln)
NIETS	5%	1%	16%	1%	8%
HET IS LICHT	9%	4%	4%	11%	0%
OGEN ACTIEF	25%	13%	37%	13%	13%
GEZICHTSSTRALEN	11%	9%	4%	9%	3%
IETS IN HET OOG	11%	35%	13%	48%	62%
GEEN ANTWOORD	27%	29%	11%	7%	3%
ANDER ANTWOORD	6%	9%	13%	11%	12%

Tabel 1 Verdeling van de antwoorden op de opgave uit figuur 1 in Zweden en Nederland over 7 antwoordcategorieën. De eerste en derde kolom betreffen leerlingen die geen opticaonderwijs hebben gehad.

'gezichtsstralen' zijn alle antwoorden waarbij er iets van het oog naar het boek gaat opgenomen.

De voorlopige resultaten wijzen erop dat het opticaonderwijs of het onder worden bij de door ons in Nederland onderzochte leerlingen een ander effect heeft gehad dan in Zweden. Overigens blijkt dat er door meer dan 50% van de HAVO 4-leerlingen zonder natuurkunde in het pakket maar na opticaonderwijs geen antwoord wordt gegeven dat er naar verwijst dat er bij het zien licht in je oog komt.

We kunnen op basis van vele onderzoeken, waarvan het voorgaande een voorbeeld was, veilig stellen dat voor het opticaonderwijs de meeste leerlingen menen dat er geen licht komt van voorwerpen die geen lichtbronnen zijn.

Toen ik mij enige tijd in deze materie had verdiept voelde ik een onweersaanbare neiging er door mijn taalgebruik toe bij te dragen dat mijn vierjarige dochter een fysisch juist beeld op zou bouwen. Toen zij, voor de spiegel staand, iets vroeg over hoe dat werkte, vertelde ik over weerkaatsend licht dat in haar oog kwam. Verschrikt vroeg ze "Doet dat pijn?" De gedachte die bij dertien-jarigen spontaan zelden opkomt en soms wordt afgewezen wanneer ze gesuggereerd wordt (zie het interviewvoorbeeld) is voor deze vierjarige zelfs angstaanjagend. Gelukkig hoeven wij daarmee in ons onderwijs geen rekening te houden, maar wel met het ongewone, weinig plausibele karakter van deze gedachte.

In schoolboeken wordt er weinig aan gedaan om leerlingen ervan te overtuigen dat er bij het zien licht in je oog komt. Een zin zoals ik aan het begin van mijn verhaal citeerde lijkt me onvoldoende. Een bespreking, waarin staat dat je in een donkere kamer niets ziet en in een verlichte wel, kan gemakkelijk begrepen worden vanuit het standpunt: om te zien is er licht nodig. Zo'n tekst daagt de bestaande leerlingenopvatting niet uit. Ook de behandeling van verstrooiing zal mijns inziens lang niet alle leerlingen van gedachten doen veranderen. Wanneer bijvoorbeeld de zichtbaarheid van rookdeeltjes in een lichtbundel wordt beschreven wordt daarbij vaak gezegd dat die deeltjes lichtbronnetjes lijken. Sommige leerlingen zullen registreren dat in dat geval er licht in je oog komt, dat hoeft dan nog niet te betekenen dat bij elk zien licht in je oog komt. Zo'n uitleg zal bij veel leerlingen leiden tot een aanvulling op de voorstelling die ze al hadden en niet tot een slag (verg. Wittrock 1985).

Als laatste voorbeeld van een schoolboektekst noem ik u een stuk waar ik zelf schuldig aan ben in het PLON-thema 'Zien bewegen'. De foto uit figuur 2 staat in alle natuurkundeboeken. Ik heb een flink aantal mensen gevraagd

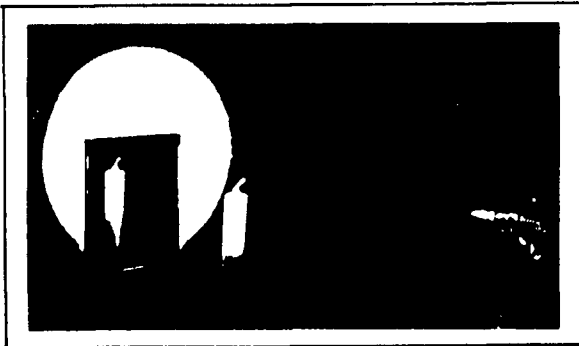


Fig. 2: Foto uit het PLON thema 'Zien bewegen' over verstrooiing.

wat ze op de foto zagen. Meestal was dat een lichte vlek, 2 kaarsen en een zwarte rechthoek. Het boek zegt echter

OP DEZE FOTO ZIE JE ONDER ANDERE:

1. De verlichte vlek op het scherm,
2. De omtrek van de spiegel; de spiegel zelf zie je niet,
3. De kaars in de spiegel.

Omdat je de spiegel zelf niet kunt zien, verstrooit de spiegel het licht kennelijk niet.

De mededeling dat de spiegel zelf niet gezien wordt moet een 'niet-fysisch denkende' wel onbegrijpelijk voorkomen. Uiteraard is de spiegel voor iedereen wel te zien net als de zwarte letters van deze bladzijde. De fysicus die de afspraak hanteert dat zien betekent "Er komt licht in je oog" kan ertoe komen hier te zeggen dat je de spiegel niet ziet. Voor leerlingen die zich het fysisch denkkader nog niet hebben eigen gemaakt zal dat geen bewijs zijn dat er vanaf de spiegel geen licht in je oog komt en van het witte scherm wel. Dat zijn voor hen, gezien de beschreven leerlingenbeelden, vaak statische eigenschappen van scherm en spiegel. Deze voorwerpen zien er in het licht nu eenmaal verschillend uit.

Overigens blijkt voor leerlingen absolute duisternis moeilijk voorstelbaar. Wanneer je hen vraagt of je in het donker kunt zien is een veelgehoord antwoord: "ja, maar niet zo goed". En in het hartstikke donker? "...eh...ja, als je lang genoeg wacht" of "dat weet ik niet dat heb ik nooit meegemaakt". Het is daarom niet zomaar effectief in uitleg over het zien gebruik te maken van een ervaring dat je in het donker niets zou zien, laat staan van het gelijkstellen daarvan aan het zien van zwarte voorwerpen.

Licht

Een tweede onderwerp waaraan ik aandacht wil besteden is licht en zijn kenmerken. Wanneer je dertien-jarigen vraagt waaraan ze denken bij het woord licht noemt ruim 90% één of meer lichtbronnen (lamp, zon). Zo'n 50% noemt daarnaast nog een begrip dat nauw met energie is verbonden, meestal 'elektriciteit' en doelt dan op elektrische verlichting. Als leraar begon ik bij dat onderwerp de lessen over een nieuw onderwerp wel eens door leerlingen naar associaties te vragen. Aan de hand daarvan kon ik dan aangeven waarmee het onderwerp wel en waarmee niet te maken had. Bij 'licht' hoopte ik op meer en andere associaties dan alleen maar lichtbronnen, zodat ik in kon gaan op de vraag waarvoor kennis van de optica wellicht nuttig zou zijn. Een collega van mij zag een student-leraar dat ook proberen en nadat de leerlingen enkele lichtbronnen hadden genoemd vroeg hij verwachtingsvol 'en ook aan een fototoestel?' Na enige aarzeling zei een leerling opgelucht "oh ja een flitser".

Uit ons onderzoekje bleek dat wanneer je leerlingen vraagt van allerlei dingen of ze met licht te maken hebben ook een fototoestel zonder flitser volgens zo'n 90% van de leerlingen daarmee te maken heeft. Bij een ander voorbeeld, brillenglas, is maar 36% die mening toegedaan. Het lijkt me dat we moeten concluderen dat de koppeling bij leerlingen tussen licht en voorwerpen waarbij je kennis uit de optica kunt toepassen niet erg sterk is. Leerlingen via die toepassingen motiveren voor de optica zal dan ook wel wat tekst en uitleg vereisen.

De koppeling bij leerlingen tussen licht en bijvoorbeeld een fototoestel is wellicht anders dan je als leraar zou denken. Niet het licht dat door de lens op de film valt maar de flitser ligt het meest vooraan. Ook wanneer je leerlingen ondervraagt over eigenschappen van licht blijkt de koppeling anders dan je fysische graag zou willen en soms bedoeld. Als voorbeeld noem ik het 'bewegen van licht'. Vrijwel alle dertien-jarigen (ca. 95%) meent dat licht kan bewegen. Gevraagd om een toelichting wordt dan vaak gezegd: "Een rijdende auto", "een spot die beweegt" etc. Wanneer de auto stilstaat, staat volgens deze leerlingen ook het licht stil. Een leerling begon bij de toelichting te spreken over 'licht dat van de zon naar de aarde komt' en vervolgde

"het licht beweegt dan want de aarde draait"
(interv.) "en als de aarde niet zou draaien?"
"dan zou het licht ook stilstaan".

Slechts ongeveer 4% van de leerlingen lijkt bewegen te bedoelen in de zin van voortplanten.

Veel uitspraken van leerlingen zou je quasi-dynamisch kunnen noemen. Wanneer een leerling zegt dat licht op een spiegel weerkaatst, meent hij veelal dat dan een statische situatie bestaat waarin de invallende en teruggekaatste straal stilstaan.

Het lijkt me dat je kunt stellen dat voor veel leerlingen de gedachte dat licht altijd zou bewegen ongewoon is. In de leerboeken wordt er niet veel aandacht besteed aan het bewegen van licht. Men beperkt zich veelal tot een mededeling eventueel 'bewezen' aan de hand van de omlooptijd van de manen van Jupiter (Römer).

Watts (1985) noemt twee mooie voorbeelden van de wijze waarop zo'n mededeling ingepast wordt in het denken, dan wel een probleem voor een leerling blijft bestaan. In een interview na opticaonderwijs merkt een leerling op:

"Weet je wat ik niet snap als licht zo snel gaat -
en het gaat toch waanzinnig snel hé - als het zo snel gaat,
hoe kan ik het dan zien?"

en over de werking van een diapjector zegt dezelfde leerling

"De projector gooit het licht eruit met de lichtsnelheid -
omdat licht natuurlijk met de lichtsnelheid beweegt - en dan
komt het op dit scherm en stopt ..."

Ik zal op het ontstaan van een dergelijke merkwaardige 'mix' tussen oorspronkelijke leerlingenvoorstelling en de schoolkennis nog terug komen.

Spiegelen

Het derde onderwerp waarover ik in enkele onderzoeksresultaten wil melden is de spiegel, een onderwerp waaraan in leerboeken relatief veel aandacht wordt besteed.

Tabel 2 geeft aan welk percentage leerlingen meent dat je, wanneer je jezelf in een spiegel bekijkt, het beeld op de spiegel ziet.

DUITSLAND			NEDERLAND	
12 jr.	14 jr.	2/3 HAVO	4 HAVO zonder natk.	4 HAVO met natk.
(62 11n)	(56 11n)	(91 11n)	(75 11n)	(40 11n)
95%	89%	80%	60%	45%

Tabel 2. Percentages leerlingen dat meent dat je jezelf op de spiegel ziet. De eerste en derde kolom betreffen leerlingen die geen opticaonderwijs hebben gehad.

Leerlingen blijken zich moeilijk voor te kunnen stellen dat er een beeld achter de spiegel zou zijn. (Is dat er eigenlijk?) Een karakteristieke toelichting:

"Je ziet jezelf op de spiegel omdat hij een plat vlak is".

Na opticaonderwijs wordt bijvoorbeeld gezegd:

"Het lijkt of mijn spiegelbeeld achter de spiegel ligt, maar in werkelijkheid ligt het erop".

Deze laatste uitspraak werd overigens gedaan lang na genoten natuurkundeonderwijs. Ze werd door Jung (1981a) gerapporteerd, afkomstig van een natuurkundeleraar. Je zou kunnen zeggen dat een fysisch juistere opvatting over de plaats van het spiegelbeeld dermate onvoorstelbaar is, dat je in je voorstellingen liever een inconsistentie in je opvatting toelaat dan je oorspronkelijke opvatting geheel te laten varen.

Een tweede resultaat betreffende de spiegel gaat over opgaven waarbij gevraagd wordt wat je, wanneer je voor een spiegel staat, kunt doen om meer van jezelf te zien. In tabel 3 is vermeld welk percentage leerlingen bij dit soort opgaven meent, dat je om meer van jezelf te zien achteruit kunt lopen.

	DUITSLAND			NEDERLAND		V.S.
	12 jr.	14 jr.	2/3 HAVO	4 HAVO zonder natk.	4 HAVO met natk.	1e jaars natk. studs.
	(62 lln)	(50 lln)	(91 lln)	(75 lln)	(40 lln)	(58 lln)
grotere afstand tot de spiegel	80%	80%	85%	90%	90%	80%

Tabel 3. Percentages leerlingen die menen dat je om meer van jezelf in een spiegel te zien achteruit kunt lopen. De eerste en derde kolom betreffen leerlingen die geen opticaonderwijs hebben gehad.

Dit percentage is erg hoog en lijkt vrijwel niet door opticaonderwijs te worden beïnvloed. Ik kan drie 'redeneringen' bedenken die ten grondslag aan de antwoorden zouden kunnen liggen.

1. Als je vrij dicht bij een redelijk grote spiegel staat kun je het spiegelbeeld in één oogopslag meestal maar gedeeltelijk zien. Om het geheel te zien moet je met je ogen het beeld van rand tot rand afzoeken. Wanneer je in zo'n geval achteruit loopt kun je in één oogopslag inderdaad meer van jezelf zien. Wellicht iets om op te letten wanneer u een dergelijke vraag, zoals ik vaak gezien heb, als proefwerkvraag gebruikt.
2. De eerste redenering gaat niet op bij de formulering van de opgave in het onderzoek van Jung (1981b). Hij gebruikte namelijk een klein handspiegeltje. Voor dat geval zou er sprake kunnen zijn van het niet kunnen gebruiken van een bepaalde formele operatie: afleiden wat er gebeurt als er twee variabelen tegelijk veranderen. De toelichtende tekening van een leerling, weergegeven in figuur 3 geeft een voorbeeld die bij zo'n redenering zou passen. De leerling 'vergeet' dat niet alleen de plaats maar ook de loop van de lichtstralen zal veranderen.

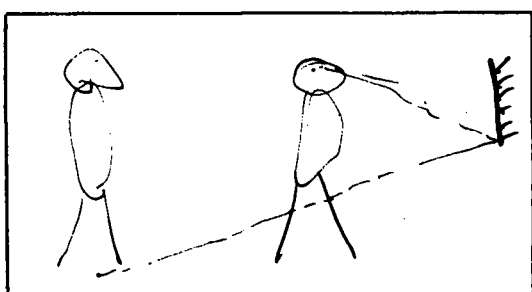


Fig 3. Toelichtende tekening bij de beantwoording van een opgave over de vraag wat je kunt doen om meer van jezelf in een spiegel te zien.

3. Leerlingen zeggen soms ongeveer het volgende: Wanneer je achteruitloopt ziet de spiegel meer van jou en zie je jezelf dus helemaal. In deze uitspraak is er, analoog aan wat bij punt 2 is gezegd, sprake van dat vergeten wordt dat daarbij ook de spiegel kleiner lijkt. Verder wordt de situatie wellicht vergeleken met het bekijken van een groot gebouw. Wanneer je iets grootst wilt bekijken waar je vrij dicht bij staat kun je achteruit lopen om er meer van te zien.

In de laatste redenering is sprake van een animistische opvatting over spiegels, die regelmatig wordt aangetroffen, bijvoorbeeld in de volgende uitspraak.

"De spiegel spiegelt alles wat hij ziet".

De spiegel neemt in die opvatting iets waar en spiegelt dat. Daarbij aansluitend wordt dan ook vaak gezegd, dat het spiegelbeeld ook in het donker aanwezig is, je hoeft alleen maar het licht aan te doen om het te zien.

Tenslotte laat ik u een resultaat zien van een onderzoek onder Amerikaanse eerstejaars natuurkundestudenten. In interviews werd studenten, die voor een door een doek bedekte spiegel zaten gevraagd of ze een staaf die voor de spiegel stond zouden kunnen zien als die doek verwijderd werd. Dezelfde vraag moesten ze ook voor de interviewer beantwoorden. Figuur 4 geeft een schets van de onderzoekssituatie en een samenvatting van de resultaten bij studenten voor en na een universitaire optica cursus. Wanneer studenten menen, dat de interviewer de staaf kan zien in de spiegel, maken ze meestal correct gebruik van geometrische optica.




PLANE MIRROR TASK: IF MIRROR WERE UNCOVERED				
	WOULD SUBJECT SEE IMAGE?		WOULD INTERVIEWER SEE IMAGE?	
	PRE	POST		
Y/N (CORRECT)	27%	63%		
CHANGED MIND N/Y	27%	8%		
N/Y	37%	4%	INTERVIEWER	SUBJECT
Y/Y	0%	25%		
N/N	9%	0%		

Fig. 4 Situatieschets en samenvatting van antwoorden bij een opgave over het waarnemen van een spiegelbeeld.

Studenten die menen dat ze zelf de staaf kunnen zien redeneren ongeveer als volgt: "My line of vision passes straight to the rod to the mirror and I would see the image of the rod directly behind the mirror the same distance" (fig. 5).

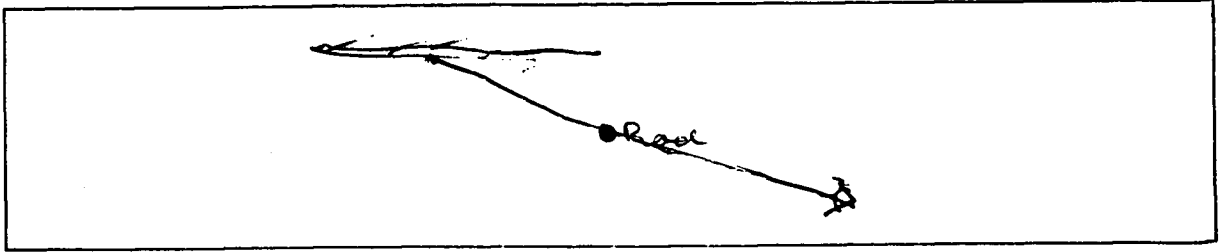


Fig. 5 Toelichtende tekening van een student die meent de staaf uit figuur 4 zelf te kunnen zien.

Het meest interessant vind ik nu de 25% studenten die na een universitaire cursus over optica menen dat zowel zij zelf als de interviewer de staaf kunnen zien. Deze studenten gebruiken ook inderdaad tegelijkertijd beide redeneringen en tekeningen met enerzijds lichtstralen die voldoen aan de terugkaatsingswet en anderzijds lijnen die wanneer het lichtstralen zijn deze wet ernstig schenden zoals in figuur 5.

De meest aannemelijke 'verklaring' voor dit verschijnsel acht ik het niet adequaat tot stand gekomen zijn van een koppeling tussen de weerkaatsing van lichtstralen en de beeldvorming bij spiegels. Het blijft namelijk dat bij dertien-jarigen het weerkaatsen van licht(stralen) en voorwerpen beide bekende, maar los van elkaar staande verschijnselen zijn. In Nederlandse schoolboeken wordt aan de terugkaatsingswet vrij veel aandacht besteed, maar niet aan het leggen van een verband tussen terugkaatsingswet en beeldvorming. Veelal wordt een verband tussen de beeldvorming en de terugkaatsing van lichtstralen gelegd langs geometrische weg, waarbij de plaats van het beeld wordt vermeld of wiskundig wordt bewezen. Daarbij gaat het om een afleiding van de afbeelding van een punt van het voorwerp, waarna zonder meer wordt veralgemeniseerd naar de plaats van het gehele spiegelbeeld. Er worden geen verbanden met ervaringen van leerlingen met spiegels gelegd. Aan het zien van het spiegelbeeld of een experimentele bepaling van de plaats gaat men meestal voorbij.

Concluderende opmerkingen

Wanneer ik probeer wat concluderende opmerkingen te maken wil ik u om te beginnen verwijzen naar de lezing die Piet Lijnse in 1981 op deze conferentie hield. De kenmerken van leerlingenvoorstellingen die hij opsomde vind je ook bij de voorstellingen van leerlingen op het gebied van de optica. Zo is een belangrijk kenmerk dat er geen algemeen, eenvoudig consistent leerlingenbeeld bestaat, maar dat er aanzienlijke verschillen tussen leerlingen voorkomen. Bovendien blijken de beelden vaak zeer complex te zijn en vol te zitten met (schijnbare) inconsistenties.

Als eerste conclusie specifiek voor de optica, wil ik u herinneren aan de start van mijn betoog. 'Zien' heeft in de optica een beperkte, ongewone, betekenis. Leerlingen (en niet alleen zij) zien ook zwarte voorwerpen. De vraag waarom je zwarte letters op een wit vel kunt zien verwijst voor hen dan ook meestal niet naar het 'probleem', dat een fysicus zou kunnen bedoelen. Het is niet gemakkelijk leerlingen te overtuigen van de relatie tussen 'zien' en 'licht in je oog'. Elke bewuste of problematische ervaring ermee ontbreekt immers. . .

Een tweede conclusie betreft een belangrijk kenmerk van een redelijk frequent voorkomende leerlingenvoorstelling of precieser van verbale uitingen van leerlingen op het gebied van de optica. Het lijkt erop dat bij

leerlingen twee sterk gescheiden kennis- en ervaringsgebieden bestaan. Het eerste betreft 'licht met zijn fysische eigenschappen'. Voorbeelden daarvan zijn: een lichtbundel of lichtstraal kan breken of weerkaatsen; een lens knijpt lichtstralen samen; een spiegel weerkaatst lichtstralen; licht beweegt (maar dan niet in de zin van 'voortplanten'). Het tweede gebied omvat het fysiologische en psychologische fenomeen 'zien'. In dat gebied zit bijvoorbeeld kennis over het zien van een spiegelbeeld en het waarnemen in het donker. De scheiding tussen de twee gebieden komt bijvoorbeeld tot uiting in de beschrijving die ik aan Watts (1985) ontleende over de werking van de diap projector. Ik denk dat het bestaan van de scheiding tussen deze twee gebieden een reden is voor het verschil in moeilijkheid dat Minnaert volgens Frederik (elders in dit verslag) constateert tussen 'speldenproeven' en 'proeven met zichtbaar gemaakte lichtbundels'.

Een derde conclusie betreft de invloed van het onderwijs op leerlingenvoorstellingen. Helaas blijkt dat onderwijs veelal niet leidt tot een omslag in het denken van een fysisch minder adequate naar een fysisch betere voorstelling. Integendeel, onderwijs leidt vaak tot een nog complexere cognitieve structuur met nog meer inconsistenties, met name in situaties die functioneren op formeel operationeel niveau vereisen.

De voorbeelden van uitspraken na het opticaonderwijs over het bewegen van licht en de plaats van het spiegelbeeld zijn illustraties van deze conclusie. De tekening in figuur 6 is nog een andere. Met zo'n tekening gaf een leerling na opticaonderwijs aan hoe het komt dat de persoon op plaats A een voorwerp B kan zien dankzij de lamp buiten de kamer. Voor opticaonderwijs is de beschrijving van het zien in die situatie voor leerlingen simpel omdat de ervaring leert dat je B kunt zien. Wanneer ze zich na opticaonderwijs geroepen voelen om hun kennis over de voortplantings lang rechte lijnen te gebruiken wordt het moeilijker. De benodigde redenering is dan dermate ingewikkeld, dat ze vaak liever een inconsistentie toelaten in het juist geleerde (een knik in de rechte lichtstralen).

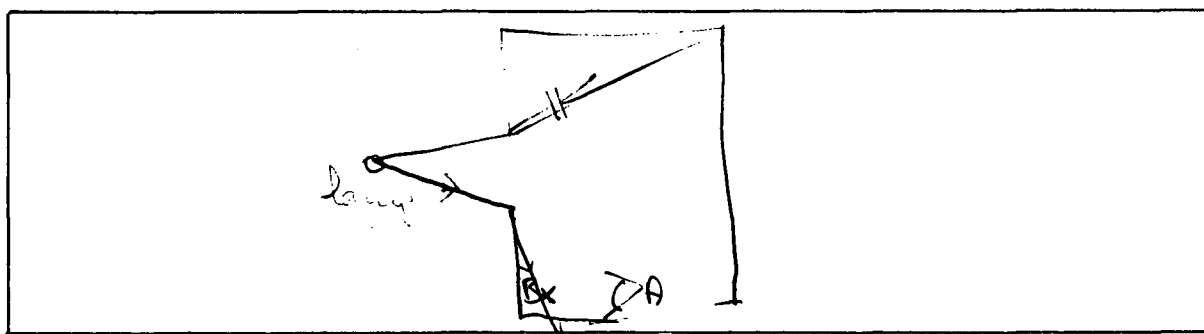


Fig. 6 Schets van het verloop van lichtstralen bij plaatsing van een lamp buiten een kamer.

Wat zou je nu kunnen doen om de kans te vergroten dat leerlingen over meer fysische kennis gaan beschikken? Ik denk dat u zelf zeker zo waardevolle suggesties kunt bedenken als de nu volgende.

In de eerste plaats zou je meer aandacht kunnen besteden aan de begripsproblemen die ik heb gesignaleerd. Dat hoeft niet altijd met meer tijd gepaard te gaan. Hoffman en Wiesner (1982, 1984) probeerden bijvoorbeeld een leerling uit waarin in 20 lessen de 'normale' geometrische optica werd behandeld. Steeds kwamen ze daarbij echter terug op de functie van het oog bij het waarnemen van situaties waarin fysische eigenschappen van het licht werden besproken. Ze benadrukten steeds: waar is de lichtbron, waar de

ontvanger. Bij leerlingen leken inderdaad meer koppelingen tussen de twee genoemde kennis- en ervaringsgebieden te ontstaan. Belangrijk, en wel meer tijd vergend, lijkt het me ook om te proberen leerlingen veel tastbare ervaringen op te laten doen op het gebied van de genoemde begripsproblemen. Het gaat er daarbij niet om leerlingen met een proef het gelijk van de fysica te bewijzen. Ik denk dat dat lang niet altijd zal overtuigen. Een doel van die ervaringen is voor mij veeleer de voorstellingen die ze hebben ter discussie stellen en langzamerhand aan de adequaatheid van een nieuwe voorstelling te laten wennen. Ik moet er helaas direct aan toevoegen dat het niet simpel is leerlingen directe ervaringen op te laten doen met het fenomeen 'bij zien komt er licht in je oog'. Ik noem u een voorbeeld van een indirecte ervaring op dit gebied: het met een grote lens afbeelden van de wereld buiten het lokaal op een muur tegenover het raam. De heldere, kleurige, bewegende afbeelding blijkt leerlingen sterk te intrigeren. Ook over het spiegelbeeld noem ik u een voorbeeld van een indirecte ervaring: gaat u eens voor een spiegel staan en teken met een viltstift langs de rand van het spiegelbeeld van uw hoofd. De omvang die u dan op de spiegel ziet geeft alle aanleiding te veronderstellen dat er geen gewoon hoofd zomaar op de spiegel stond. Deze en andere ervaringen zoals de proef met kaars en potlood die Frederik gisteren noemde, tesamen, zouden een betere koppeling tussen beeldvorming en terugkaatsingswetten toch mogelijk moeten maken. Ik hoop dat mijn voorbeelden u hebben overtuigd van het nut van mijn tweede suggestie: laat leerlingen hun voorstellingen vertellen en tracht ze door door te vragen te begrijpen. Dat lijkt me noodzakelijk om je onderwijs erop af te kunnen stemmen. Belangrijk is dat die voorstellingen er vaak anders uit blijken te zien bij doorvragen dan een eerste uitspraak van een leerling doet vermoeden.

Tenslotte wil ik suggereren dat een uitleg uitdagend, begrijpelijk, aannemelijk en nuttig moet zijn willen leerlingen er iets mee kunnen. Voorwaar geen wereldschokkende uitspraak. Ik heb u echter voorbeelden gegeven van teksten die leerlingenvoorstellingen niet uitdagen en die niet begrijpelijk zijn. En wat die aannemelijkheid betreft: Is het aannemelijk dat licht beweegt met een snelheid van 300.00 km/sec? Is het aannemelijk dat witte voorwerpen licht weerkaatsen als je weet dat je in de zon zittend kunt verbranden en erger naarmate je witter bent? Nuttige teksten produceren op het gebied van de geometrische optica dat ik heb beschreven lijkt me de moeilijkste opgave. Dergelijk nut is nodig om leerlingen ertoe te brengen hun opvattingen duurzaam bij te stellen. Ook op het gebied van de optica blijken leerlingenvoorstellingen echter nogal resistent. Resistentie die met name tot uiting komt in regressie naar de 'naieve' voorstelling in situaties buiten de behandelde stof. De geconstateerde resistentie van de fysisch minder juiste leerlingenvoorstellingen is bij optische begrippen (wellicht extra) begrijpelijk wanneer we ons realiseren dat er in het dagelijks leven vrijwel geen aanleiding is om van de fysisch meer juiste opvattingen gebruik te maken. De leerlingenvoorstellingen vormen op geen enkele wijze een belemmering voor het functioneren in het dagelijks leven.

Ik hoop dat deze laatste, wat sombere, constatering geen aanleiding is om opticaonderwijs verder maar te vergeten. Immers in het opticaonderwijs zijn er ondanks eventuele begripsproblemen vele, voor leerlingen zeer aantrekkelijke onderwerpen zoals deze conferentie overtuigend laat zien.

LITERATUUR

- Andersson, B. en Kärrqvist, Ch. How Swedish pupils, aged 12-15 years understand light and its properties. European Journal of Science Education, 1983, 5 (4), 387-402.
- Gilbert, J.K. en Watts, D.M. Concepts, misconceptions and alternative conceptions. Changing perspectives in Science Education. Studies in Science Education, 1983, 10, 67-98.
- Goldberg, F.G. en McDermott, L.C. Not alle the wrong answers students give represent misconceptions: examples from interviews on geometrical optics. In: Helm, H. en Novak, J.D. Proceedings of the international siminar Misconceptions in Science and Mathematics. Ithaca (N.Y.): Cornell University, 1983.
- Guesne, E. Die Vorstellungen von Kinder über Licht (vertaald uit het Frans). Physica Didactica, 1984, 11, 79-98.
- Hoffmann, K. en Wiesner, H. Lassen sich Alltagsvorstellungen über optische Phänomene durch Unterricht wirksam korrigieren? Physica Didactica, 1982, 9, 299-317.
- Hoffmann, K. en Wiesner, H. Ein subjectivistischer Zugang zur Optik in der Sekundarstufe I. NiU-P/C 1984, 32 (1), 7-11.
- Jung, W. Erhebungen zu Schulervorstellungen in Optik (Sekundarstufe I). Physica Didactica, 1981a, 8, 137-153.
- Jung, W. Ergebnisse einer Optik-Erhebung. Physica Didactica, 1981b, 9, 19-34.
- Jung, W. Fallstudien zur Optik. Physica Didactica, 1982, 9, 199-220.
- La Rosa, M., Mayer, M., Patrizi, P. en Vincentine-Missoni. Commensense properties of light. European Journal of Science Education, 1984, 6, (4), 387-397.
- Lijnse, P. Schoolbeeld of of straatbeeld. In: Zoeklicht op de Mechanica. Utrecht: Werkgroep Natuurkunde Didactiek, 1981.
- Merzyn, G. Zur Optik in der Sekundarstufe I. NiU-P/C 1984, 32, (2), 33-37.
- Pfundt, H. Duit, R. Bibliography, Students' Alternative Frameworks and Science Education. Kiel: IPN, 1985
- Stead, B.F. and Osbrone, R.J. Exploring students' concepts of light. Australian Science Teacher Journal, 1980, 26, (3), 84-90.
- Tiberghien, A. Revue critique sur les recherches visant a elucider le sens de la notion de lumiere pour les eleves de 10 a 16 ans. In: Recherche en didactique de la physique: les actes du premier atelier international 1983. La Monde les Maures. Paris: CNRS, 1984.
- Watts, D.M. Student conceptions of light: a case study. Physics Education, 1985, 20, 183-187.
- Wickihalter, R. Schülervorstellungen zum Sehen. NiU-P/C 1984, 32, 2, 73-77.
- Wittrock, M.C. Cognitive Processes in the learning and teaching of Science, Paper presented at the 1985 AERA meeting, Chicago 1985.
- Zylbersztajn A. en Watts, D.M. Throwing some light on coulour, University of Surrey, 1982.

C. VORSELMAN

HOLOGRAFIE, KUNST OF KUNSTJE ?



tekst bij de film

Zo op het eerste gezicht is er op deze glasplaat niets te zien. Niet in opzicht en niet in doorzicht. Tot we hem op een speciale manier in het licht van een laser houden. Dan verschijnt plotseling een scherp driedimensionaal-beeld. We kijken naar een hologram.

Voor mensen die het voor het eerst zien is zo'n hologram een verrassende ervaring. Het holografische beeld is driedimensionaal en bijna niet van echt te onderscheiden.

Een hologram van een scheerkop. De spiegeling van het licht op de onderdelen en de vergrotende werking van de lens veranderen als je langs het hologram beweegt. Het beeld heeft ook echt diepte. De scherpte kan op verschillende punten gelegd worden, alsof het een echt voorwerp betreft. In zekere zin is het ook echt. Het licht dat van een hologram afkomt is in alles gelijk aan het licht dat van het voorwerp afkwam. Daarom zien we geen verschil. Met speciale apparatuur is het zelfs mogelijk om hologrammen van mensen te maken.

In Nederland zijn er maar een paar mensen die zich bezig houden met het maken van hologrammen. Eén van hen is de Amsterdammer Cor Vorselman. In de kelder van zijn woning heeft Cor een holografische studio. Maar hoe maken we nu eigenlijk zo'n hologram? Chriet geeft uitleg.

"Bij een hologram zijn drie dingen absoluut noodzakelijk: een laser, een voorwerp en een holografische plaat. Het licht dat uit de laser komt wordt via een deelspiegel in twee bundels gesplitst. De ene bundel, de referentie-bundel, wordt via een microscoop lens en een grote veld lens gespreid en evenwijdig gemaakt. De andere bundel, de objectbundel, verlicht via een lensje het voorwerp: de appel. Het door de appel weerkaatste licht, of liever de golf fronten van het door de appel weerkaatste licht, raakt de holografische plaat. Tegelijkertijd wordt deze geraakt door het licht van de

referentiebundel. Hierdoor ontstaat er in de plaat een interferentiepatroon. We leggen dus geen beeld vast maar interferentieverschijnselen. Om het hologram weer uit te lezen, het beeld weer terug te zien wordt het hologram weer met de referentiebundel verlicht. Daardoor ontstaan er in de holografische plaat weer allerlei interferentieverschijnselen en dus de originele golffronten. Het lijkt daarom alsof we achter het hologram een appel zien liggen."



Zo ziet een hologramplaat er van dichtbij uit. Het interferentiepatroon ligt op de plaat. Het holografische beeld ligt er een paar decimeter achter. Het interferentiepatroon is ontzettend gevoelig voor trillingen. We laten een gulden van 6 gram vallen op de tafel die 6 ton weegt. De tafel trilt dan al erg genoeg om het hele interferentiepatroon te laten verdwijnen.

We volgen nu in de praktijk het maken van een hologram. Allereerst het voorwerp: een appel. We starten de laser. Het laserlicht wordt nauwkeurig op één golflengte afgeregeld. De hologramplaat houder wordt geplaatst. Tegen trillingen is deze extra zwaar uitgevoerd. Om de verlichting te controleren wordt de hologramplaat vervangen door een stuk karton. Het licht dat uit de laser komt wordt voor een deel in 2 lichtstralen gesplitst. De ene straal, de referentiebundel wordt op het midden van de plaat gericht. De veldlens wordt geplaatst. Met een microscoop lens wordt de lichtbundel uiteen gespreid. Deze referentiebundel verlicht de plaat nu egaal. Dit gedeelte van de opstelling is nu klaar. De andere lichtstraal, de objectbundel, wordt op het voorwerp gericht. Met behulp van een lensje wordt ook deze bundel gespreid en verlicht zo de appel. In principe is de opstelling nu klaar. Om de appel beter in beeld te kunnen brengen wordt hij voorzien van een standaardje. In de uiteindelijke opstelling worden alle componenten met zwart karton of zwarte stof afgedekt. Hoe minder strooilicht hoe beter. De opname wordt gemaakt om 3 uur 's nachts. Dan is er het minste last van trillingen door het verkeer en is het lichtnet het stabielst. Tegen luchtrillingen is de hele tafel met plastic afgeplakt. De holografische plaat is een fotografische glasplaat van 30 x 40 cm. Hij heeft een zeer hoog scheidend vermogen en is heel laag gevoelig ca. 0,2 asa of -6 din. De plaat wordt ongeveer 30 seconden belicht. Na het belichten wordt de plaat gewoon ontwikkeld en gefixeerd. Zo op het eerste gezicht is er niets aan te zien. Maar terug geplaatst in de opstelling blijkt hij uitstekend gelukt. Het holografische appeltje is niet van de echte te onderscheiden. Maar holografie wordt nog voor veel meer dingen toegepast. Het kan iets zo nauwkeurig vastleggen dat

je er ook heel nauwkeurig mee kunt meten. Dat gebeurt onder andere hier in het Philips Natuurkundig Laboratorium door ir. Ko Meiboom. Hier wordt holografie toegepast om vervormingen van voorwerpen te meten. Vervormingen ter grootte van een 10 duizendste mm. Ook hier is elke beweging fataal voor het maken van een hologram. De tafel wordt dan ook op lucht afgeveerd. Het hele gebouw mag bewegen, de tafel blijft stabiel staan. Maar wat meten ze nu. Chriet geeft uitleg.

"Dit is een kokend heet ei. Het koelt af en daardoor krimpt het. Gewoon is dit niet te zien. Met de holografische meetmethode wel. Elke zwarte ring betekent dat het ei ongeveer $\frac{1}{10.000}$ mm kleiner is geworden. Na een tijdje is het ei ongeveer de helft van een duizendste mm kleiner."

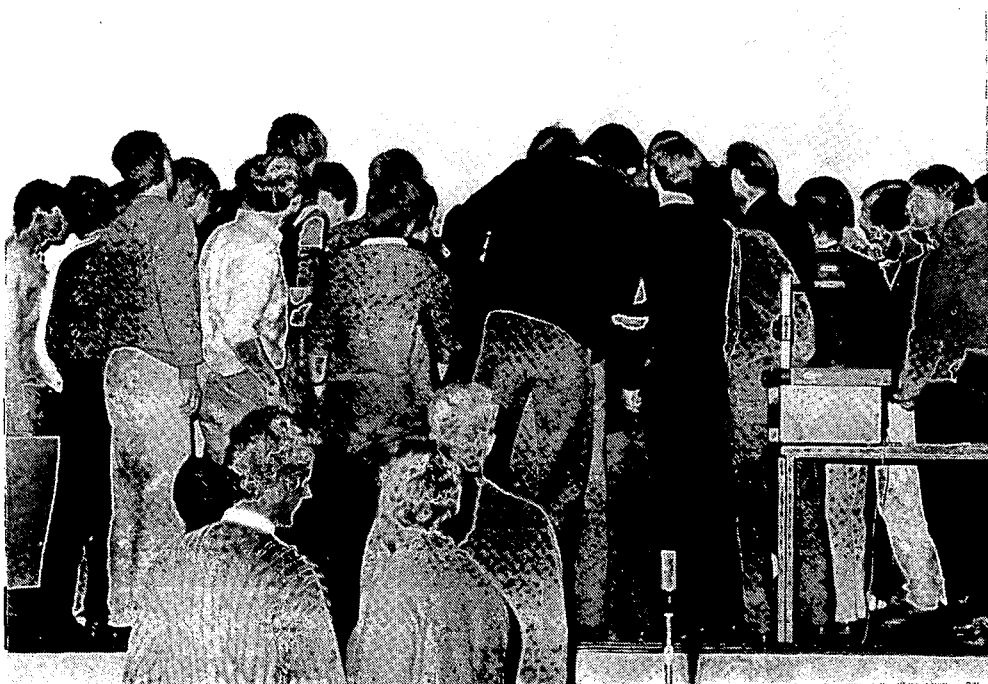
We volgen nu een complete meting.

Dit zijn flitslampjes als er één afgaat wordt het warm en vervormd het. En deze vervorming gaan we nu zichtbaar maken. Allereerst bedekken we het flitsblokje met magnesiumpoeder. Dat geeft een beter hologram.

En zo ziet dat eruit. Samen met een camera wordt het flitsblokje in de opstelling gezet. Wat er nu gebeurt is het volgende. We maken een hologram van het flitsblokje. Het flitsblokje laten we verder gewoon staan. Kijken we door het hologram dan zien we het holografische beeld en het echte flitsblokje tegelijk. Is het echte flitsblokje in die tussentijd ook maar iets veranderd dan ontstaan direct weer allerlei interferentie strepen. We laten de flits afgaan. Deze heteflitscamera werkt met licht gevoelig plastic en hoeft niet ontwikkelt of gefixeerd te worden. Hiermee kan binnen enkele seconden een hologram gemaakt worden. De lichten gaan uit, de camera belicht een beeldje en een paar seconden later hebben we het hologram van het flitsblokje. Samengevoegd met het echte flitsblokje is direct de vervorming af te lezen. Met deze zeer geavanceerde manier van meten is het mogelijk om vervormingen tot $\frac{1}{100.000}$ mm te meten.

Twee totaal verschillende manieren om holografie te bedrijven, als wetenschap of als kunstenaar. De apparatuur verschilt nogal. En de hologrammen verschillen nogal.

Holografie is een medium met onbegrensde mogelijkheden.



DR H. HAUTA :

UNIVERSITAIR NATUURKUNDE ONDERWIJS,
ZO MOGELIJK LUDIEK

Programma.

14/12/85

1. Opening
conférence

- 1. 3deel 3 symfonie, C. St. Saens.
- 2. Hoor, wie komt van buiten
- 3. De jager uit Kurpfalz
- 4. O, kom er eens kijken.

2. Tollen I

3. Gyroscoopen Monorail
gyrostaat

4. Fietsica

5. Boemerang Vortex

- 1. andante/allegro uit harpconcert no. 6, op. 4 in Bes gr., G.F. Händel
- 2. zigeunermelodie, P. de Sarasate

6. Stabiele vrije rotaties.

7. Schoonspringen, trampoline.

8. Tollen II Trumpet → Katteval
obscure astronaut(a)

9. Hoepels.

10. Ringen - magie Sabeldans
Khetchoerian.

conférences: 1. menswording.
→ 2. mens centraal.
3. schijnvrijheid.



VAN NEWTON EN COULOMB
IS POISSON LA PLACE
DEN POTENTIAL
ENERGIE BARRIÈRE
INTRIGANT KEPLER
WETEN VAN KEPLER

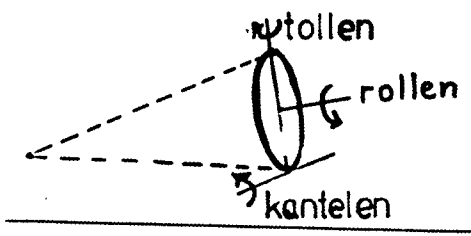
T DE
BESTE
A
U
T
A

WENSEN
VOOR
1986
HERINNERING
AAN
1985

J-E-W B-E-J
ROTATIE TRAMPOLINE
ALS MOMENT EN
BOTTING EN
ARBEID HARMONISCH
LAGE EVENWANT
TET PUNT KOPPEL
POLSA RI TRAGE HAN
WETEN VAN NEWTON
FORMATIE VAN BEWAAC
TSIEKE MECHANICA

H. Hauta

HOEPEL - BEWEGINGEN.



HOELA - HOEP

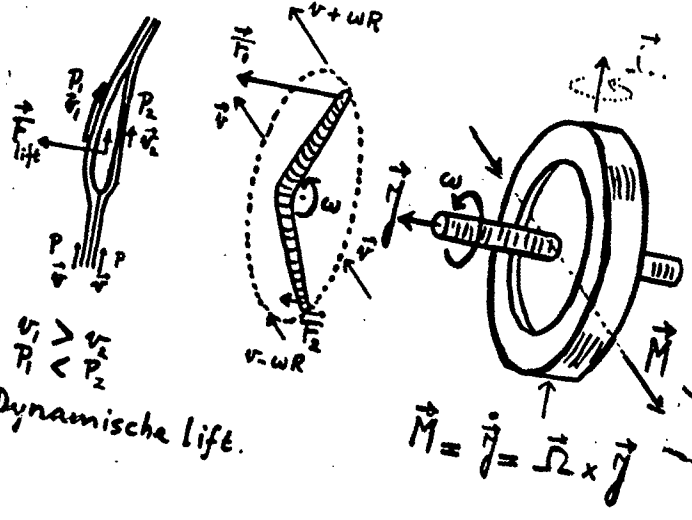
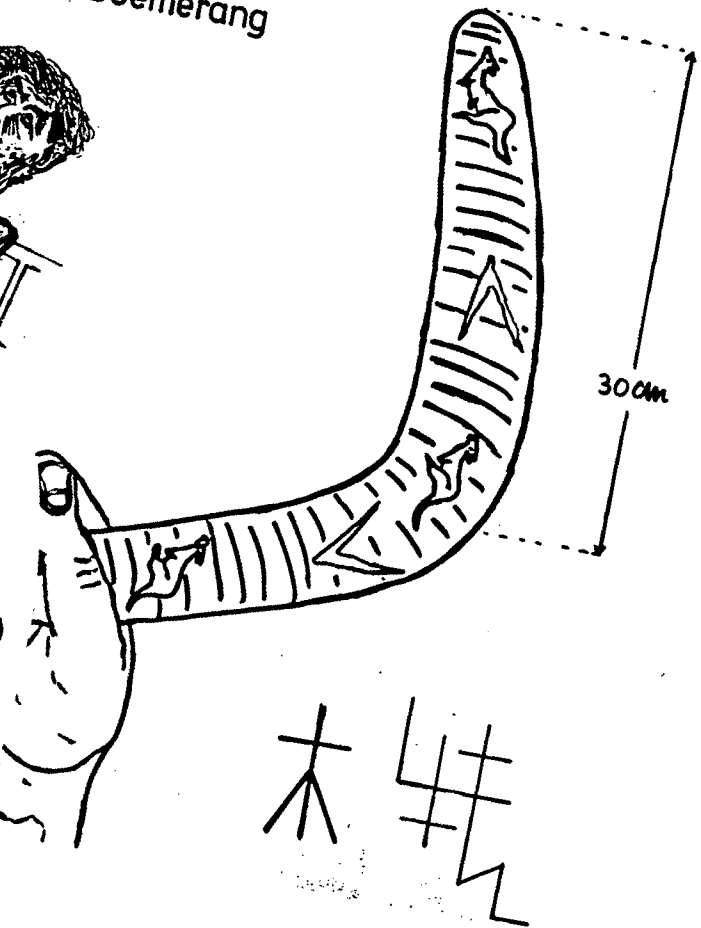


- rollen + tollen:
 - kringrollen: rollen + beetje tollen
 - kringtollen: tollen + beetje rollen
 - (vloerrilling) ↓ lustollen
 - (vloer roffel)
- rollen + kantelen:
 - kantelrollen: rollen + kantelen
 - schief kantelrollen: kringrollen + kantelen
 - waggelwaaieren: rollen + sterke kanteling

- tollen + kantelen:
 - boogzwaaien: kantelen + beetje tollen
 - kanteltollen: tollen + beetje kantelen
 - luskringe

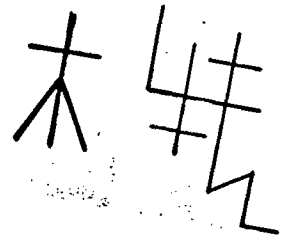


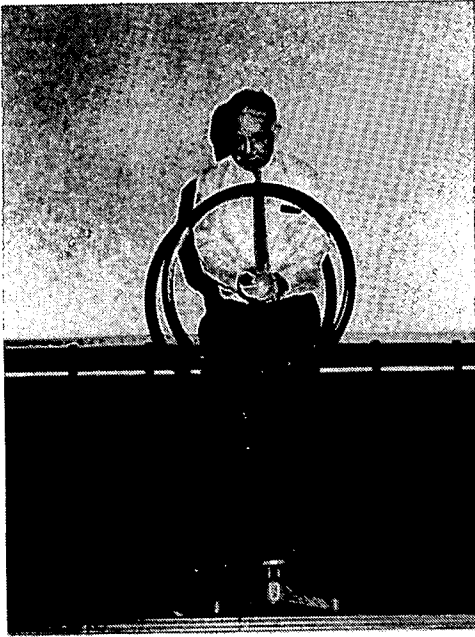
boemerang



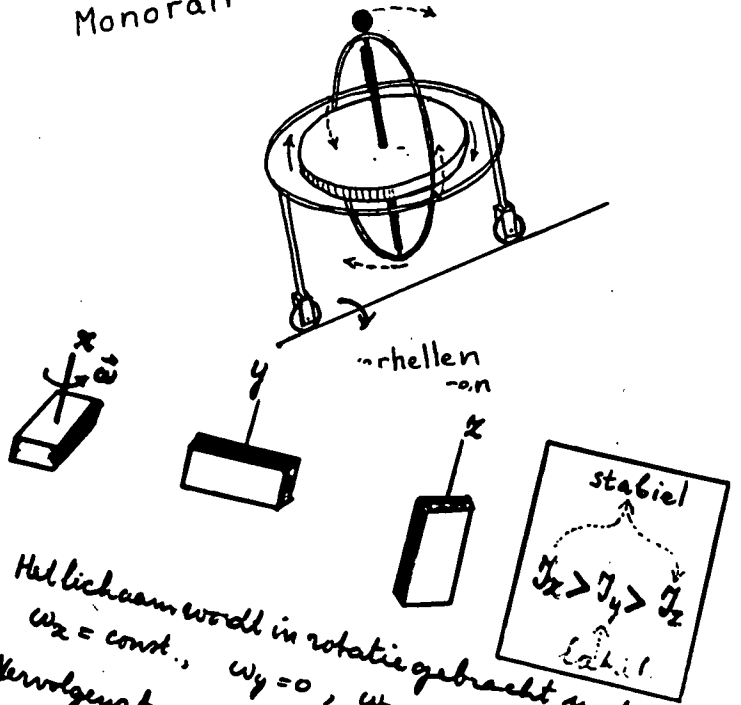
Dynamische lift.

$$\vec{M} = \vec{j} = \vec{\omega} \times \vec{j}$$



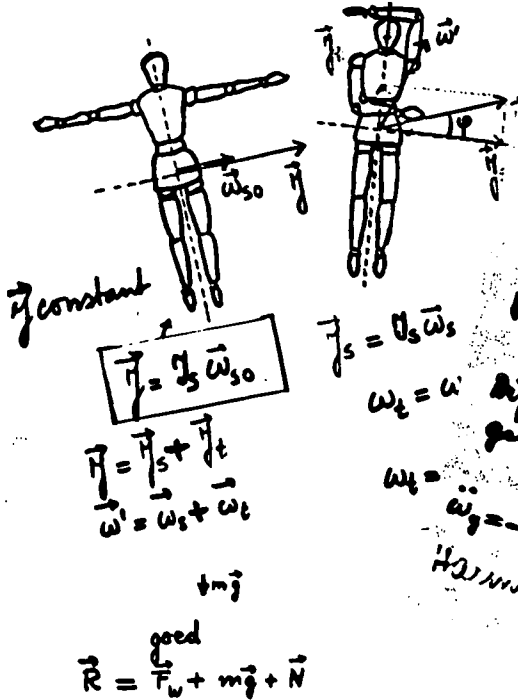


Monorail



alt.

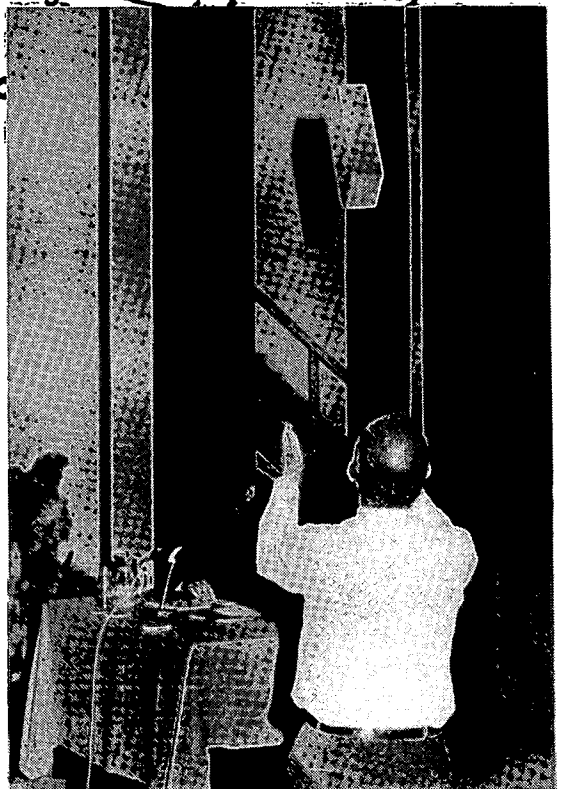
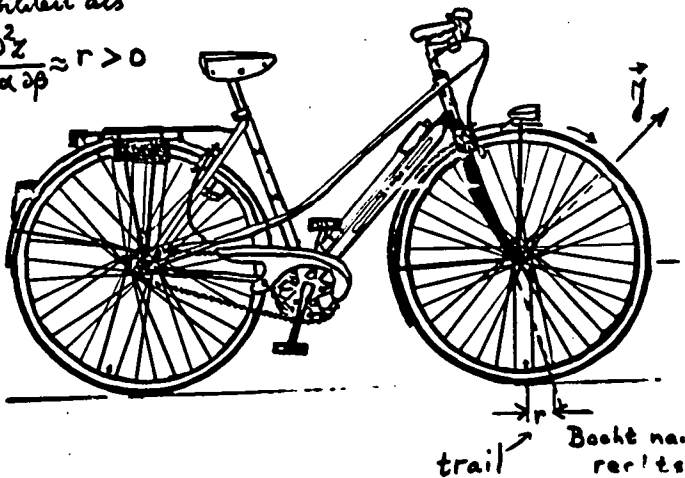
Het lichaam wordt in rotatie gebracht met $\omega_z = \text{const.}$, $\omega_y = 0$, $\omega_x = 0$.
 Hiervolgens treedt een kleine storing op met $\omega_y \neq 0$, $\omega_x \neq 0$ maar $\omega_y \ll \omega_z$, $\omega_x \ll \omega_z$.
 Direct na de storing zijn de krachtmomenten nul
 $J_x \dot{\omega}_x + (J_z - J_y) \omega_y \omega_z = 0$ (1)
 $J_y \dot{\omega}_y + (J_x - J_z) \omega_x \omega_z = 0$ (2)
 $J_z \dot{\omega}_z + (J_y - J_x) \omega_x \omega_y = 0$ (3)
 Hier van Euler



... differentiatie van (2) en substitutie van $\dot{\omega}_z$ uit (1) geeft:
 $\dot{\omega}_y = -A \omega_y$
 Harmonisch als $A > 0$

Fietsica. 1. zelf-stabiliteit: gyroscopisch effect
 2. fietsers-stabiliteit: manoeuvres met stuur en leunhoel

Stabiliteit als $\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \alpha \partial \beta} \approx r > 0$





gestrekt (straight)

$$I_{s1} = 20 \text{ kgm}^2$$

$$I_1 = 1,1 \text{ kgm}^2$$



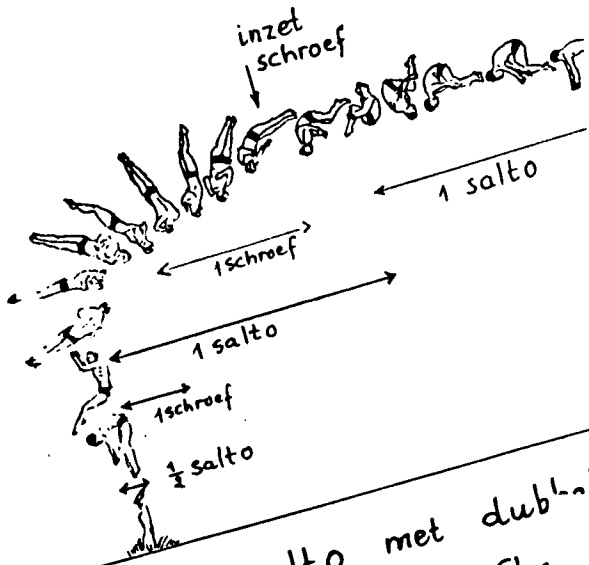
gehoekt (piked)

$$I_{s2} = 6 \text{ kgm}^2$$

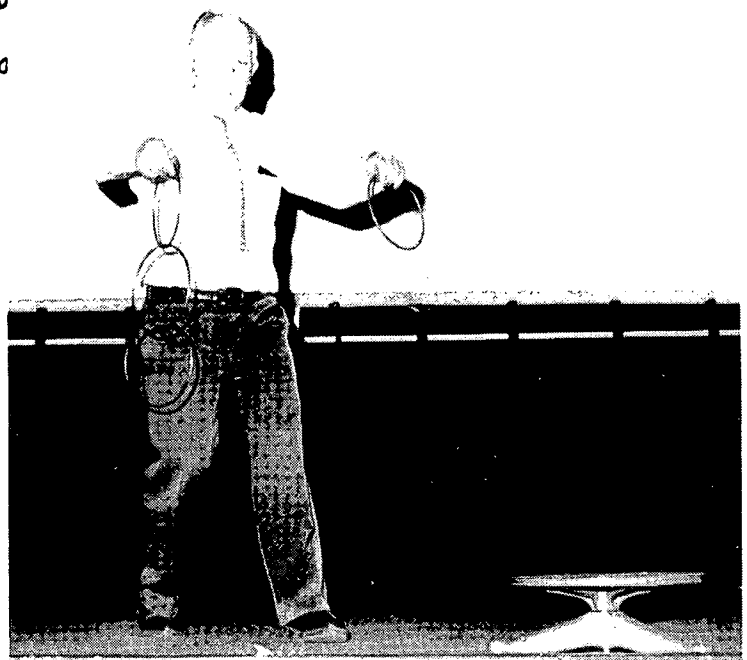
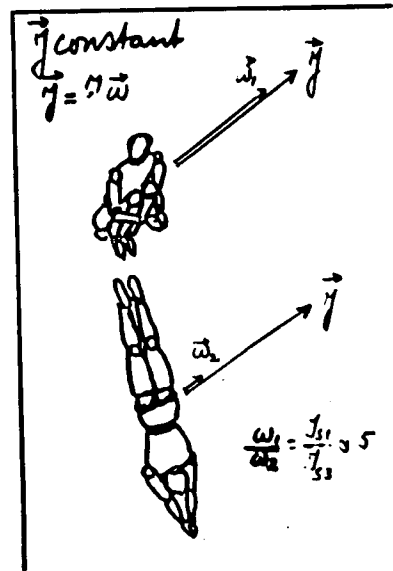


gehukt (tucked)

$$I_{s3} = 3,8 \text{ kgm}^2$$



2 1/2 salto met dubbele schroef.
U.S. Outdoor Diving Cho





deel 2: werkgroepen





'kijken' bij het PRAKTISCH SCHOOLONDERZOEK

PIETJAN WIPP00

Het praktisch S.O. zou eigenlijk een test moeten zijn van wat leerlingen tijdens hun schoolloopbaan aan praktische vaardigheden hebben geleerd. Beoordeling van deze vaardigheden tijdens het practicum zelf blijkt helaas niet goed mogelijk.

Om toch een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de experimentele vaardigheid, is gekozen voor de volgende opzet:

- Elke leerling voert individueel een aantal (bijv. 5) korte proefjes uit. Er is voor gezorgd dat er genoeg variatie in deze proeven zit. Bij het VWO heeft één proef te maken met het (verplichte) keuze-onderwerp.
- De uitwerking van de proeven vindt plaats op antwoordbladen. Elke proef telt even zwaar mee bij de beoordeling.
- Het praktische S.O. vindt plaats in de S.O.-periode. Twee groepen van maximaal 20 leerlingen per dag. HAVO en Atheneum op twee opeenvolgende dagen. HAVO en Atheneum hebben twee proeven gemeenschappelijk. Het doorspelen van informatie door leerlingen aan elkaar valt erg mee.
- Elk jaar worden nieuwe proeven ontwikkeld. De oude proeven zijn voor de leerlingen beschikbaar als oefenmateriaal.

In de discussie kwamen o.a. de volgende punten naar voren:

- Er zit vaak weinig variatie in de praktische S.O.-cijfers. Het praktisch S.O. werkt dus nivellerend. Is dit een bezwaar, en zo ja, wat doe je eraan?
- Het is nuttig om leerlingen na de uitvoering van een proef gelijk te wijzen op geconstateerde fouten. Dit voorkomt veel discussie achteraf.
- Om te voorkomen dat leerlingen door foute metingen bij de uitwerking van hun proeven vastlopen, zou je ze voor deze uitwerking standaardmetingen kunnen geven. Is dit een goed systeem?

Toelichting bij de lijst met puntentotalen.

- Van 21 leerlingen ("11") staan naast elkaar:
 - het uiteindelijke schoolonderzoekcijfer (S.O.);
 - het examencijfer (C.S.E.);
 - de puntentaallen per proef;
 - het totaal aantal punten;
 - het gegeven P.S.O.-cijfer.

De namen van de leerlingen zijn weggelaten; ze zijn aangegeven met letters.
 Omcirkeld zijn de meisjes.

In het algemeen liggen de P.S.O.-cijfers hoger dan de S.O.-cijfers.
 De praktische vaardigheid is ook beter dan het theoretisch inzicht.
 Grote verschillen zijn te zien bij leerling F, L en T. In alle drie gevallen was het (hoge) P.S.O.-cijfer terecht: de leerlingen zijn niet sterk in natuurkunde, maar hebben eigenschappen die bij het P.S.O. zwaar tellen: inzet, opmerkingsgave (zonder direct te begrijpen wat ze zien), handigheid en nauwgezetheid.

Van de proeven zijn in dit verslag alleen de beschrijvingen opgenomen van de proeven 2 en 4, die over optische onderwerpen gingen.

puntentotalen			Krachten optische proeven verg. betingd						
6A	PSO (g85)		1	2	3	4	5	Tot	C
u.	so	cse	24	24	24	24	24	120	
A	6,0	5,6	15	24	12	10	10	87	8,0
B	3,0	6,3	13	16	10	19	10	76	7,0
⊙	5,0	5,7	5	10	15	10	12	52	5,0
⊙	6,3	5,5	5	14	14	17	0	50	5,5
⊙	5,4	5,6	12	6	16	14	14	62	6,0
F	5,9	5,5	15	14	20	17	16	82	7,5
G	7,0	7,8	21	11	20	21	17	90	8,0
H	7,0	8,0	15	16	16	18	16	81	7,5
⊙	5,0	6,1	19	7	18	21	12	77	7,0
T	6,1	6,0	17	17	16	19	9	78	7,0
⊙	6,7	6,6	16	16	16	21	15	84	7,5
L	6,4	5,3	21	16	10	16	17	80	8,0
M	6,3	4,3	21	20	19	16	17	93	8,0
N	7,3	6,1	22	20	16	16	18	92	8,0
P	6,7	5,9	10	20	14	14	15	81	7,5
Q	6,4	6,0	16	17	17	16	17	83	7,5
R	6,6	5,4	10	12	11	16	17	74	7,0
⊙	5,9	6,3	16	4	16	21	12	69	6,5
⊙	5,6	5,6	20	16	10	18	12	84	7,5
U	6,0	7,8	10	12	20	21	16	80	8,0
V	9,2	9,0	20	20	22	24	17	103	9,0

1985

2

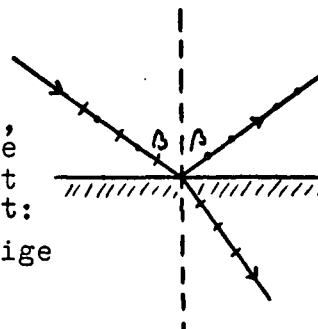
vwo

De brekingsindex volgens Brewster

Inleiding:

Licht dat weerkaatst op een doorzichtig oppervlak, zal gedeeltelijk gepolariseerd zijn. Bij één bepaalde invalshoek β (en terugkaatsingshoek) zal het licht volledig gepolariseerd zijn. Voor die hoek β geldt:

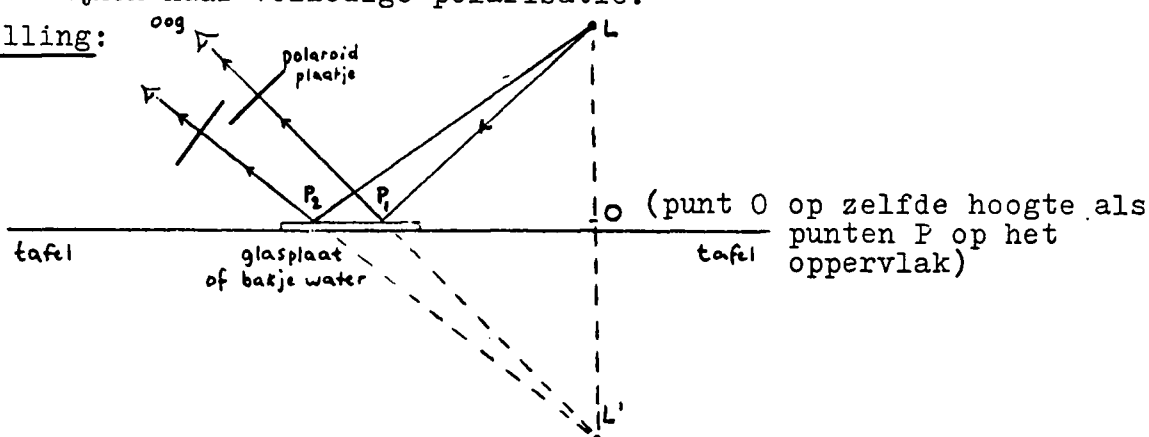
$$\tan \beta = n \quad (= \text{brekingsindex van de doorzichtige stof})$$



Doel van de proef:

Bepaling van de brekingsindex van glas en van water door te kijken naar volledige polarisatie.

Opstelling:



Opdrachten:

1. Kijk naar de weerkaatsing van het lampje in de glasplaat (Je moet als het ware het spiegelbeeld van het lampje door de glasplaat heen zien.) Houd het polaroidglasje voor het oog en draai dit glasje om de bundel, zodat je intensiteitsverschillen ziet. Op het polaroidglasje zit in een van de hoeken een plakkertje. Teken de stand van het glasje (en de plaats van het plakkertje) zodat de waargenomen intensiteit zo klein mogelijk is.
2. Verplaats je hoofd van het lampje af of naar het lampje toe, zodat je volledige polarisatie ziet. Bepaal dan de plaats P op de glasplaat waarachter je dit (door polarisatie uit te doven) spiegelbeeld L' van L ziet. (Leg daar b.v. een lucifer). Meet de afstanden PO en LO.
3. Kijk nu naar de spiegeling door het wateroppervlak. Kijk uit voor trilling van het water! Bepaal ook nu de richting van de volledige polarisatie: bepaal een punt P' op het wateroppervlak zodat de richting L'P' overeenkomt met de richting van volledige polarisatie. Meet de afstanden P'O' en L'O'.

Uitwerking:

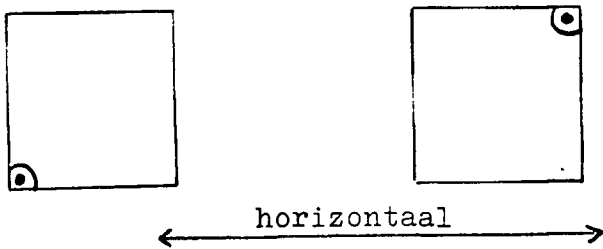
Omdat hoek β (de hoek van inval) even groot is als hoek PLC , geldt: $n = \tan \beta = \frac{PO}{LO}$.

Bereken de gemeten waarde van de brekingsindex van glas en van water met drie cijfers nauwkeurigheid. Vergelijk zo mogelijk met de waarde in BINAS.

Antwoordpapier proef 2: "Brewster"

Naam: eigen metingen en puntennorm

Opdracht 1 : 4 punten



Opdracht 2 : glas 6 punten

$$PO = \frac{472 \text{ mm}}{LO} = \frac{PO}{LO} = 1,54$$

$1,45 \leq n \leq 1,6 : 4 \text{ pt.}$
 $1,40 \leq n \leq 1,7 : 2 \text{ pt.}$
 daarbuiten : 0 pt.

rekenwerk: 2 pt. (incl. aflezen in mm , anders 1 pt.)

Opdracht 3 : water 6 punten

$$P'O' = \frac{380 \text{ mm}}{LO'} = \frac{P'O'}{LO'} = 1,30$$

$1,25 \leq n < 1,4 : 2 \text{ pt.}$
 daarbuiten : 0 pt.

$LO' < LO : 2 \text{ pt.}$ rekenwerk : 2 pt.

Commentaar : 8 punten

conclusie $n_{\text{glas}} = 1,54 : 1 \text{ pt.}$
 conclusie $n_{\text{water}} = 1,30 : 1 \text{ pt.}$
 opzoeken in BINAS glas $n=1,51 (1,52) : 1 \text{ pt.}$
 water $n=1,33 (1,34) : 1 \text{ pt.}$

foutendiscussie : 4 pt.
 $\Delta PO \approx 1 \text{ cm} \rightarrow \Delta n \approx 0,03 \rightarrow$ meetwaarden binnen meetfout

totaal : 24 punten

1985
4

De vergroting

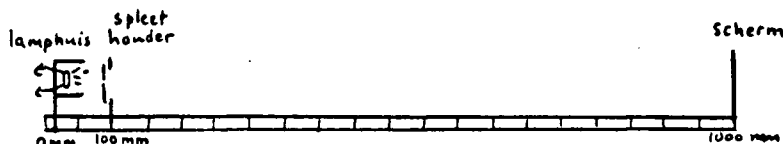
Inleiding:

Het is lastig om de breedte van een smalle spleet nauwkeurig te meten. Door de spleet te belichten en ver weg af te beelden, kunnen we de breedte van de spleet berekenen uit een aantal metingen.

Doel van de proef :

Zo nauwkeurig mogelijk meten van de breedte van een smalle spleet.

Opstelling:



Het lamphuis, de houder met spleet en het scherm worden niet verplaatst
Beschikbaar : drie lenzen (A, B en C)

Zet de lamp aan als je wilt meten. Zet de lamp uit als je niet meet.
Draai in geen geval aan de instelling van de spanningsbron.

Opdrachten :

1. Zet lens C op de rail zó dat op het scherm een vergroot, scherp beeld is te zien van de spleet (of spleten).
Noteer de positie (in mm vanaf het begin van de rail) van de lens.
(Hiervoor zit een aanwijsstreepje op het voetje van de lens)
Doe daarna hetzelfde met lens B en met lens A.
2. Neem het geval dat op het scherm het beeld het grootst is.
Meet de breedte van de afbeelding zo nauwkeurig mogelijk.
(Beschikbaar zijn : een geodriehoek en een schuifmaat)

Uitwerking:

Bepaal voor het laatste geval de waarden van de beeldsafstand b en de voorwerpsafstand v .

Bereken de vergroting $\frac{b}{v}$.

Bereken de breedte van de spleet in werkelijkheid met de juiste nauwkeurigheid.

Verdere uitwerking :

Bereken de brandpuntsafstand f van de lenzen A, B en C met de juiste nauwkeurigheid.

Gebruik de lenzenformule $\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$.

Antwoordpapier proef 4: "De vergroting"

Code opstelling: _____ Naam: eigen metingen en puntennorm.

Opdracht 1: (3x 3 = 9 punten)

lens C positie
405 mm ± 15 mm

lens B 212 mm ± 8 mm

lens A 151 mm ± 3 mm

(verkleining ingesteld : 1 ipv 3 pt.
gloeidraad geprojecteerd : 1 pt.
(ipv spleet)

Opdracht 2: (3 punten)

breedte van het beeld is: 3,5 mm ± 0,5 mm

meetinstrument(en) schuifmaat (3 pt.)

geodriehoek (2 pt.)

Uitwerking (6 punten)

lens (A) $b = 1000 \text{ mm} - 151 \text{ mm} = 849 \text{ mm}$
 $v = 151 \text{ mm} - 100 \text{ mm} = 51 \text{ mm}$ (2 pt.)

$\frac{b}{v} = 16,6$ (2 pt.)

De breedte van de spleet is $\frac{3,5 \text{ mm}}{16,6} = 0,21 \text{ mm}$ (2 pt.)

Verdere uitwerking (6 punten (per lens 2pt.))

lens (A) $\frac{1}{b} = 0,00118$
 $\frac{1}{v} = 0,01961$
 $\frac{1}{f} = 0,0208$

$f = 48 \text{ mm}$ (45 mm tot 50 mm)

lens (B) $f = 95 \text{ tot } 102 \text{ mm}$

lens (C) $f = 195 \text{ tot } 205 \text{ mm}$

totaal : (24 punten)



LEERLINGENPROEVEN MET DE C-64 IN DE BOVENBOUW

han oosting en huub van wunnik

Doelstelling van het project.

Binnen het project worden 13 lessen natuurkundepracticum voor de bovenbouw voor VWO en 10 lessen natuurkundepracticum voor HAVO ontwikkeld.

Deze lessen zijn erop gericht om de leerlingen vertrouwd te maken met het meten met een AD-converter en het verwerken van gegevens door een computer.

De practicumlessen dienen een ondersteuning te zijn voor het eindexamenprogramma. Bij de chronologische volgorde waarin de proeven gedaan worden is gedacht aan aansluiting bij de meest gebruikte leerboeken: Middellink en Schweers en Vianen.

Het is niet de bedoeling dat de computereperimenten de bestaande experimenten vervangen. Ze voegen een nieuw facet toe aan de reeds bestaande experimenten. De grote mogelijkheden van de combinatie van een computer met de AD-converter moeten aan bod komen, t.w.:

- de snelheid van het meten;
- het opslaan van meetgegevens in het meetgeheugen;
- de snelle verwerking van meetgegevens tot grafieken.

Aan de hand van enige practica hebben wij onze doelstelling nader toegelicht. Ook hebben wij onze ervaringen met deze practica aangegeven, waarbij de volgorde en de keuze van de verschillende practica aan de orde kwamen. Zo vinden wij het belangrijk dat de leerlingen weet hebben van de werking van de AD-converter en dus ook kunnen omgaan met het binaire en decimale stelsel.

Daar de leerlingen met verschillende vaardigheden met betrekking tot het omgaan met de computer practicum gaan doen, is het zeer belangrijk dat zeker in het kennismakingspracticum een grote differentiatie zit. De basisstof doet iedereen, daarentegen moet er relatief veel verrijgingsstof kunnen worden, aangeboden.

Tijdens de discussie die na onze voordracht ontstond kwamen enkele belangrijke punten aan de orde.

1. De programma's (handleiding en software) moeten zodanig zijn dat de leerlingen de ruimte hebben om het aantal metingen en/of de manier waarop ze meten zelf te bepalen. Een zeer strak gestructureerd practicum doet de leerlingen vervreemden van de proef waar hij/zij mee bezig is. De vraag "Wat ben ik eigenlijk aan het doen?" wordt dan vaker gehoord en het stimuleert de leerling ook niet om zichzelf in de proef in te leven.

2. Onder de collega's zijn er grote verschillen met betrekking tot het gebruik van de computer als natuurkundig meetinstrument. Het varieert van "laat de computer nu maar alles meten" tot "alleen wat niet anders kan, mag de computer doen".
Ook hier blijkt dat nogal wat collega's moeite hebben met de computer als nieuw meetinstrument. Misschien is dit te vergelijken met het invoeren van het rekenmachientje of de digitale V- en A-meters.
3. Tijdens de discussie kwam tevens naar boven dat er vooral behoefte bestond voor kant en klare computerpractica. Ook hierbij geldt dat het wiel niet telkens weer uitgevonden hoeft te worden.
Op dit moment is de software die wij ontwikkeld hebben universeel te gebruiken d.w.z. het is voor meerdere practica te gebruiken.
Mogelijk zijn: tijdmeting met fotocellen, snelle spanningsvariaties (magneet valt door een spoel), dit kan tot 1 ms nauwkeurig, het meten van spanningen over langere tijd (het ont- en opladen van een condensator en de gedempte slingerproef) en het meten van V-I karakteristieken.

Het werken met de computer betekent vaak ook dat de meetgegevens duidelijker worden voor de leerling daar de computer die gegevens direkt in een diagram kan laten zien.



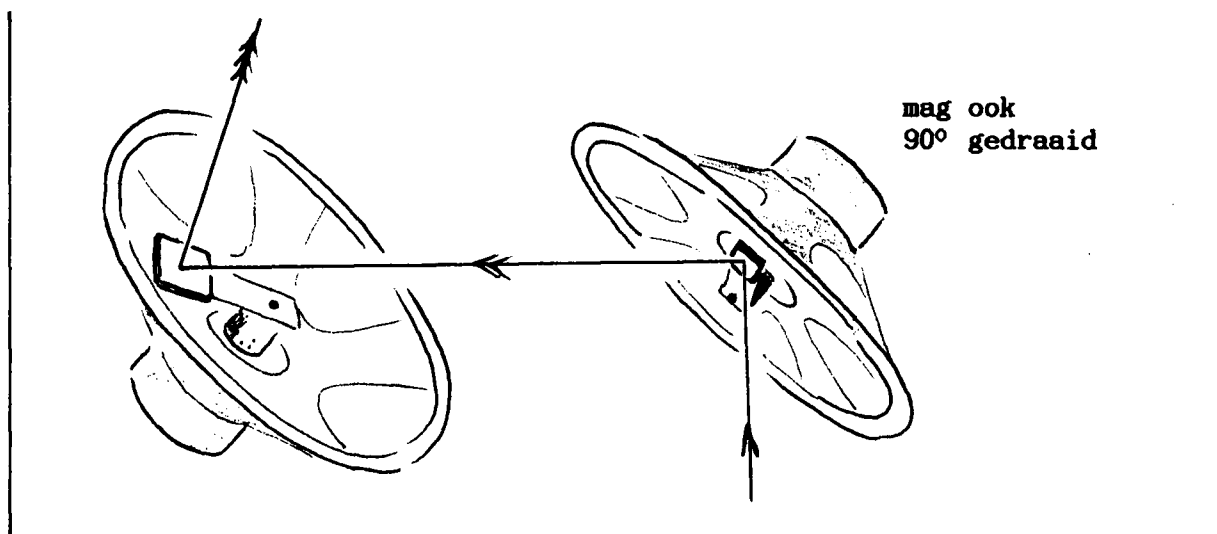
SMAAKMAKERS 2

LOUIS MATROT
HUBERT BIEZEVELD

Evenals vorig jaar hebben we een demonstratie gegeven van allerlei proeven met een verrassend karakter. Een deel van die proeven is beschreven in de syllabus van de vorige conferentie; een ander deel kunt u vinden in deel 2 van Scoop.

Een voorbeeld:

Met een laser en twee luidsprekers, voorzien van minispiegeltjes, aangesloten op toongeneratoren kunt u Lissajous-figuren op grote afstand projecteren. (Iets voor een open dag?)



De beste bijdrage aan een verslag als dit is onze bronnen te noemen, zodat u zelf aan de slag kunt.

- Als u een aansluiting heeft op kabel-TV, dan moet u een kijken naar het duitse programma 'Kopf um Kopf' (WDR ma. 20.15 uur iedere twee maanden).
- Onze belangrijkste bron is The Physics Teacher. Na afloop van de demonstraties noteerden we 12 nieuwe leden van de AAPT. Voor diegenen die zich alsnog als lid willen aanmelden volgt hier het adres:

American Association of Physics Teachers
Business Office
5110 Roanoke Place, Suite 101
College Park, MD 20740
Maryland
USA



Voor \$40,- wordt u lid (Regular membership). U ontvangt voor dat bedrag: 9 keer per jaar de Physics Teacher en 12 keer Physics Today. Ook dit laatste blad is zeer de moeite waard.

Als u zich aanmeldt, krijgt u na enige tijd een nota, die u met een cheque moet voldoen. Vergeet dan niet met die cheque de bovenste helft van de nota mee terug te sturen, want anders raakt de administratie in de war.

Wordt lid van die club!



Licht op

FENOMENA

henk mulder

Twee bijzondere fenomenen passeerden het afgelopen jaar ons land: Halley en Fenomena.

Zoals de komeet eens in een mensenleven onze horizon overstijgt zo was het ook met de grote tentoonstelling op het terrein in Rotterdam onder de Euromast. Voor een fysicus was deze gebeurtenis beslist "eenmalig".

We kunnen toch niet verwachten dat nog vaker een nationale tentoonstelling zo intens en spectaculair gewijd zal zijn aan natuurkundige verschijnselen; een terrein van vele hectare als een groot openlucht klaslokaal.

Vele van ons zijn er meermalen geweest, sommige met hun klas.

Na een dag sjouwen verlieten we verwonderd het terrein. En was dat niet des te merkwaardiger omdat het vaak ging om bekende proefjes en spelletjes. Waardoor kwam dan die verrassing? En wat dreef het grote publiek naar deze science-show?

Ze waren toch van huis vertrokken voor een leuk dagje uit, zoals we ze eerder in Slagharen of de Beekse Bergen waren tegengekomen. Op de conferentie in subgroep 4 de centrale vraag: wat trok hen? En praktisch: verwachten de leerlingen ook iets van ons als ze in de gang staan te wachten voor het lokaal?

Gaf FENOMENA ons tips voor het onderwijs van alle dag?

We hadden in Rotterdam dia's en een uitgebreide videoband gemaakt om erachter te komen. Hier enkele tips die de beelden gaven.

Tips

De hoofdmotieven waren: beweging en licht. Dat zijn duidelijk onderwerpen die mensen aanspreken.

Een eerste eigenschap: het macroscopische.

Vaak werken we in miniatuur. kunnen we experimenten niet wat meer "volume" geven?

Een tijdtikkerstrook aan een startende fiets in de gang zal toch meer tot onderzoek prikkelen dan die aan een minikarretje op de demonstratietafel.

Was de supercamera niet doodsimpel en toch spectaculair. Een heel klaslokaal als fototoestel. Deed Newton ook geen proeven waarbij zonlicht door een spleet tussen de gordijnen naar binnen viel? Meet eens de valversnelling met een spuitende tuinslang.

Een tweede aspect: samengaan van wetenschap en schoonheid.

De reuzeturners waren prachtige toestellen om zo in een stadspark te zetten en ... ze deden niet meer dan resonantie en zweving demonstreren.

Was de waterparaplu, kon het eenvoudiger, een fysicaproef of een feest van parabolen. Vele, en niet alleen kinderen, liepen drijfnat over het terrein, omdat de superregenbui hen onweerstaanbaar had aangetrokken.

Een derde effect: het wonder van het alledaagse.

We streven vaak naar dure apparaten, terwijl met simpele zaken, vlak om ons heen, op allerlei terrein te werken valt. Er ligt zoveel binnen de belevingswereld van de toeschouwers.

Spelen met licht, spiegels, prisma's, kleuren.

Versnelling bij kermisattracties en in de sport.

Geheimen van de waterstraal uit de kraan. Kun je niet met een krijtje, een bordliniaal, een krijtborstel en een touwtje de halve mechanica demonstreren?

Een volgend idee: maak van uw natuurkundelokaal een plek waar wat te zien en te beleven is.

Zijn verschillende proeven van licht en beweging niet permanent op te stellen. Een lange veer aan het plafond voor voortplanting en golfstructuur.

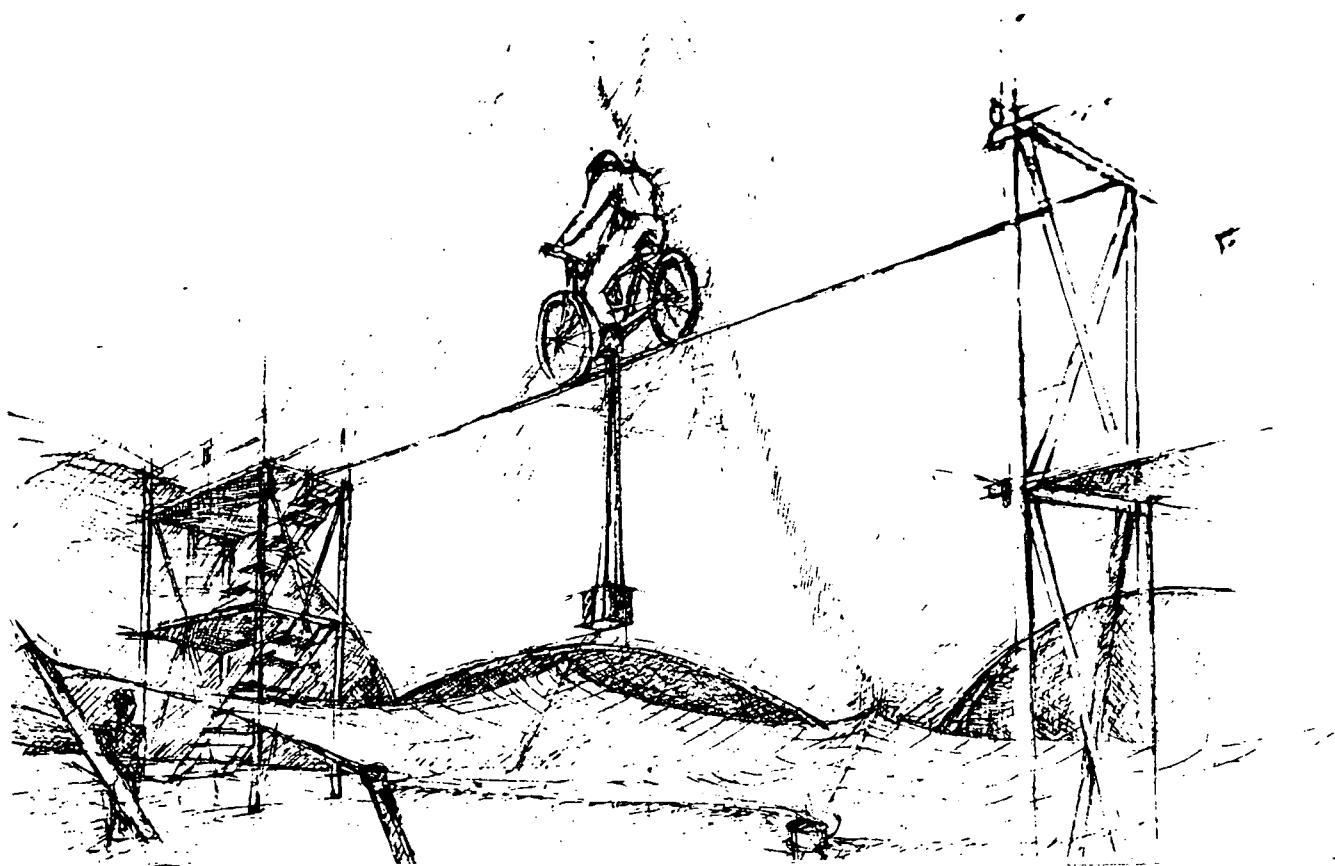
Een vitrine met wisselende opstelling. Een knop buiten aan de muur in de gang om iets in werking te stellen.

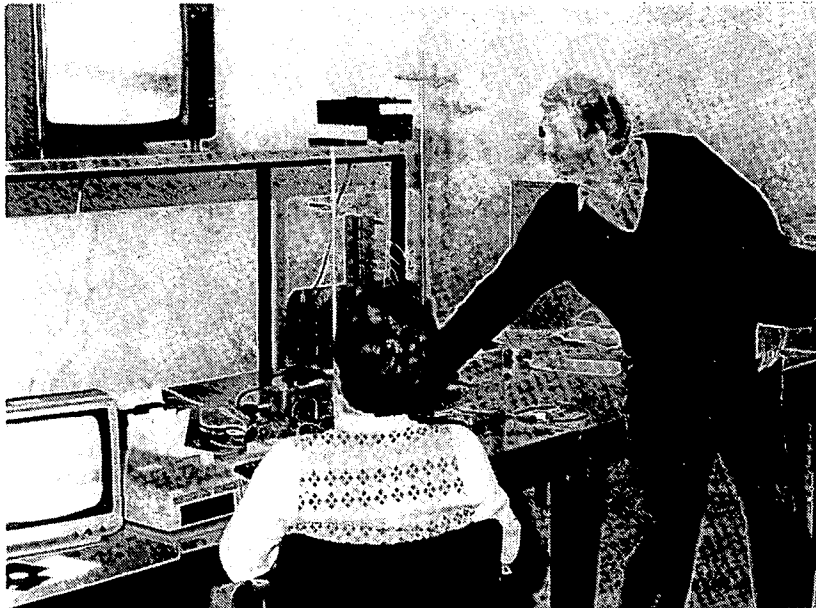
Leerlingen moeten kunnen vragen: mijnheer (of mevrouw) wat is dat??

Maak uw eigen fenomenen. Bekijk nog eens de dia's die u wellicht zelf in Rotterdam maakte en herinner uw eigen reacties en die van andere.

En als we de poort van het terrein achter ons hebben, gaan we terug naar het alledaagse van alledag. En daar willen dan telkens iets bijzonders instoppen, iets dat we zelf ook nog verrassend vinden.

FENOMENA liet ons achter met de illusie dat zoiets telkens weer mogelijk moet zijn.





SERIES VIDEO- FRAGMENTEN

W. WESTERA

Het audiovisueel centrum van de T.H.-Eindhoven is onlangs begonnen met de productie van series videofragmenten voor gebruik in frontaal onderwijs. 'Golven en optica' is een van de series. Deze band zal circa 30 korte fragmenten van 3 à 4 minuten tellen. Ieder fragment behandelt een specifiek onderdeel van de leerstof.

In tegenstelling tot 'gewone' onderwijsfilms kunnen videofragmenten op flexibele wijze in het college (c.q. de les) worden ingepast. De fragmenten zijn voorzien van een plaatscode, zodat de docent door het intoetsen van de code het gewenste fragment kan oproepen. De docent wordt niet uitgeschakeld, zoals vaak bij 'gewone' films, maar juist ingeschakeld. De docent leidt het onderwerp in, kan aanwijzingen geven, kan stukjes herhalen, vertraagd afspe-len, het beeld stil zetten, een detail aanwijzen, vragen stellen, conclusies trekken, enzovoorts.

Bij het ontwerpen van een serie wordt de leerstof geanalyseerd, op zoek naar onderwerpen die zich lenen voor visualisatie. Bij elk fragment wordt stap voor stap nagegaan hoe de vormgeving, het beeld, de opeenvolging van beeld-uitsneden en het op elkaar afstemmen van beeld en geluid kunnen bijdragen tot een optimaal leerresultaat. Soms kunnen truckages en animaties de leerstof verhelderen.

Bij het ontwerpen van fragmenten wordt gestreefd naar een zo functioneel mogelijke toepassing van het medium video. De fragmenten zijn ontdaan van 'franje'. Wat de docent zelf kan overdragen bij het inleiden of nabespreken van een fragment wordt ook aan de docent overgelaten. Bij de series hoort een beknopte handleiding voor de docent met suggesties voor 'multimediale inpassing'.

Naast vertoning en bespreking van enkele fragmenten over het onderwerp 'polarisatie' zal de vraag aan de orde komen wat de betekenis van deze fragmenten, die in eerste instantie bedoeld zijn voor het hoger onderwijs, voor het middelbaar onderwijs kan zijn.



BETER UIT DE DOPPEN KIJKEN!
OF JE SCHRIKT JE LENS BIJ DE OPTICIËN

Denk DE VRIES

De inleiding eindigde in de volgende vraagstelling:

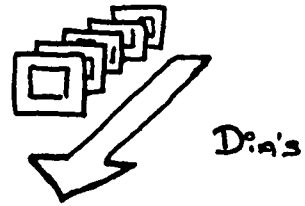
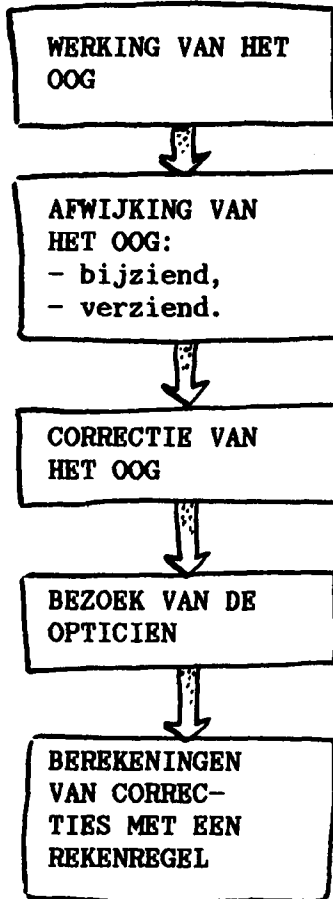
- wat voor experimenten kun je op school ontwikkelen, die de "optische wereld" waar de kinderen mee te maken krijgen in het dagelijkse leven vertaald.
- welke rekenregel is er te ontwikkelen om aan die herkenbare "context" ook te rekenen.

Het kader waarin de vraagstelling bediscussieerd kon worden was, dat zoveel mogelijk kinderen dit natuurkundig onderdeel zouden moeten krijgen én dat de leerkrachten zich bewust zouden moeten zijn van het probleem of meisjes hier ook iets mee zouden moeten kunnen.

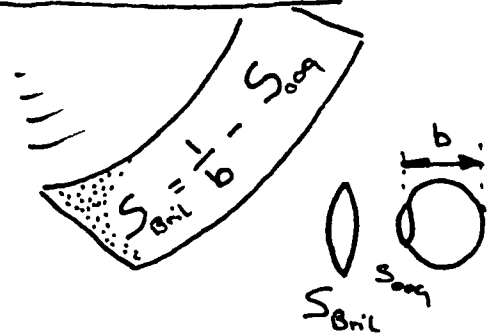
Hieronder volgen een aantal punten uit de discussie.

- Bij de opticien gaat het onderzoek door een aantal lenzen uit te proberen.
- Het is onbekend hoe een bril eigenlijk berekend wordt.
- Leuke proefjes met het oog zijn toch eenvoudig te doen; kwalitatief.
- Van positieve brilglazen is snel het brandpunt te bepalen.
- In de bovenbouw VWO is het toch niet belangrijk stil te staan bij de vraag of natuurkunde voor iedereen geschikt is?
- Dit is wederom het probleem van wel of geen context onderwijs.
- De natuurkunde heeft toch als doel dat je de werkelijkheid isoleert en versimpelt? De lenzenwet is voldoende.
- Voor meisjes is het best aantrekkelijker als het binnen de directe context van het eigen lichaam kan worden gehaald.

Het tweede deel van de subgroeptijd werd besteed aan een bespreking van een voorbeeld.



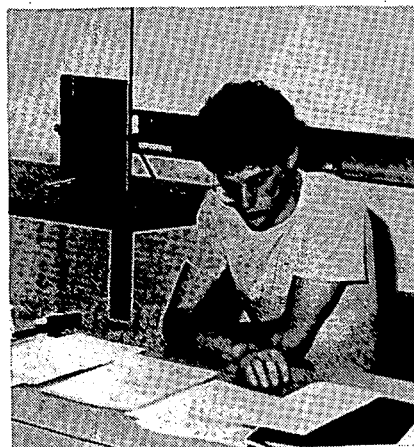
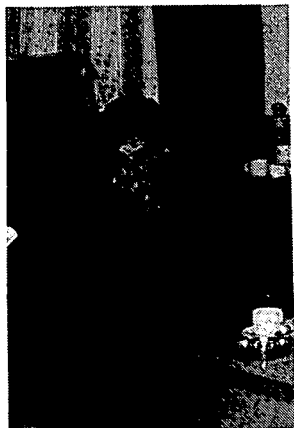
$$S_{\text{Bril}} = \frac{1}{b} - \frac{1}{f_{\text{oog}}}$$



Hoe is deze rekenregel nu te gebruiken:

- wiskundig gelijkwaardig aan de lenzenwet;
- het alternatief S_{oog} is misschien wat aantrekkelijker;
- de afstand lens-netvlies is bij benadering in een schedel na te meten (biologie lokaal);
- S_{Bril} is te berekenen of te laten meten bij de opticiens
- S_{oog} (van het te corrigeren oog) is te berekenen of op te zoeken in biologie boeken of door de afstand lens-netvlies wat langer of korter te nemen.

Groeten Henk de Vries.



GAAT LICHT TE SNEL?

ROB CEELER EN
WIJNARD WALKRAVENSTEYN

"Het boek komt omgekeerd mijn oog binnen"

"Licht gaat met een snelheid van 300.000 km/sec. Dus ik zie het boek in 1/300.000 seconde."

"In het donker kan ik de twee blaadjes niet zien, maar misschien wel onderscheiden, want het zwarte voelt wat warmer aan, want het absorbeert licht."

"De schaduw van de glasplaat zou eigenlijk zwart moeten zijn, maar doordat het licht er doorheen kan dringen krijg je een rode schaduw."

In samenwerking met Dr.Th.Wubbels (R.U.-Utrecht) hebben wij een orienterend onderzoek uitgevoerd naar voorstellingen die leerlingen hebben bij elementaire begrippen uit de geometrische optica, zoals: licht, zien, kleur en spiegel(beeld). Alsmede naar de invloed, die het onderwijs op die beelden heeft. Hiertoe hebben wij 278 leerlingen uit havo 2, 3 en 4 een lijst van 10 open vragen voorgelegd.

Bij het verwerken van de antwoorden kwamen wij vele, zeer bloemrijke antwoorden tegen, zoals de bovenstaande voorbeelden U duidelijk mogen maken. En, ja wat moet je daar nu mee ...? Hoe komt een leerling tot zo'n antwoord, wat voor beeld heeft hij erbij? En voor U als leraar belangrijker - hoe ga je daar nu in de klas mee om?

In deze subgroep willen wij aan de hand van enkele voorbeelden met U over deze vragen van gedachten wisselen. Daarnaast willen wij enige (voorlopige) bevindingen uit ons onderzoek presenteren.

LICHT : ZINNIGE GEDACHTEN?

WETEN UW LEERLINGEN DE ANTWOOR-
DEN OP DE VRAGEN DIE U ZE
NIET STELT ?

DICK OOREBEEK
JAN KAAT



"Een kat laadt overdag licht op, om dat vervolgens 's nachts te gebruiken om te kunnen zien.", "Een schaduw wordt gemaakt door zwarte straling die van een voorwerp afkomt."

Uw leerlingen zullen deze beweringen niet doen. Of wel?

In hoeverre zijn wij eigenlijk op de hoogte van de preconcepties die leven bij leerlingen? Zou het onderwijs er anders uit gaan zien als deze preconcepties ons helder voor ogen zouden staan? Wat zijn uw preconcepties met betrekking tot die van uw leerlingen?

Omdat deze vragen te belangrijk zijn om er zomaar aan voorbij te gaan hebben wij naar aanleiding van deze vragen een onderzoek op poten gezet. Dit onderzoek, dat tevens dienst deed als afstudeerwerk, is uitgevoerd in nauwe samenwerking met Ineke Frederik van de lerarenopleiding ZWN te Delft en Theo Wubbels die is verbonden aan de Vakgroep Natuurkunde-Didaktiek van de R.U. Utrecht.

In onze subgroep, met als titel 'Licht; zinnige gedachten?', hebben wij de werkwijze en resultaten van ons onderzoek gepresenteerd. Naar aanleiding van deze presentatie en de vraag "Wat betekent dit voor het natuurkunde-onderwijs?" hebben we hier op zeer levendige wijze met elkaar over gediscussieerd.

Voor mensen die geïnteresseerd zijn in onze afstudeerscriptie, waarin uitgebreid verslag wordt gedaan over het verloop van het onderzoek en de resultaten hiervan, kunnen dat bestellen door overmaking van f5,- op gironummer 3343692 ten name van Jan Kaat te Rotterdam.



BOB LANOHEER
WILLEM BUSTRAAN

ENKELE BOVENBOUWPROEVEN OVER FYSISCHE OPTICA

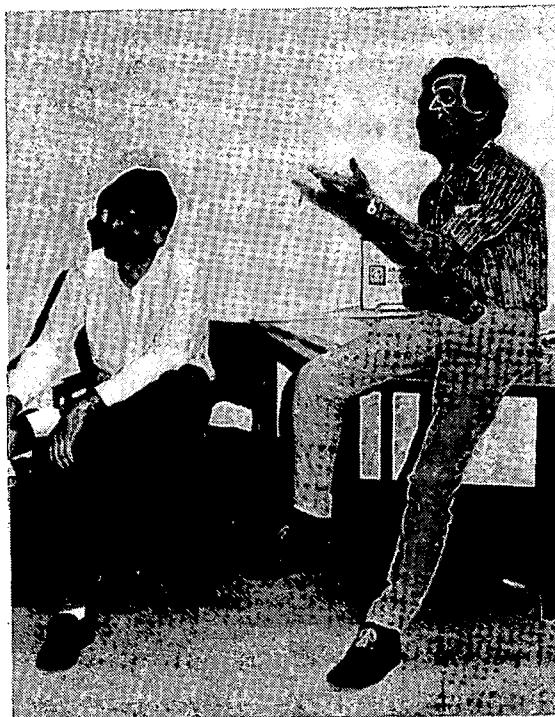
In deze subgroep worden deelnemers aan het werk gezet met een vijftal proeven die naar ons oordeel geschikt zijn om door leerlingen bovenbouw havo/vwo min of meer zelfstandig te worden uitgevoerd. Elk van deze proeven bevat een element van verrassing: de leerling wordt geconfronteerd met een resultaat dat hij/zij waarschijnlijk niet had verwacht. Door middel van gerichte opdrachten wordt dan getracht de leerling hiervoor een verklaring te doen vinden.

De vijf onderwerpen zijn:

1. Interferentie en beeldvorming
2. Polarisatoren in serie
3. Scheidend vermogen
4. Interferentie bij terugkaatsing
5. Interferentie bij zeepvliesen

Deelnemers aan de subgroep (en andere belangstellenden) ontvangen een boekje met beschrijvingen van elk van deze proeven en opdrachten. Na een korte inleiding ga je daarmee zelf aan het werk. In de nabespreking willen wij graag de reacties van de deelnemers horen op dit materiaal en op de geschiktheid ervan voor de leerlingen.

EXPERIMENTEN VOOR DE LEERLING



DICK COUMOU

1. In het natuurkunde-onderwijs bevat het onderdeel optica bijna onvermijdelijk het lijnenspel van beeldconstructie en snellius. Deze elementen zijn nodig, maar bevatten jammer genoeg niet direkt aanknopingspunten met de optica van alledag, thuis en op school. Tot deze optica van alledag reken ik eenvoudige instrumenten als diaprojector, verrekijker, loep, scheerspiegel en dergelijke. Het is spijtig dat deze zaken niet (meer) behoren tot de officieel vastgestelde leerstof van de meeste schooltypen. Als gevolg hiervan zullen ze slechts incidenteel aan de orde komen. Daardoor ontglipt een mogelijkheid om een aantal mooie toepassingen van natuurkundige principes in optische techniek te behandelen. Het is duidelijk dat hier een kans gemist wordt om natuurkunde-in-context te realiseren.

Een docent die hier toch iets aan wil doen, kan binnen zijn lessenschema misschien ruimte vinden, maar heeft dan wel behoefte aan een goede leerlingen- of demonstratieproef om deze ruimte te benutten. Het was de opzet van deze woudschotenactiviteit om hier een handreiking te bieden.

2. De deelnemers kregen een pakket van twaalf proefbeschrijvingen aangeboden. Na een korte inleiding toog men aan de slag om enkele experimenten van het dozijn te beproeven.

Het spreekt vanzelf dat praten over - en beoordelen van - proeven, alleen zin heeft als men de eventuele problemen aan den lijve ervaren heeft. Het zaaltje was daarom, zo goed en zo kwaad als dat ging, herschapen in een practicumruimte. Zeker 80% van de tijd werd aldus besteed aan het uitvoeren en testen van de experimenten.

Er werd hard gewerkt. Iedere leraar zou zich gelukkig prijzen met zo'n gemotiveerde groep.

Bij de korte evaluatie kwam, naast appreciatie van het algemene idee en de opzet van de proeven, ook gerechtvaardigde kritiek op technische aspecten van een aantal proeven naar voren.

Alles bijeen genomen overheerst bij mij de mening: enthousiaste deelnemers, een geslaagde activiteit, een goed onderwerp.

J.M. Beltman
& Th. Smits



DRIE DEMONSTRATIES, EEN PRAKTIKUM EN WAT DIVERTISSEMENT

In deze subgroep worden drie demonstraties, een praktikum en enkele divertissementen getoond:

De 3-stuivers laser (demonstratie)

Getoond wordt hoe u in de klas - in enkele minuten - een werkende laser kunt opbouwen. Benodigdheden: metalen strips, weerstandje, transparanten en een schroevendraaier.

De regenboog (demonstratie)

In een zonbestraald gordijn van regendruppels ziet de waarnemer een regenboog oplichten. Het ontstaan van de boog is lastig uit te leggen. Oorzaak: het ruimtelijke voorstellingsvermogen waarop een beroep moet worden gedaan. Dit probleem is te verhelpen d.m.v. een ruimtelijke demonstratie. Deze demonstratie - die zal worden uitgevoerd - maakt het mogelijk de regenboog te behandelen in de onderbouw.

De rookbaktechniek (demonstratie)

Lichtbundels worden als prachtige, transparante plasticen zichtbaar, door ze te omsluiten met een rookgevuuld aquarium. Bij wijze van voorbeeld wordt getoond hoe met deze techniek het beeldvormingsproces bij een diaprojector geanalyseerd kan worden.

Lichtbreking (praktikum)

Voor het $i/\sin r = \text{constant}$ praktikum bestaat een alternatief, dat aantrekkelijker is voor leerlingen. Dit alternatief - waarvoor geen extra materialen nodig zijn - wordt getoond.

Divertissement

Er bestaat een heel scala van mooie en/of verrassende lichtfenomenen. Enkele voorbeelden worden getoond.



WERK GROEP EXAMENPROGRAMMA NATUURKUNDE

A. SNATER
A.A.M. AGTERBERG

Na een overzicht van de werkzaamheden van de WEN en een toelichting op de uitgereikte notitie over de globale uitgangspunten voor herziening van het examenprogramma VWO opent dhr. Snater de discussie.

De reacties over de volgende punten zijn hieronder samengevat:

Overladenheid

- Een aantal van de aanwezigen was van mening dat door het gebruik van praktijksituaties het programma nog meer overladen zal worden, dan nu al het geval is.
- Daar werd tegenovergesteld, dat er minder hoeft te worden gedaan aan training op allerlei verschillende situaties als er meer duidelijkheid is over situaties waarin problemen op het examen worden geplaatst. Dit levert weer tijdwinst op.
- De constatering van dreigende overladenheid van het VWO-programma, zeker gezien de wens nieuwe onderwerpen en toepassingen op te nemen, werd gekoppeld aan de vraag of de WEN van plan is te 'schaven' of te 'knippen'. Het nadeel van het eerste is dat de leerstof breed is maar weinig diep gaat, het nadeel van het tweede is, dat 'geliefde' en 'onmisbaar' geachte onderdelen uit het examenprogramma geschrapt zullen worden.

Contexten

- In het algemeen waren de aanwezigen er niet tegen om natuurkunde meer in practijksituaties aan te bieden. Het probleem blijft dan wel, welke contexten je koppelt aan het examenprogramma. Contexten verouderen en wat een relevante context is voor de één, is het voor een ander niet etcetera.
- Een aantal aanwezigen was van mening dat een deel van het examen betrekking moet hebben op vertrouwde context.
- Door een aantal aanwezigen wordt met nadruk gevraagd om aandacht voor historische en filosofische context bij moderne natuurkunde, maar ook bij klassieke zoals mechanica.

Keuze-onderwerpen

- Het merendeel van de aanwezigen zou niet al te veel treuren om het verdwijnen van het KO uit het CS.
- Het KO in het SO zou tegemoet moeten komen aan verschillen tussen leerlingen (jongens/meisjes, verschillende vervolgoopleidingen etc.)
- Een aantal van de aanwezigen zou de vrijheid willen om het keuze-onderwerp in het kader van SO te vervangen door een (open) onderzoeksopdracht aan de leerlingen. Het open onderzoek vraagt wel veel werk, maar leerlingen worden er sterk door gemotiveerd.



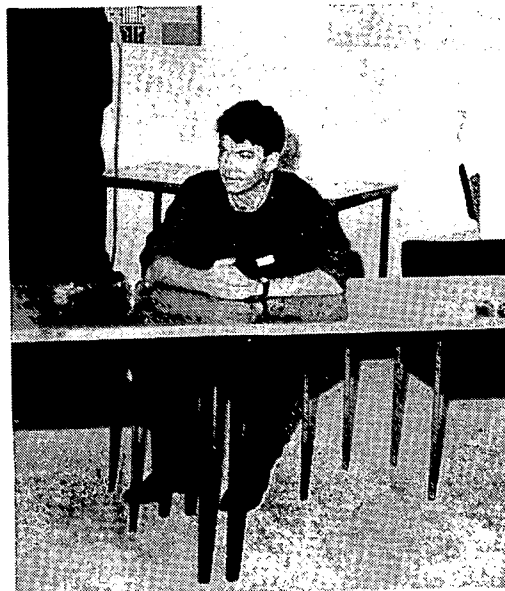
Kees Froyman

Moeilijke sommen, een ramp voor de leerlingen of voor het onderwijs?

Natuurkundesommen worden door veel leerlingen als moeilijk ervaren. Opgaven waarbij een standaardoplosmethode gebruikt moet worden zijn, na enige oefening, wel te maken. Zodra echter een opgave over dezelfde stof gesteld wordt in een afwijkende situatie, een andere context dan de aangeleerde, dan haken veel leerlingen af. De wendbaarheid met de leerstof is te gering om de transferstap naar de standaardmethode te maken.

De aanleg van leerlingen wordt vaak getoetst met dergelijke opgaven, maar in hoeverre houden wij er in ons onderwijs rekening mee? Is het niet zo dat een stuk van de maatschappelijke relevantie van het vak natuurkunde gelegen is in de mogelijkheid om die natuurkunde te gebruiken in allerlei andere situaties dan in schoolopgaven?

In deze werkgroep worden enkele facetten van het probleem aan de hand van concreet materiaal uit een onderzoek besproken, en bestaat de mogelijkheid om hierover van gedachten te wisselen.



FOTOGRAFEREN MET KINDEREN
Fotografie als projectonderwijs

A. Nuhn

Omdat fotograferen een grote hobby van mij is ben ik nog tijdens mijn studie op een school, als buitenschoolse activiteit, een fotoclub begonnen.

De kinderen was het aanvankelijk te doen om te leren afdrucken en om wat foto's te maken.

Zo zijn we dus ook begonnen, maar al gauw gingen wij ons bezig houden met: wat maakt nou dat je een foto mooi vindt, hoe bepaal je de goede beelduitsnede, waarom maak je juist van dat onderwerp een foto, wat is de functie van een foto in bijvoorbeeld de reclame?

Kortom, allemaal zaken die in geen enkel leerplan terug te vinden zijn en voor de vorming van de kinderen toch vaak enorm belangrijk.

Wat komt er verder aan de orde:

natuurkunde: - werking van de camera - vergroting - beeldhoek
- oplossend vermogen - kleuren - vervormingen
- spiegels - prisma - afstandsmeting

scheikunde : - fotochemische reacties - reactiesnelheid - milieuvervuiling - veilig werken met chemicalien

Tijdens de subgroep zullen wij ook gaan kijken wat hiervoor nodig is en hoe U dit zelf kunt organiseren.

EEN NIEUWE POGING:
**STROOM - SPANNING -
 WEERSTAND**
 zou het dan toch kunnen?



p. Licht
Inleiding

Zowel nationaal als internationaal wordt door vakdidaktici veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van fysische begrippen bij leerlingen in verschillende deelgebieden van de fysica. Het blijkt dat veel leerlingen sterk gewortelde intuïtieve concepten hanteren, die ook na het natuurkunde-onderwijs nog worden gehanteerd. Deze concepten wijken vaak af van de in het onderwijs nagestreefde en kunnen voor een belangrijk deel gebaseerd worden op ervaringen of taalgebruik uit het dagelijks leven.

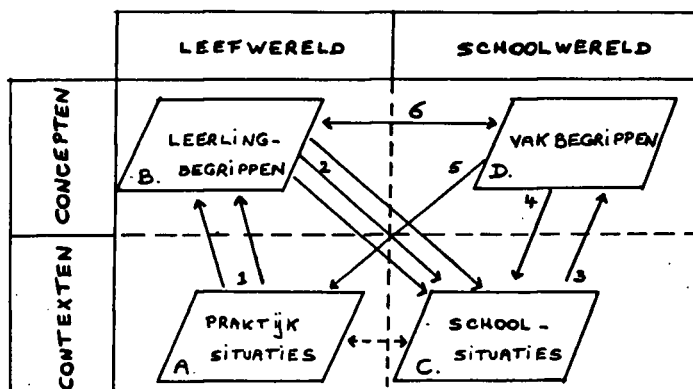
Anderhalf jaar geleden is aan de Vrije Universiteit een onderzoek gestart naar alternatieve concepten van leerlingen op het gebied van de (onderbouw-) elektriciteit. De centrale onderzoeksvraag daarbij is:

Wat zijn de meest voorkomende begrips- en redeneerproblemen van leerlingen in beginnend elektriciteits onderwijs en hoe kunnen deze problemen worden verminderd?

In deze werkgroep zullen we aan de hand van een door ons gebruikte, onderwijs-leer-strategie enige resultaten van het onderzoek presenteren. Daarna zullen we ingaan op een nieuw model voor de begrippen spanning, stroom en weerstand. Dit model gaat uit van de aanwezigheid van stationaire ladingsconcentraties in een elektrische schakeling. Komend half jaar zal dit model in klassesituaties uitgetoetst worden, in de hoop dat het de geconstateerde begrips- en redeneerproblemen zal helpen verminderen.

2. Een onderwijs-leer-strategie als werkhypothese

Figuur 1 geeft een beeld van de door ons voorgestelde onderwijs-leer-strategie.



figuur 1.

In de leefwereld van de leerling wordt hij geconfronteerd met vele praktijksituaties (A). Als verklaring voor deze praktijksituaties ontwikkelt hij zijn eigen concepten (B). Op school wordt de leerling geconfronteerd met (school-)situaties (C) die vaak enorm verschillen van de praktijksituaties in de leefwereld van de leerling. Deze schoolsituaties worden verklaard met wetenschappelijke concepten, de vakbegrippen (D), die op hun beurt kunnen verschillen van de leerlingbegrippen. Daar de leerlingbegrippen in het dagelijkse leven telkens bevestigd worden en de vakbegrippen alleen voor de schoolsituaties lijken te gelden, is de kans groot dat de vakbegrippen snel vervagen en de leerlingen korte tijd nadat het onderwijs genoten is, weer gebruik maken van hun eigen leerlingbegrippen.

Om de vakbegrippen effectiever te kunnen onderwijzen stellen we de volgende strategie voor:

1. Uitgaande van voor leerlingen relevante praktijksituaties, wordt geprobeerd de leerlingbegrippen boven tafel te halen.
2. De leerling wordt nu geconfronteerd met schoolsituaties (b.v. experimenten) die strijdig zijn met hun concepten. Dit heeft tot gevolg dat er een zekere begripsnood ontstaat.
3. en 4. In deze situatie van begripsnood worden nieuwe begrippen en concepten geïntroduceerd, die een verklaring geven voor de aangereikte schoolsituaties.
5. De aangeboden vakbegrippen moeten echter ook een verklaring inhouden van de praktijksituaties, waarmee alles begonnen is. Alleen dan blijken de vakbegrippen rijker te zijn dan de doorvóór aanwezige concepten en is er een reden om de oorspronkelijke concepten te vervangen door wetenschappelijke concepten.
6. Tenslotte zal de leerling zich bewust moeten worden van het proces dat heeft plaats gevonden, door de oorspronkelijke concepten te vergelijken met de vakbegrippen.

Uitgaande van deze strategie zullen de volgende deelvragen moeten worden beantwoord:

A Praktijksituaties

Welke praktijksituaties binnen de grote context elektriciteit vinden leerlingen relevant en welke argumenten hanteren ze daarvoor?

B Leerlingbegrippen

Wat zijn de meest voorkomende begrips- en redeneerproblemen?

C Schoolsituaties

Welke schoolsituaties zijn geschikt voor het tot stand brengen van begripsnood?

D Vakbegrippen

Welke inhoud moeten de aangereikte begrippen en redeneerwijzen hebben?

3. Resultaten van de deelvragen.

A Praktijksituaties

Uit een enquête, afgenomen onder 207 HAVO- en VWO-leerlingen bleek vooral de context Gevaaren en Veiligheid van Elektriciteit erg aan te spreken (94% van alle leerlingen is hier in geïnteresseerd daar ze het nuttig vinden om er iets van af te weten). Binnen deze context was met name interesse in:

- een elektrische schok;
- wanneer is een stroom of spanning gevaarlijk?
- wat moet je doen bij een ongeluk met elektriciteit?
Andere contexten die aanspreken zijn:
- geluids- en beeldapparatuur (87%);
- elektronica (76%, d.w.z. 85% van alle jongens en 67% van alle meisjes).

B Leerlingbegrippen

Uit een test, afgenomen onder 247 derde-klassers van MAVO, HAVO en VWO, die allen elektriciteitsonderwijs gevolgd hebben, bleek het volgende:

- alle leerlingen hanteren een één richtingsmodel voor elektrische stroom. 88% van de leerlingen laat dit echter gepaard gaan met stroomverbruik;
- 50% redeneert consequent sequentieel bij serie-geschakelde componenten;
- 20% redeneert consequent sequentieel bij parallel-geschakelde componenten;
- 60% hanteert consequent een konstante-stroom idee bij parallel-geschakelde componenten. (De batterij is een konstante stroombron);
- stroom heeft voorkeur boven spanning:
bijna alle redeneringen gaan in termen van stroom.
50% schrijft de toename van spanning toe aan de toename van de stroom.

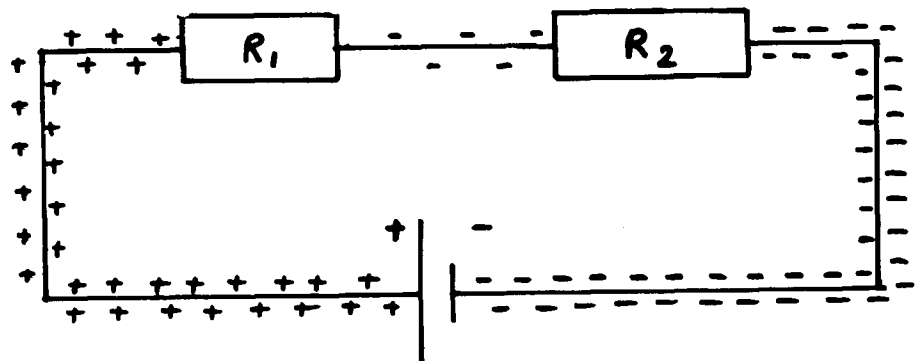
C Schoolsituaties

Ten aanzien van deze deelvraag is nog geen onderzoek verricht.

D Vakbegrippen

Een elektrodynamische analyse van eenvoudige schakelingen bracht het volgende aan het licht:

- om te zorgen dat een stroom binnen een stroomdraad blijft moet er een elektrisch veld in de draad aanwezig zijn;
- de oorzaak van dit homogene elektrische veld is een ladingsverdeling aan de buitenkant van de draad;
- een mogelijke (en eenvoudige) ladingsverdeling is een lineair afnemend oppervlakte ladingsverdeling van min naar plus (zie figuur 2);
Willen we het bovenstaande in ons onderwijs gebruiken, dan moeten de begrippen (oppervlakte- en volume-)ladingen, veld en elektronen worden vertaald in spanning en stroom.



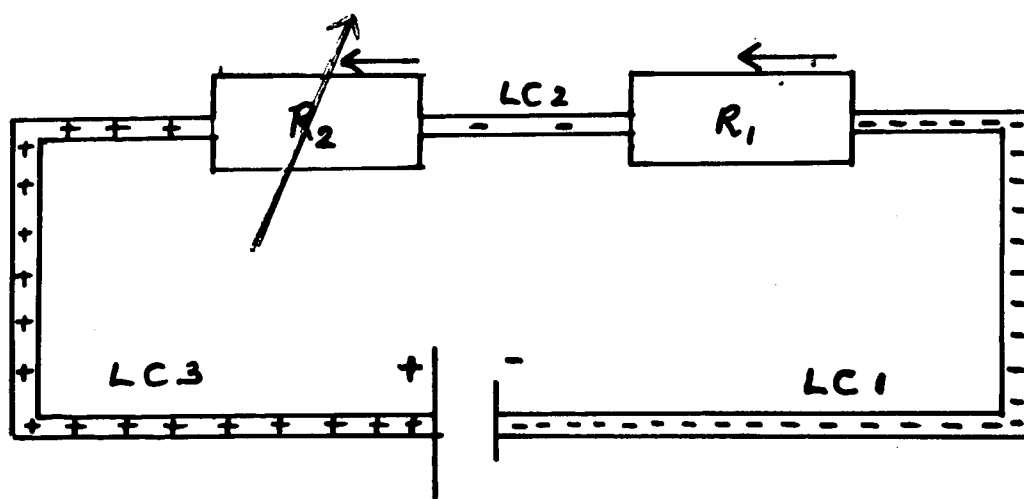
figuur 2.

Bovendien willen we de volgende aspecten benadrukken:

- het onderscheid tussen stroom en spanning;
- de samenhang tussen stroom en spanning;
- de batterij als een konstante spanningsbron;
- het systeemkarakter van een schakeling (een verandering beïnvloedt het hele systeem).

4. Een nieuw model voor spanning, stroom en weerstand.

Uitgaande van het bovenstaande zijn we tot de volgende didactische invulling gekomen (zie figuur 3):

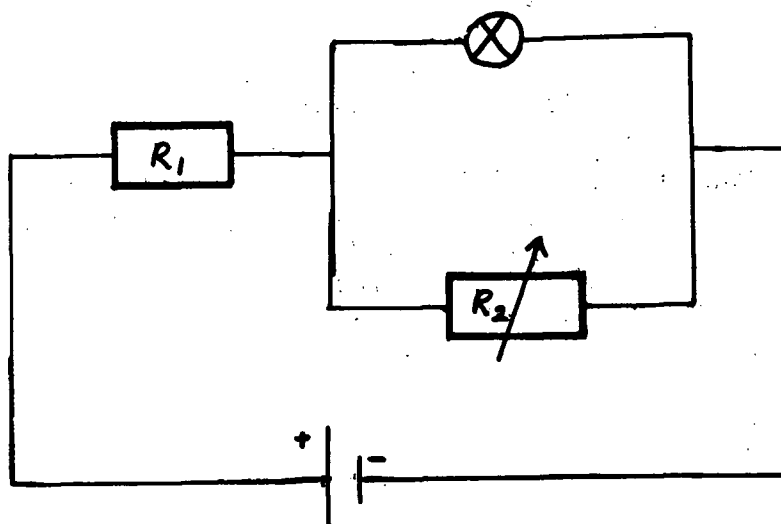


figuur 3.

1. We gaan uit van ladingsconcentraties (LC) (geen oppervlakteladingen).
2. De polen van de batterij hebben altijd een konstant verschil in ladingsconcentratie.
3. Delen van de schakeling die geleidend verbonden zijn hebben dezelfde LC.
4. $LC_1 > LC_2 > LC_3$. Dit stelt zich zeer snel in en na de instelling houdt de batterij alle LC's konstant.
5. Als er tussen de einden van de weerstand een verschil in ladingsconcentratie is, worden er elektronen door R geduwd in de richting van de laagste LC.
6. Als het verschil in ladingsconcentraties over R groter wordt, ondervinden de elektronen in R meer kracht. Ze bewegen sneller en botsen vaker met atomen van R. Er is dus meer energie-overdracht.
7. De vrijkomende energie per lading noemen we de spanning. Het verschil in ladingsconcentratie is dus een maat voor de spanning.
8. De opschuivende elektronen noemen we de stroom.

Als voorbeeld kunnen we de schakeling in figuur 4 bekijken.

Als we de weerstand R_2 verhogen, wat gebeurt er dan met de felheid van het lampje?



Tussen de min-pool, R_2 en het lampje bevindt zich een negatieve ladingsconcentratie (LC_1). Tussen de plus-pool en R_1 bevindt zich een positieve ladingsconcentratie (LC_3) en tussen R_1 , R_2 en het lampje bevindt zich een ladingsconcentratie LC_2 . De grootte van LC_2 is afhankelijk van de grootte van de weerstanden van R_1 , R_2 en het lampje. Bovendien geldt $LC_1 > LC_2 > LC_3$ (regel 4, dit is echter ook af te leiden uit de regels 2, 3, 5 en 6).

Als we de weerstand R_2 vergroten, kunnen de elektronen moeilijker door R_2 . De elektronen kunnen echter nog net zo makkelijk wegstromen door R_1 . De ladingsconcentratie LC_2 zal dus dalen (er komt minder binnen door R_2 , er stroomt net zoveel weg door R_1). Doordat LC_2 daalt, wordt het verschil in ladingsconcentraties over R_1 kleiner en over R_2 en over het lampje groter. De afname van LC_2 wordt steeds kleiner, totdat er weer net zoveel elektronen door R_2 en het lampje bijkomen, als dat er door R_1 wegstromen.

LC_2 is gedaald. Het verschil in ladingsconcentratie over R_1 is kleiner geworden, terwijl R_2 niet veranderd is. De stroom door R_1 is dus kleiner geworden (er wordt minder hard aan getrokken). Het verschil in ladingsconcentratie over het lampje is groter geworden: het lampje gaat feller branden.

5. Te verwachten problemen.

Hoewel het bovenstaande model bepaalde problemen kan verminderen, bleek tijdens de discussie in de werkgroep dat de kans aanwezig is, dat er andere, nieuwe problemen ontstaan:

1. Gezien de ervaringen bij het vak scheikunde met het concentratie-begrip, is de kans groot dat de term ladingsconcentratie moeilijkheden zal geven. Deze term wordt echter alleen in kwalitatieve zin gebruikt.
2. De instelling van de ladingconcentraties is zodanig dat $LC_1 > LC_2 > LC_3$ gaat gepaard met een vrij moeilijke redenering.
3. De snelheid waarmee de ladingsconcentraties zich instellen is zeer groot. Dit zal sterk benadrukt moeten worden. Gedacht wordt aan een videodemonstratie, waarin een model van de transatlantische kabel wordt gepresenteerd, waarbij een spanning van 4,5 Volt er 4 seconde over doet om een afstand van 8000 km te overbruggen.

De moeilijkheden van een computersimulatie worden nog bekeken.

4. Waar blijft het stroombegrip?

- Het dynamische aspekt komt in de tekeningen slecht naar voren.
- De tekeningen leiden wellicht tot het idee van elektronkonsumptie in de weerstanden.

De, tijdens de discussie, gesignaleerde problemen proberen we zoveel mogelijk te verwerken in het te schrijven lesmateriaal. Of dit model inderdaad de gesignaleerde begrips- en redeneerproblemen zal verminderen en niet al te veel nieuwe problemen zal scheppen, zal in de maanden februari en maart 1986 moeten blijken, als dit model in klassesituaties zal worden uitgeprobeerd.

een nieuw boek belicht :
DBK in de BOVENBOUW

R. KROPPERS &
P. VAN MEEUWEN



In deze werkgroep werd informatie verstrekt over de nieuwe HAVO-bovenbouw methode geschreven door leden van de vereniging DBK in samenwerking met de afdeling natuurkunde didactiek van de VU.

In 1980 werden uitgangspunten geformuleerd:

- verbetering van aansluiting met de derde klas/MAVO-instroom;
- practicum als basis van de theorie;
- mogelijkheid van differentiatie binnen klasverband;
- thematische behandeling waar gewenst;
- maatschappelijke context waar mogelijk;
- goede voorbereiding op huidige examens.

Zo goed als alle hoofdstukken zijn in eerste versie gereed. De structuur is dezelfde als die van de DBK-onderbouw methode: practicum-, theorie- en werkbladen. Natuurlijk wordt bij het practicum meer zelfstandigheid vereist dan bij de onderbouw-methode. Toepassing van een classificatiemethode voor vraagstukken met een goede opbouw waarborgen wat betreft moeilijkheidsgraag en type.

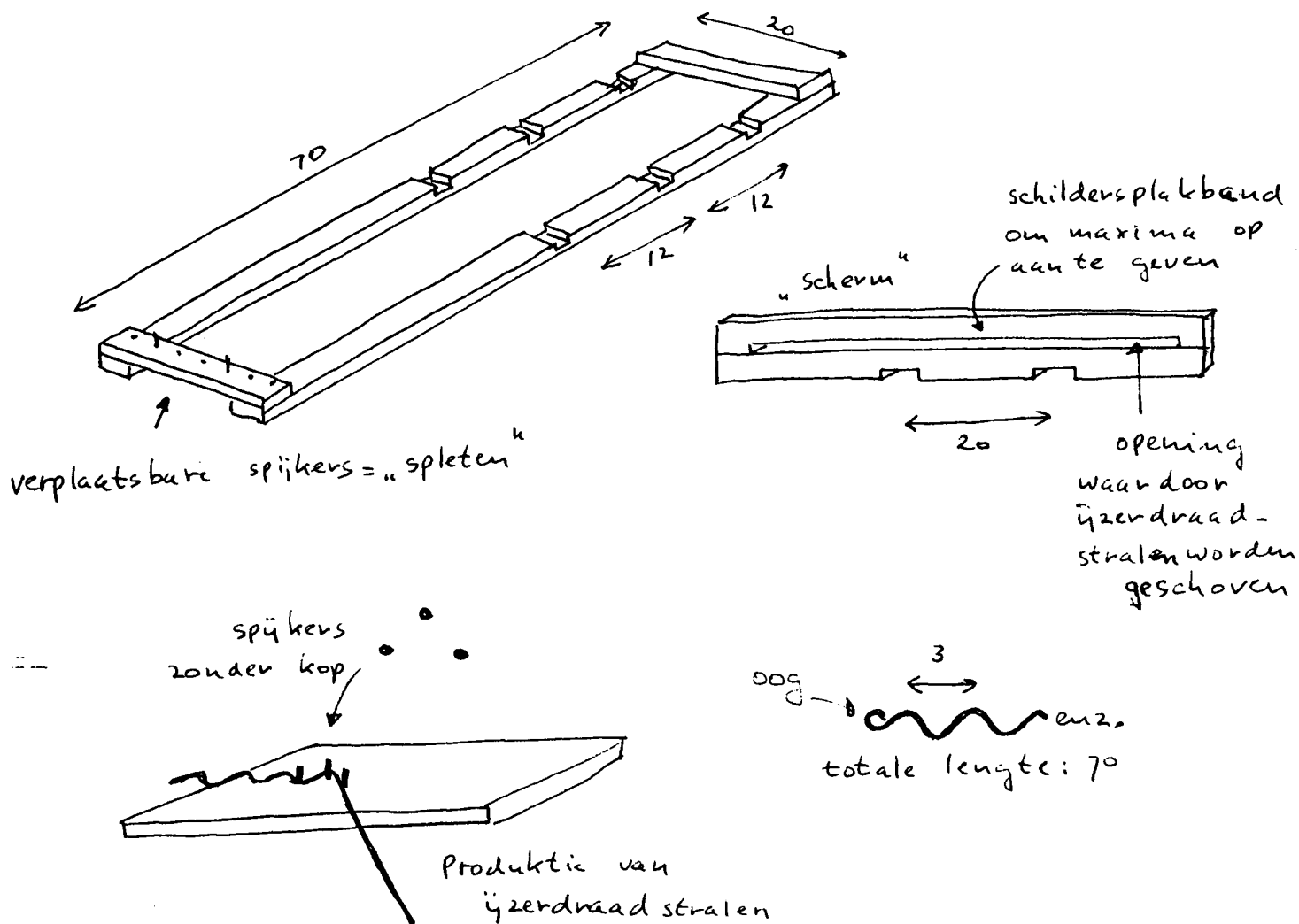
Dit schooljaar wordt het boek gereviseerd. Een vijftal scholen gebruikt de methode inmiddels. Opvallend is de motivatie van de leerlingen. Te verwachten is dat het boek volgend jaar beschikbaar zal zijn in gedrukte vorm.

De optica komt op meerdere plaatsen in het boek aan de orde. Een groot deel van de optica wordt tesamen met oppervlaktegolven behandeld in het vijfde hoofdstuk. Interferentieverschijnselen worden in een apart hoofdstuk (12) behandeld. Toepassingen van optische onderwerpen komen aan de orde onder andere bij statica en het thematische hoofdstuk: de gloeilamp.

Veel tijd wordt besteed aan practicum. Dit vereist een goede schoolorganisatie. In de werkgroep is aandacht besteed aan diverse oplossingen voor problemen die kunnen ontstaan als veel practicum wordt gedraaid: inrichting lokalen, lokaal-gebruik, taak amanuensis, gebruik van leer- en hulpmiddelen.

Tot slot zijn enkele demonstratie-proeven en practica uit de optica getoond. Deze waren ook op de markt te zien. Voor twee modellen was veel belangstelling. Een beschrijving van deze modellen volgt hieronder:

Model dubbele spleet



Alle maten in cm,
aan te passen naar
eigen inzicht.

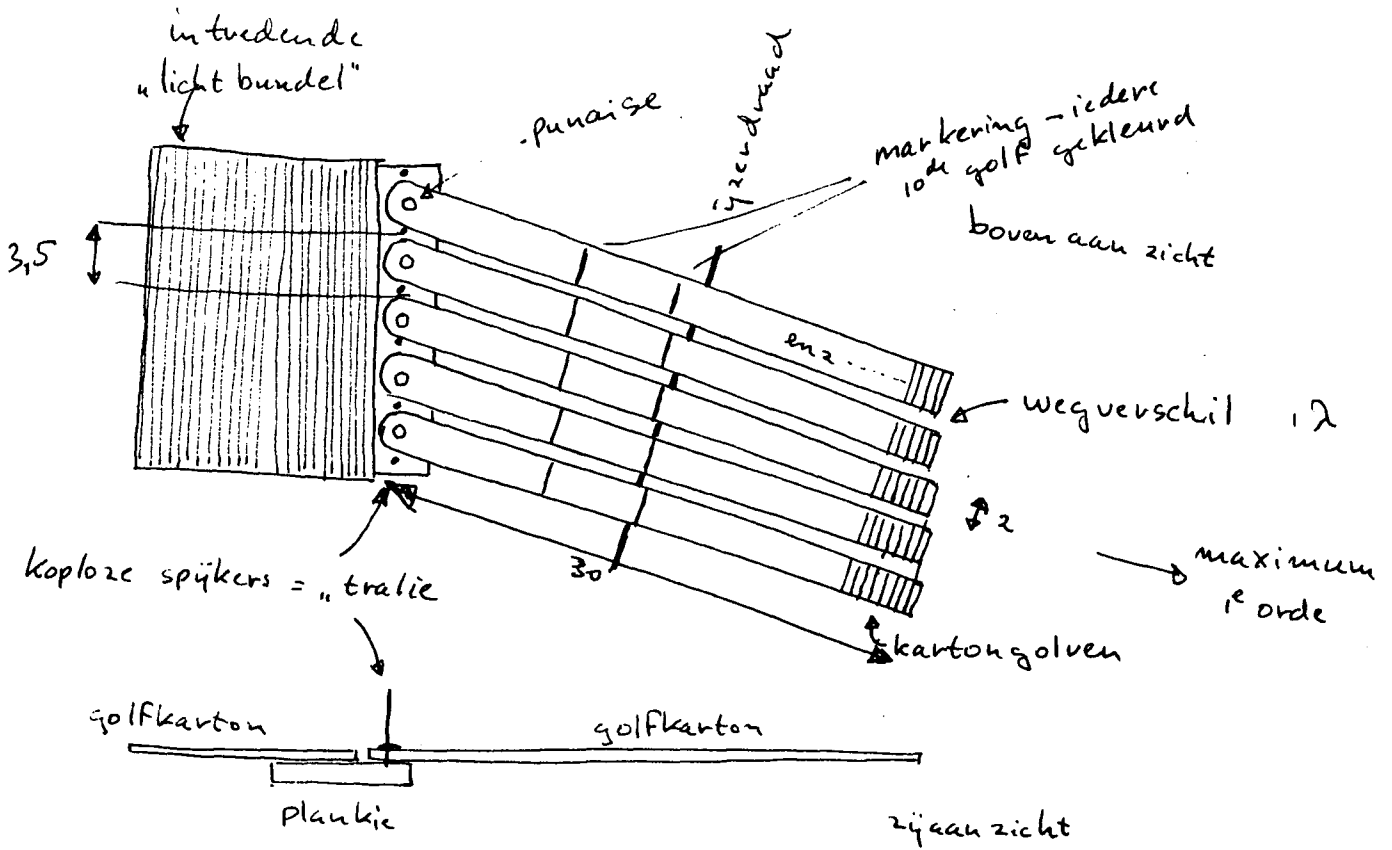
materiaal: latjes $1 \times 2,5$ a 3 cm
ijzerdraad $\varnothing 0,15$ cm

Bij dit model kan het scherm dus op 3 afstanden van de spleten worden geplaatst.

De spleetafstand kan gevarieerd worden van ongeveer 3 tot 18 cm.

Per model 2 ijzerdraadstralen. Met het oog aan het eind worden de stralen aan de "spletten" gehaakt.

Traliemodel



Materiaal: golfkarton - voor stevigheid 2 lagen op elkaar plakken en beplakken met plastic folie
plankje - punaises - ijzerdraad.

Alle maten in cm, aan te passen naar eigen inzicht.

Het ijzerdraad fixeert de uittredende "stralen" onder de juiste hoek α . De markering maakt het makke lijker het ijzerdraad op de juiste manier door de golven te steken.



COMPUTERS VOOR GEDIFFERENTIEERD ONDERWIJS

H. BOTTERWEG

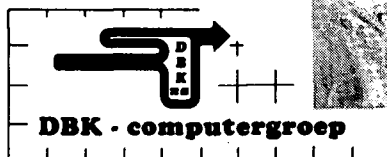
Binnen de Vereniging DBK-na is een groep leraren werkzaam die probeert de computer in te passen in het onderwijs in de differentiële periode. Er worden remediërende computerprogramma's geschreven.

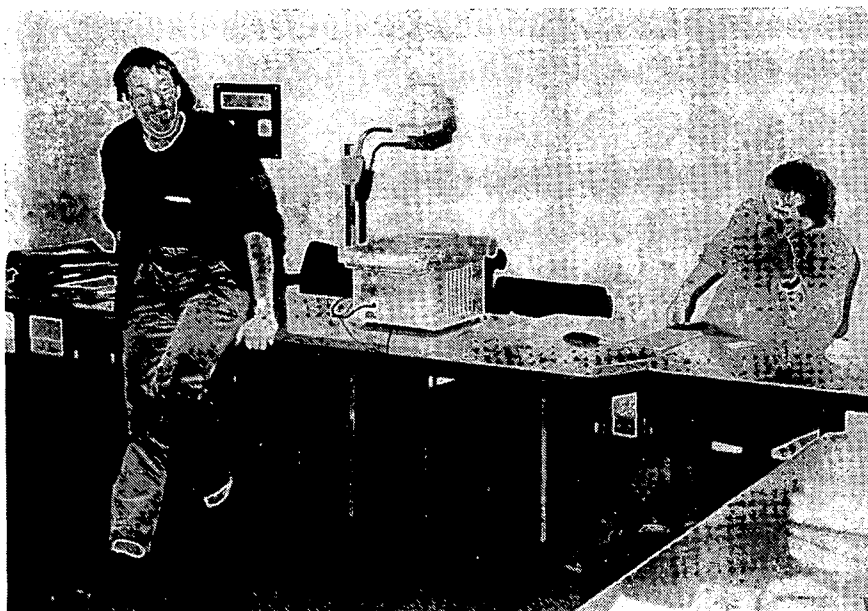
Sinds augustus 1985 werkt de DBK-computergroep binnen het kader van het Informatica Stimuleringsplan van het CO. In verband daarmee worden de in ontwikkeling zijnde programma's geschreven voor de PC's die binnen twee jaar op de scholen geplaatst worden in het kader van het NIVO-project.

De subgroep was alleen op zaterdagochtend. Een twintigtal deelnemers was nieuwsgierig naar wat er voor origineel nederlands werk wordt verricht op dit gebied.

Het doel van de programma's is: leerlingen bijwerken op vaardigheden die ze nog niet voldoende hebben leren beheersen of op begrippen die ze niet onder de knie hebben gekregen binnen de maximaal beschikbare lestijd.

De getoonde drie programma's waren in experimentele versie, nadrukkelijk werd gevraagd om kritiek. Dat was niet aan dovemansoren gezegd: een flink aantal opmerkingen kwam los. Toch was de mening overwegend positief: de aanwezigen (een selecte steekproef uit de conferentiegangers) zagen wel een plaats voor zulke programma's buiten de les of in de herhaalfase.





Golf-deeltjes debatten over licht en kathodestralen in de klas

Ton van de Valk en Bram Tenhaeff

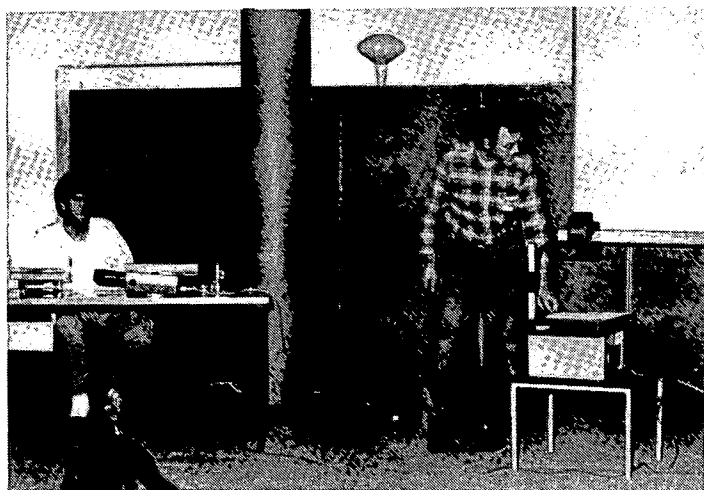
In de jaren 1805 en 1820 woedde er in de fysische wereld een fel debat over het karakter van het licht. Daarin werd de fysica van de golfoptica en de polarisatie ontwikkeld en het waren deze delen van de natuurkunde waarmee 'definitief' het golfkarakter van het licht vastgesteld kon worden. Dat lukte overigens alleen maar door de invoering van een wat merkwaardig begrip: de ether.

In de jaren 1875 tot 1896 woedde opnieuw een soortgelijke discussie, nu over de aard van de kathodestralen. De in die tijd ontwikkelde electrodymanica en statistische fysica leverden de munitie voor de deeltjes-aanhangers en het debat eindigde in een klinkende overwinning voor het deeltjes-model. Bestudering van de interactie tussen deeltjes en licht maakte het uiteindelijk toch noodzakelijk om voor beide weer nieuwe ideeën te vormen en dat gaf de stoot voor de ontwikkeling van de quantummechanica.

Veel van de bovengenoemde aspecten komen voor in het reguliere natuurkunde examenprogramma voor het vwo zodat het mogelijk wordt een deel van de natuurkunde in een historische context aan de leerlingen aan te bieden.

In deze subgroep kunt U horen en ervaren hoe de leerlingen van 5 of 6 vwo in het thema 'Rond 1900' de bovengeschetste ontwikkeling meemaken en welke de ervaringen ermee in de klaspraktijk zijn.

Het thema 'Rond 1900' sluit aan bij de experimentele keuzegroep 'Golf en deeltjes discussie rond 1900' die, na toestemming van het Ministerie, als keuzeonderwerp voor het vwo gedaan kan worden.



LICHTVERSCHIJNSELEN IN DE ATMOSFEER

KEES FLOOR &
FRED VAN TOORN

De natuur om ons heen toont een grote verscheidenheid aan lichtverschijnselen. Het meest bekend is de kleurrijke regenboog, die we zien als de druppels van een regenbui door de zon beschenen worden. De regenboog is een van de verschijnselen die ontstaan doordat het zonlicht, alvorens een waarnemer te bereiken, bij zijn weg door de dampkring van richting is veranderd. Deze richtingsveranderingen of deviaties hebben verschillende oorzaken. Kleine deviaties (minder dan 1°) hangen samen met de dichtheidsopbouw van de atmosfeer. Ze zijn onder andere zichtbaar aan de vorm van de zonschijf bij lage zonnestanden. Waterdruppels en ijskristallen in de atmosfeer veroorzaken veel grotere veranderingen van de richting van het invallende zonlicht; hierbij ontstaan allerlei witte of gekleurde lichtvlekken aan de hemel. Door buiging van het licht van zon of maan aan wolkendeeltjes treden deviaties op tot ca. 10° . Zo worden de kransen gevormd, kleurrijke ringen, die vooral 's nachts rond de maan makkelijk zichtbaar zijn. Terugkaatsing en breking van licht aan ijskristallen in de dampkring geven aanleiding tot allerlei haloverschijnselen. Bij het meest voorkomend haloverschijnsel, de kleine kring, bedraagt de deviatie 22° , maar ook andere waarden komen voor. Nog weer grotere richtingsveranderingen van het invallende zonlicht worden veroorzaakt door vallende regendruppels; hier bedraagt de meest voorkomende waarde van de deviatie 138° en het bijbehorende lichtverschijnsel is de regenboog. Deviaties van ca. 180° treden op in wolkendruppels. Op deze manier worden de 'glorie' en de 'heilighenschijn' gevormd. Deze zichtbaar zijn rond de schaduw van een waarnemer op mist of wolken resp. bedauwd gras of riet.

Binnen het bestek van dit verslag is het niet mogelijk gedetailleerd op al deze verschijnselen in te gaan. Daarom wordt volstaan met literatuurverwijzingen. De getoonde experimenten vindt men in de practicum-vakliteratuur. Eén ervan, gebogen lichtstraal door suikeroplossing, werd beschreven in Faraday 47 (2), p. 50-55.

Algemeen:

- Floor, C.: "Licht in het vrije veld"; in S.L. Kwee e.a. "Licht belicht", TH-Eindhoven, dictaat 8-066 (1979).
Greenler, R.: "Rainbows, haloes and glories", Cambridge (1980).
Lynch, D.K. (ed.): Atmospheric phenomena, San Fransisco (1980) (verzameling artikelen uit Scientific American).
Minnaert, M.: "De natuurkunde van 't vrije veld 1, Licht en kleur in het landschap", Zutphen (1968).

Halo's.

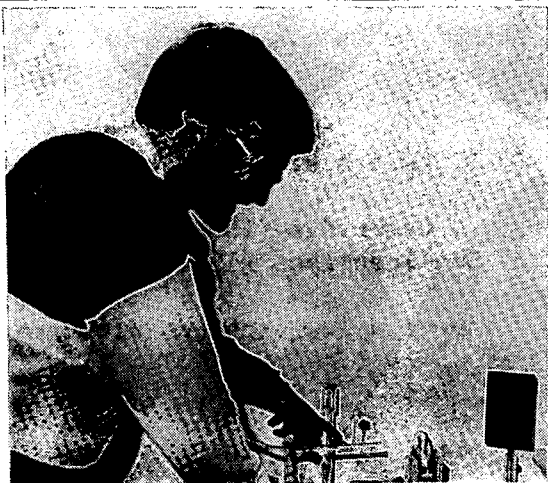
- Floor, C.: "Halo's", Natuur en Techniek 45, p. 364 ev., juni 1977.
Floor, C.: "Kleine kring en bijzonnen", Faraday 50 (6), p. 258-262 (1981).
Floor, C.: "De horizontale cirkel", Faraday 50 (4), p. 144-147 (1981).

Regenbogen:

- Floor, C.: "Regenbogen", Natuur en Techniek 45, p. 814 ev. (dec. 1977).
Floor, c.: "De kleuren van de regenboog", Faraday 49 (1), p. 19-24 (1980).

Zonsondergangen en luchtspiegelingen:

- Floor, C.: "Luchtspiegelingen boven warme oppervlakten", Zenit 6 (6), p. 254-257 (juni 1979).
Floor, C.: "De laagstaande zon", Nautisch technisch tijdschrift "De Zee" 10 (4), p. 106-112 (april 1981); tevens in Intermediair 16, p. 42-49 (17 oktober 1980).



Licht in de techniek:

lespakketten van het project met

M. DE VRIES

De techniek heeft een steeds grotere invloed op de samenleving. Het onderwijs moet de leerlingen voorbereiden op het functioneren in die technische maatschappij.

Veel beroepen zijn technisch van aard. Leerlingen maken al in een vroeg stadium van hun studie belangrijke keuzen m.b.t. vervolgopleiding en toekomstig beroep. Het is van belang dat zij daarbij een juist en evenwichtig beeld hebben van de techniek.

In het project Natuurkunde en Techniek gaat het om de plaats van de techniek in het natuurkunde-onderwijs. Er wordt onderzoeks- en ontwikkelingswerk gedaan. Het project verloopt langs drie lijnen:

- a. onderzoek naar het beeld van en de houding tegenover techniek van leerlingen;
- b. onderzoek naar de inhoud van het begrip 'techniek' bij deskundigen;
- c. ontwikkeling en evaluatie van lespakketten voor natuurkunde, waarbij de techniek een belangrijke rol speelt.

Bij elk van deze drie onderdelen volgt een toelichting.

- a. Onderzocht is wat leerlingen van tweede klassen in het MAVO, HAVO en VWO denken over techniek.

Het blijkt dat zij slechts een vaag beeld hebben van wat techniek is en dat er belangrijke hiaten in dat beeld zijn. Over de relatie tussen natuurkunde en techniek bestaan veel misverstanden.

Het onderzoek wordt uitgebreid tot alle 13-jarigen, en ook tot andere leeftijdsgroepen.

Er is een internationale studie gestart, waarbij de door ons ontwikkelde vragenlijst in 10 landen (USA, UK, Canada, Australië, Frankrijk, België, Polen, Hongarije, Nigeria en Kenia (wordt afgenomen aan ongeveer 200 leerlingen van 13 jaar. De resultaten ervan worden besproken tijdens een workshop in Eindhoven, 6-11 maart 1986.

- b. Op grond van een uitgebreide literatuurstudie over het begrip techniek in een concept-rapport geschreven over de belangrijkste kenmerken van techniek, de manier waarop deze in het onderwijs kunnen worden ingebracht en de wijze waarop dat gedaan is in de lespakketten Natuurkunde en Techniek.

Kenmerken van techniek, die worden genoemd zijn:

- techniek hoort wezenlijk bij de mens;
- techniek heeft te maken met veranderingen van materie, energie en informatie;
- techniek heeft een nauwe relatie met natuurkunde;
- vaardigheden in de techniek zijn: ontwerpen en praktisch-technisch

handelen;

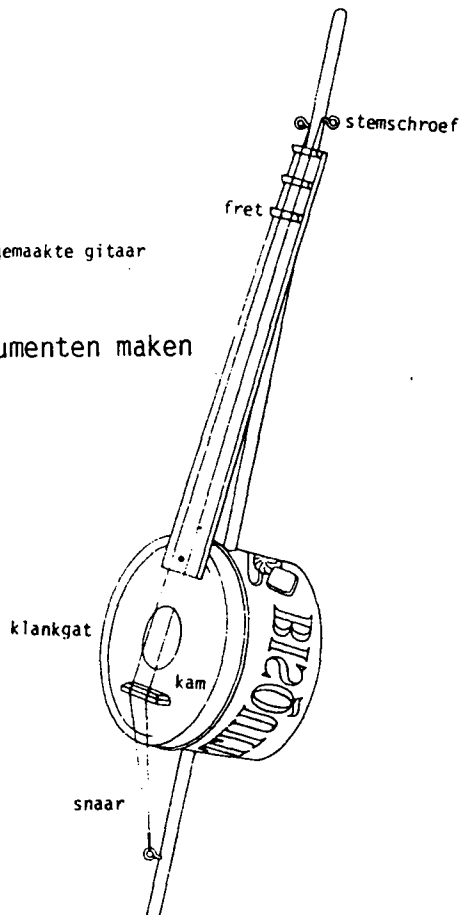
- techniek heeft een grote invloed op alle aspecten van de samenleving. Het concept-rapport is aan enkele deskundigen uit de techniek en het techniek-onderwijs voorgelegd en zal op grond van hun commentaar worden herzien.

c. In het project Natuur en Techniek zijn een aantal voorbeeld-lespakketten ontwikkeld door schrijfgroepen, bestaande uit natuurkunde-docenten en een projectmedewerker.

De thema's ervan (en de onderwerpen, die erin aan de orde komen) zijn:

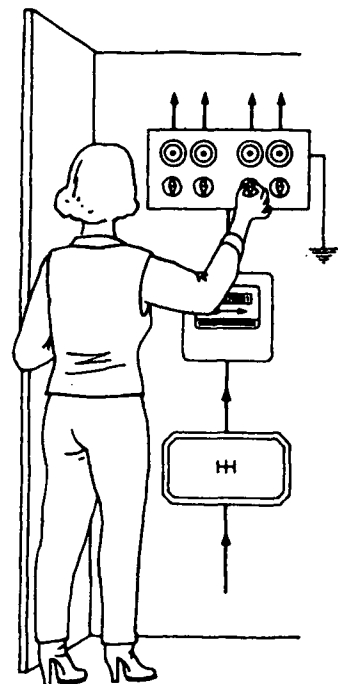
- elektrische apparaten in huis (over het ontwerpen van een soort warmhoudplaatje, over het koffiezetapparaat en het strijkijzer);
- muziekinstrumenten maken (over het ontwerpen en maken van een eenvoudige blokfluit, over de gitaar en elektrische muziekinstrumenten);
- communicatie (over het ontwerpen van een schakeling om signalen over te brengen, over de telefoon en de glasvezel);
- water in huis (over de watertoren en pompen, over de geiser en boiler, over de tapkraan, de stortbak van de wc en de stankafsluiter).

Bij elk van deze lespakketten voor de onderbouw is een docentenhandleiding geschreven met praktische informatie over het werken met de pakketten en twee toetsen. De lespakketten bieden gelegenheid tot differentiatie en aan de aantrekkelijkheid voor meisjes is aandacht besteed.



Figuur 13. De zelfgemaakte gitaar

Uit: Muziekinstrumenten maken



Figuur 28. De meterkast

Uit: Elektrische apparaten in huis

De eerste versie van de lespakketten wordt in deze cursus op 30 scholen gebruikt. Aan de hand van de ervaringen zullen de thema's worden herzien. Voor de volgende cursus zullen de herziene versies in een grotere oplage beschikbaar zijn. De evaluatie van de herziene lespakketten zal moeten aangeven welke elementen van techniek in het onderwijs kunnen worden ingebracht.

In de lespakketten worden modellen van apparaten gemaakt en gebruikt, waarmee de werking van de apparaten verduidelijkt kan worden. Tot nu toe zijn drie modellen ontworpen:

- een model van een koffiezetapparaat;
- een model van een strijkijzer;
- een model van een glasvezel.

Voor de onderbouw is een lespakket in ontwikkeling met als thema: Doe-het-zelf. Ook voor de bovenbouw worden lespakketten gemaakt.

In ontwikkeling is een thema: Verlichting. Verder zullen lespakketten geschreven worden over Medische techniek, Transport, Energie en Industrie.



HOE START JE LICHT?

b.t. hooft & p. hejting

"als ik het snap vind ik het best leuk, maar meestal....."

Halfwerk

Geloof je sommige leerpsychologen dan doen we ons werk maar half. We besteden veel tijd aan het ordenen van de leerstof om deze daarna in een logische volgorde aan te bieden. Maar het is een logische opbouw voor iemand die al overzicht heeft over de natuurkunde, voor iemand die al in staat is formele redeneringen te doorzien en te gebruiken.

Als we de verzuchting "als ik het snap....." serieus nemen wordt onze aanpak door leerlingen niet altijd als logisch ervaren. We zouden ons te weinig bekommeren (vandaar "halfwerk") om de manier waarop kinderen de leerstof verwerken.

Een paar bezwaren tegen een analytische, systematische aanpak op een rijtje:

- Te moeilijk.

Kinderen kunnen nog niet getraind worden in het werken met of in het toepassen van formele begrippen als zij daar in hun ontwikkeling nog niet aan toe zijn. In het natuurkunde-onderwijs worden we te snel formeel en abstract.

- Overzicht, delen vormen geen geheel.

We besteden te weinig tijd en geven te weinig aandacht aan het onderlinge verband tussen de diverse behandelde onderwerpen. Leerlingen moeten die samenhang zelf ontdekken. Doen of kunnen zij dat niet dan kan het gevolg zijn dat zij de rode draad kwijtraken, dat zij niet doorzien wat de plaats van een bepaalde "topic" in het geheel is, en afhaken.

- Pre- en misconcepties.

Juist deze begrippen krijgen de laatste tijd in het didactische wereldje veel aandacht. Leerlingen beginnen niet blanco aan een bepaald onderwerp. Daagse ervaringen en gezond verstand deden en doen wel degelijk hun werk. Leerlingen brengen allerlei verklaringen van huis mee. Die verklaringen berusten lang niet altijd op fysisch correcte begrippen. Maar deze verklaringen zijn wel standvastiger dan het op school geleerde.

In het natuurkunde-onderwijs zouden we niet alleen nieuwe kennis aan moeten brengen maar ook aandacht moeten besteden aan reeds bestaande ideeën. We zouden het nieuwe moeten verbinden met het reeds bekende. Vage en/of foutieve denkbeelden moeten we aanscherpen respektievelijk vervangen door meer consistente omschrijvingen.

Een paar voorbeelden van die pre- en misconcepties.

Mechanica:

- beweging en rust zijn essentieel verschillend;
- als er geen beweging is, is er ook geen kracht;
- een voorwerp beweegt altijd in de richting van de kracht;
- hoe groter de snelheid hoe groter de kracht;
- bij een worp werkt er in het hoogste punt (moment van "stil" hangen) geen kracht;
- een voorwerp dat in rust is kan geen kracht uitoefenen;
- in het luchtledige is geen zwaartekracht.

Elektriciteit:

- een batterij is een butagasfles die leegloopt;
- hoe weten electronen nu of ze bij een parallelschakeling linksaf of rechtsaf moeten;
- hoe weten electronen nu hoeveel weerstand er nog komt, hebben ze wel genoeg energie om door alle lampjes te komen;
- vermogen, spanning, energie, stroomsterkte worden nogal eens door elkaar gehaald: het onderscheid is voor leerlingen nog niet wezenlijk.

Optica:

- bij het kijken doen je ogen meer dan louter ontvangen, ze tasten als het ware de ruimte af. Licht is statisch en vult net zo als lucht het klaslokaal;
- kleuren ontstaan door iets aan het licht toe te voegen zoals limonadesiroop aan een glas water. Wit of zwart is niet zo iets als rood of geel;
- een spiegelbeeld is een levend schilderij en bevindt zich op de spiegel;
- een reflectie van het zonlicht op een spiegeltje is iets heel anders dan een spiegelbeeld.

Start

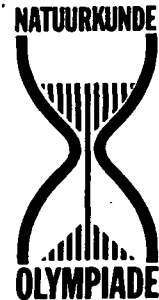
Tijdens de werkgroepbijeenkomsten hebben we gediscussieerd over hoe je met pre- en misconcepties rekening moet houden. De start van een nieuw onderwerp lijkt een logisch moment om eens te kijken wat leerlingen denken en weten. Aan de hand van videofragmenten waarin eenzelfde docent op vier verschillende manieren met het onderwerp licht begint kwamen we tot een paar conclusies:

- geen gesloten les zijn;
- de leerlingen aan het praten en denken zetten;
- een beetje spannend en spectaculair zijn;
- discussiemogelijkheden in zich hebben;
- leerlingen oriënteren op wat hen te wachten staat;
- niet in vaagheid verzanden;
- nog geen formele of abstracte begrippen bevatten.

SIO

"Scholen In Ontwikkeling" een ambitieus opgezet projekt dat ondersteuning wil bieden aan scholen die met heterogene groepen werken en/of die de richting van meer individualiserend onderwijs in willen slaan, kent ook een natuurkundeprogramma. Het thema rond pre- and misconcepties hebben we ontleend aan dit programma.

Bent u n het SIO geïnteresseerd dan kunt u zich voor informatie wenden tot de NLO in uw regio.



De Natuurkunde Olympiade
een uitdaging voor iedereen

H. Jordens

Uit het verslag van een deelnemer aan de internationale olympiade 1985:
Wat ga ik nu hierna doen? Voor deze olympiade heb ik altijd gedacht dat ik met name een wiskundige was, ik was zelfs ook bijna naar de Internationale Wiskunde Olympiade gegaan. Nu heb ik gemerkt dat ik ook natuurkunde heel interessant vind. Nu weet ik niet goed meer wat voor studie ik moet doen. Ik heb dan ook maar besloten om te beginnen met Natuurkunde, Wiskunde en Informatica in Leiden.

Klaas van Aarsen

Van een leraar:

Uit de reacties van de leerlingen is op te maken, dat ze met veel plezier het werk hebben gemaakt en een hele ervaring rijker zijn geworden.

en van nog een docent:

*Geachte collega's,
Mijn complimenten voor dit originele werk. Wij merken dat het meedoen inderdaad stimulerend werkt op de betere leerlingen en als zodanig waarderen wij deze voorronde als positief!*

De heer Steenmetser, directeur VO/AV van het Ministerie van O&W merkte tijdens de prijsuitreiking o.a. het volgende op:

Dit talent ontplooiend evenement is een goede gelegenheid om de schijnwerpers gericht te krijgen op de natuurwetenschappen en ook om van overheidswege het belang te onderstrepen van het onderwijs in deze vakken, niet in de laatste plaats in relatie tot onze welvaart en de verbetering van onze internationale concurrentiepositie.

De belangstelling voor de natuurkunde olympiade is de laatste jaren sterk gestegen. Vooral van de zijde van leraren en leerlingen realiseert men zich steeds meer dat winnen leuk is, maar meedoen minstens net zo aardig kan zijn.

In de subgroep kunt U kennis maken met opgaven die de laatste jaren gegeven zijn, met name op het gebied van de optica. Vast en zeker zitten daar een paar ideeën tussen die U, hetzij als theorieopgave, hetzij als praktikumproef, in Uw onderwijs kunt gebruiken.

MENT

WOUDSCHOTENCONFERENTIE '85



Optical Anecdotes, D.J. Love

Harriet Minnaert sketches some manifestations of light and color in the open air of Michigan (Photo by the author at the author's home [first in M. page 1])

Denk niet dat de oneindig verscheiden stemmingen der natuur voor de wetenschappelijke waarnemer iets van hun dichtelijkheid verliezen: door de gewoonte van het opmerken wordt ons schoonheidsgevoel verfijnd, en rijker gekleurd de stemmingsachtergrond waarop zich de afzonderlijke feiten aftekenen. De samenhang tussen de gebeurtenissen, het verband van oorzaak en gevolg tussen de onderdelen van het landschap, maken een harmonisch geheel van wat anders slechts een aaneenschakeling zou zijn van losse beelden.

Prof. Dr. M. Minnaert, voorwoord
"De natuurkunde van 't vrije veld."

WAT ZIET MENT IN OPTIKA?

ANNEKE DE LEEUW

De deelnemers kregen allereerst een lijst met 40 natuurwetenschappelijke onderwerpen voorgelegd, zoals deze ook voorgelegd was aan 200 2e klas leerlingen HAVO/VWO. Men werd gevraagd uit deze 40 onderwerpen er 5 te kiezen waarvan ze dachten dat deze 2e-klas meisjes-leerlingen, het meest aanspreken. Vervolgens moesten zij hetzelfde doen voor de jongens.

Na afloop van de werkgroep konden de deelnemers hun "voorspellende" keuze vergelijken met de uitkomst van het onderzoek, zoals beschreven in het, ter plekke uitgedeelde onderzoeksverslag.

Uit door de deelnemers ingevulde formulieren blijkt overigens dat de voorspellingen voor de jongenskeuzes uiteindelijk beter zijn dan die voor de meisjes.

Vervolgens werd aandacht besteed aan de MENT-lespakketten:

"Elektriciteit in en om het huis". "Geluid" en "Energie en je lichaam".

Met name de opgedane ervaringen met het lespakket "Elektriciteit in en om het huis" kwamen aan de orde.

Het lespakket is vooral door meisjesleerlingen positief ontvangen. Uit een voorlopige evaluatie blijkt dat meisjes na de behandeling van het pakket natuurkunde iets minder moeilijk zijn gaan vinden en hun zelfvertrouwen t.o.v. natuurkunde wat is toegenomen.

Om te bespreken waaraan lesmateriaal moet voldoen opdat natuurkunde ook een voor meisjes aantrekkelijk vak wordt kregen de deelnemers een mapje voorgelegd waarin 13 deel-onderwerpen van het onderwerp kleuren schematisch worden beschreven. De deelnemers werd verzocht de 6 deel-onderwerpen die zij het minst meisjes vriendelijk vonden er uit te lichten.

Aan de hand van de gedane keuzes ontstond een goede discussie over criteria waaraan meisjesvriendelijk lesmateriaal moet voldoen.

Zaken die hierbij naar voren kwamen waren o.a.:

- onderwerpen mogen niet te theoretisch, niet te ver van de dagelijkse ervaring afstaan; (b.v. behandeling spectrum werd niet geschikt geacht);
- onderwerpen die ingaan op de ontwikkeling van de kleurentheorie zijn te abstract, deze hooguit verwerken in de lessen;
- onderwerpen als "Gebruik van kleuren", "Taal en kleur" en "Kleur en gevoelens" werden als meisjesvriendelijk beoordeeld.

Tot slot werd in het kort verslag gedaan van de bevindingen van de sub-werkgroep lesmateriaal van de NVON-werkgroep "Vrouwen en natuurwetenschappen".

Een uitvoeriger verslag van deze bevindingen zal naar alle waarschijnlijkheid verschijnen in het NVON-maandblad.



Informatie betreffende het MENT/N&T informatiebord.

Op het bord werd kort informatie gegeven over het project "Meisjes, Natuurkunde en Techniek" en het project "Natuurkunde en Techniek". Bovendien waren er lespakketten van beide projecten aanwezig, de brochure "Meisjes, MTS: waarom niet?", de projektkrant "moMENTopname" en enkele andere MENT-publikaties.

Via intekenlijsten konden de marktbezoekers materiaal aanvragen.

MENT

1. Energieverbruik en energiebesparing
2. Echo's
3. Computers
4. Je oren
5. Je neus
6. Fototoestellen en verrekijkers
7. Hulpmiddelen voor gehandicapten.
(camara's voor blinden, gehoortoestellen enz.)
8. Vulkanen
9. Magneten
10. Het veroorzaken en tegengaan van geluidshinder
11. Wat er gebeurt met mensen en de natuur als er een atc
12. Sterren en planeten
13. Je huid
14. Wat er met je eten in je lichaam gebeurt
15. De luchtvervuiling die veroorzaakt wordt door
tegenaan daarvan
16. Koelkasten en diepvriezers
17. Elektrische stroom en spanning
18. Regenbogen
19. Het gebruik van röntgenstralen in ziek
röntgenfoto's bijvoorbeeld).
20. Je bloed
21. Raketten
22. Je ogen
23. Aardbevingen
24. Wat zure regen is en wat de gevolgen daarvan zijn
25. Motoren
26. Transistorradio's
27. Luchtspiegelingen
28. Verkeersveiligheid (bijvoorbeeld het gebruik van veiligheidsgordels)
29. Je spieren
30. Sneeuw kristallen
31. Je longen
32. Atoombommen
33. Je hart
34. Onweer en bliksem
35. Hoe, waar en waarvoor computers worden gebruikt
36. Microscopen en brillen
37. Je hersenen
38. Kleuren
39. Het opslaan van radioactief afval
40. Het weer

top vijf ?



IS ER VERSCHIL IN INTERESSE VAN JONGENS EN MEISJES?

Inleiding

Uit onderzoeken gedaan in het buitenland is bekend dat de belangstelling van meisjes op natuurwetenschappelijk gebied anders is dan die van jongens. Voor het samenstellen van lesmateriaal is het van belang om rekening te houden met deze verschillen in belangstelling opdat natuurkunde voor meisjes én jongens een aantrekkelijk vak is. Om een indruk te krijgen van de interesses van Nederlandse leerlingen is door het MENT-project een onderzoek gedaan onder een beperkt aantal tweede-klasleerlingen.

Opzet

Ongeveer 200 leerlingen kregen tijdens de natuurkundeles een lijst met 40 onderwerpen voorgelegd en werden gevraagd uit deze lijst 5 onderwerpen te kiezen waarover zij het liefst iets meer zouden willen weten. (zie appendix voor lijst)

Het leerlingenbestand

De groep leerlingen bestond uit leerlingen van tweede-klassen en waren als volgt verdeeld:

3	klassen havo	} Han Fortmanncollege, Heerhugowaard
2	" vwo	
3	klassen havo-vwo	} Zaanlands Lyceum, Zaandam
1	klas gymnasium	

Beide groepen leerlingen vormen een redelijke doorsnede van de tweede-klasbevolking van beide scholen. Daarentegen zal het duidelijk zijn dat niet te verwachten is dat deze twee scholen een goed beeld geven van de Nederlandse tweede-klasbevolking.

De verdeling van het aantal leerlingen was als volgt:

Han Fortmanncollege		Zaanlands Lyceum	
meisjes	jongens	meisjes	jongens
57	58	43	48

De vragenlijst

De vragenlijst bestond uit 40 onderwerpen. Deze 40 onderwerpen waren verdeeld over 4 deelgebieden:

- A Techniek, apparaten.
Hiertoe behoren de vragen 3,6,9,16,17,21,25,26,32 en 36.
- B Natuurkunde en maatschappij
Hiertoe behoren de vragen 1,7,10,11,15,19,24,28,35 en 39.
- C Het eigen lichaam
Hiertoe behoren de vragen 4,5,13,14,20,22,24,29,31,33 en 37.
- D Natuurverschijnselen
Hiertoe behoren de vragen 2,8,12,18,23,27,30,34,38 en 40.

De resultaten

Gekeken is naar de 10 onderwerpen die door het grootste aantal leerlingen werden gekozen. In Tabel I is weergegeven hoeveel % van de leerlingen een bepaald onderwerp uit de "top-tien" koos.

onderwerp	rangnummer	%
- computers	1	43
- vulkanen	2	38
- wat er gebeurt met mensen en de natuur als er een atoombom valt	3	37
- aardbevingen	4	34
- atoombommen	5	27
- regenbogen	6	24
- sterren en planeten	7	24
- luchtspiegelingen	8	20
- kleuren	9	20
- het gebruik van röntgenstralen	10	19

Splitsen we de "top-tiens" uit naar jongens en meisjes dan krijgen we Tabel I Ia en I Ib.

Waarbij bij de meisjes(jongens) steeds ook het rangnummer van de jongens (meisjes) is opgenomen en het percentage jongens(meisjes) dat het desbetreffende onderwerp uitkoos.

onderwerp	rangnummer meisjes	% meisjes	rangnummer jongens	% jongens
- wat er gebeurt met mensen en de natuur als er een atoombom valt	1	46	4	29
- aardbevingen	2	42	8	26
- regenbogen	3	40	17,18	9
- vulkanen	4	39	2	37
- kleuren	5	34	21	7
- luchtspiegelingen	6	29	14	12
- het gebruik van röntgenstralen in ziekenhuizen	7	28	16	10
- computers	8	26	1	59
- sterren en planeten	9	21	5	27
- sneeuw kristallen	10	20	19,20	9

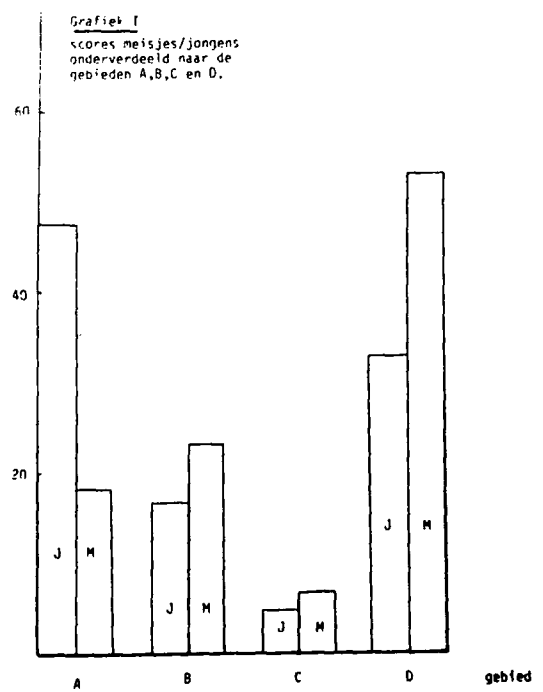
onderwerp	rangnummer jongens	% jongens	rangnummer meisjes	% meisjes
- computers	1	59	8	26
- vulkanen	2	37	4	39
- atoombommen	3	35	12	18
- wat er gebeurt met mensen en de natuur als er een atoombom valt	4	29	1	46
- sterren en planeten	5	27	9	21
- elektrische stroom en spanning	6	27	18..21	7
- motoren	7	26	18..21	7
- aardbevingen	8	26	2	42
- raketten	9	23	26..31	3
- transistorradio's	10	23	18..21	7

We zien dat er 5 onderwerpen voorkomen in de meisjes "top-tien" én de jongens "top-tien":

	rangnummer meisjes	rangnummer jongens
- wat gebeurt er met mensen en de natuur als er een atoombom valt	1	4
- aardbevingen	2	8
- vulkanen	4	2
- computers	8	1
- sterren en planeten	9	5

Bovendien valt op dat 4 van de onderwerpen die wél in de meisjes "top-tien" voorkomen maar niet in de jongens "top-tien" behoren tot het gebied D, de natuurverschijnselen. En dat alle onderwerpen die wel in de jongens "top-tien" voorkomen maar niet in de meisjes "top-tien" behoren tot gebied A, techniek en apparaten.

We kunnen de resultaten ook nog op een andere manier bekijken namelijk door het aantal keren dat onderwerpen uit gebied A zijn gekozen op te tellen voor meisjes(jongens) en deze aantallen vervolgens te delen door het totaal aantal gedane keuzes van de meisjes(jongens). Hetzelfde is gedaan voor de gebieden B,C en D. De resultaten hiervan zijn weergegeven in grafiek I.



Uit grafiek I komt duidelijk het significante verschil naar voren bij de keuze van meisjes en jongens in het gebied A, Techniek en apparaten en gebied D, natuurverschijnselen.

Kanttekening

De lijsten met onderwerpen werden voorgelegd aan de leerlingen in de week na de vulkaanuitbarsting in Columbia. Hierdoor zal het onderwerp vulkanen in dit onderzoek waarschijnlijk hoger scoren dan "normaal" het geval is.

Bespreking van de resultaten.

Interlandig onderzoek.

Ook in andere landen is onderzoek gedaan naar de interesses van meisjes en jongens op natuurwetenschappelijk gebied. We bekijken hier de resultaten van onderzoek in de Bondsrepubliek Duitsland^{1,2}, Noorwegen³, Engeland^{4,5} en Denemarken⁶.

Het is treffend dat in al deze onderzoeken een duidelijke grotere interesse van jongens voor techniek en van meisjes voor natuurverschijnselen naar voren komt.

De resultaten van alle genoemde onderzoeken zou je als volgt kunnen samenvatten:

meisjes zijn meer dan jongens geïnteresseerd in:

- De verschijnselen uit hun leefomgeving, met name natuurverschijnselen. Esthetische aspecten spelen hierbij een belangrijke rol.
- De invloed die de natuurkunde, de techniek heeft op de maatschappij. Ethische aspecten spelen hierbij een belangrijke rol.

en

jongens zijn meer dan meisjes geïnteresseerd in :

- Techniek, machines, elektriciteit.

Verschillen tussen jongens en meisjes die wat minder duidelijk naar voren komen betreffen:

- de belangstelling voor het functioneren van het eigen lichaam is bij meisjes groter dan bij jongens.

en

- de belangstelling voor spectaculaire natuurkunde (vulkanen, aardbevingen, sterren en planeten) is bij jongens groter dan bij meisjes.

het MENT-onderzoek

De Nederlandse leerlingen blijken geen afwijkend gedrag te vertonen wat betreft hun interesse in natuurverschijnselen en techniek.

Wat betreft de belangstelling voor het functioneren van het eigen lichaam valt op dat in het MENT-onderzoek geen verschil is aan te tonen tussen jongens en meisjes. Dit kan echter veroorzaakt zijn door de manier waarop de onderwerpen omschreven zijn. Vergelijk b.v. "Hoe kinderen zich ontwikkelen", "Welk voedsel is goed voor je" met de "MENT-omschrijvingen" als "Je neus", "Je huid".

Wat betreft de belangstelling voor spectaculaire natuurkunde scores de jongens uit het MENT-onderzoek alleen op de onderwerpen "Raketten" en "Atoombommen" duidelijk hoger dan de meisjes.

Conclusie

Dit bescheiden onderzoek onder Nederlandse leerlingen bevestigt de al eerder geconstateerde verschillen in de belangstelling van jongens en meisjes op natuurwetenschappelijk gebied.

Om het schoolvak natuurkunde voor meisjes minstens even aantrekkelijk te maken als voor jongens is het noodzakelijk dat de natuurkundelessen met name meer aansluiten bij de interessesfeer van de meisjes.

Ik hoop dat de resultaten van dit onderzoek er mede toe bijdragen dat er wijzigingen in het curriculum worden aangebracht en dat u als natuurkundeleraar in uw lessen meer aandacht zult besteden aan onderwerpen die meisjes aanspreken. Zeker in de onderbouw is dit mogelijk en zeer wenselijk omdat meer meisjes natuurkunde in hun eindexamenpakket kiezen.

Anneke de Leeuw.

1. L. Hoffmann, Differences in the subjective conditions of interests in physics and technology for boys and girls, Supplementary contributions to the third GASAT conference, blz. 70.
2. K. Weltner e.a., Interest of intermediate-level secondary students in physics and technology, European Journal of Science Education(1980). vol.2, nr.2, blz. 163.
3. S.Lie en E. Bryhni, Girls and physics: attitudes, experiences and underachievement, Contributions to the second GASAT conference, blz. 202.
4. A. Kelly, J. Whyte en B. Smail, Girls into science and technology, GIST final report.
5. B. Smail, Getting science right for girls, Contributions to the second GASAT conference, blz. 163.
6. H.Nielsen, Physics in higher secondary schools in verslag "Interest in science and technology education" gemaakt door M. Man in 't Veld.

Met dank aan W. van Brummen, W. Warmerdam en de leerlingen van Han Fortmanncollege en het Zaanlands Lyceum.

1 GEBRUIK VAN KLEUREN

KUNST

Mondriaan, schilderijen in de primaire kleuren en wit, grijs en zwart.
Rietveld, kleuren in het interieur en de architectuur.

VERKEER

Opvallen in het verkeer. Denk aan stoplichten, verkeerskleding wegwerkers en weggebruikers(sters).

MODE

Elke mode heeft eigen kleuren, zowel in kleren als in accessoires.

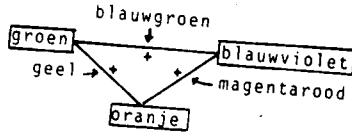
GROTE GEBOUWEN

Welke kleuren gebruiken opdat mensen zich er prettig voelen?
Kleuren gebruiken voor de herkenning, b.v. de blauwe lijnen zijn eigen kleur.

2 HET MENGEN VAN KLEUREN

ADDITIEF

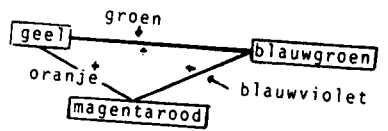
- 3 grondkleuren, elk bestrijkt 1/3 deel van het spektrum: groen, oranje en blauwviolet.



- 3 grondkleuren samen geven wit.

SUBTRAKTIEF

- 3 grondkleuren elk absorbeert 1/3 van het spektrum en kaatst 2/3 terug: geel, magentarood en blauwgroen.



- 3 grondkleuren samen geven zwart
- laten zien door meerdere gekleurde filters achterelkaar te zetten in lichtbundel of door het mengen van verf.

3 ONTWIKKELING VAN DE KLEURENTHEORIE

De eerste ideeën over kleur beruften op ervaringen omtrent het mengen van kleurstoffen (subtraktieve menging).

Isaac Barrow, de hoogleraar die door Newton werd opgevolgd, stelde Newton dat voorwerpen een bepaalde kleur hebben door een, op de kermis gekocht, prisma vallen en concludeerde dat licht is afhankelijk van temperatuur en materiaal. Denk aan: brandende lucifer, kaarsvlam, bunsenbrander, gloeilamp, TL-buis, kwiklamp, houtvuur, petroleumlamp, gaslamp, gloeiende metalen, sterren. Nader onderzoek van kaarsvlam, bunsenbrander, ijzer dat verhit wordt. Licht dat uitgezonden wordt bestaat ook uit licht dat door onze ogen niet waargenomen kan worden.

4 KLEUREN EN TEMPERatuur

De straling uitgezonden door een zwart lichaam hangt af van de temperatuur. Niet zwarte lichamen kunnen ook licht uitzenden, samenstelling van dit licht is afhankelijk van temperatuur en materiaal. Denk aan: brandende lucifer, kaarsvlam, bunsenbrander, gloeilamp, TL-buis, kwiklamp, houtvuur, petroleumlamp, gaslamp, gloeiende metalen, sterren. Nader onderzoek van kaarsvlam, bunsenbrander, ijzer dat verhit wordt. Licht dat uitgezonden wordt bestaat ook uit licht dat door onze ogen niet waargenomen kan worden.

Voor zwarte lichamen is de intensiteit van het uitgezonden licht hoger dan voor witte lichamen.

5 WAAROM IS HET GRAS GROEN?

Een wit voorwerp zien wij als wit omdat het opvallende witte licht door het witte lichaam wordt teruggekaatst en in ons oog valt. Een rood voorwerp daarentegen zuigt al het licht op behalve het rode licht dat teruggekaatst wordt. Een volkomen zwart lichaam dat al het opvallende licht opzuigt en dus in het geheel geen licht terugkaatst. (witte huizen in hete landen, zwart en wit blijke gevel met sterke lamp, temperatuurverschil meten) Laten zien dat kleur van een voorwerp verandert als het op een andere samenstelling heeft, b.v. een blauw voorwerp kan ook rood of groen beschijnen.

Als er iets met een stof gebeurt kan de kleur veranderen. Als er iets met een stof gebeurt kan de kleur veranderen. Als er iets met een stof gebeurt kan de kleur veranderen. Als er iets met een stof gebeurt kan de kleur veranderen.

6 UITSPRAKEN NATUURKUNDIGEN/FILOSOFEN

Plato (388 voor Christus)

"Het is niet moeilijk om te zien hoe en door welke mengingen kleuren gemaakt worden... Hij die echter wil proberen dit alles met een proef te controleren vergeet het verschil in de menselijke en de goddelijke natuur. Want alleen God heeft de kennis en ook de macht die in staat is vele dingen tot één te maken en ze ook weer op te lossen in vele. Maar geen enkel mens is of zal ooit in staat zijn de ene of de andere handeling te verrichten."

Aristoteles (350 voor Christus)

"Dus puur licht, zoals dat van de zon komt heeft geen kleur, maar krijgt kleur doordat het licht minder puur wordt als het op voorwerpen valt. Door de bijzondere eigenschappen van deze voorwerpen krijgt het licht kleur."

Newton (1672)

"... in het begin van het jaar 1666 (toen ik mezelf toelegde op het slijpen van optische lenzen die niet van de sferische vorm zijn) verschaftte ik mijzelf een driehoekig glazen prisma om daarmee de fraaie kleurverschijnselen te onderzoeken. Daarvoor heb ik mijn kamer verduisterd en een kleine opening gemaakt in mijn kamerluiken zodat een geschikte hoeveelheid zonlicht binnentrad. Ik plaatste mijn prisma bij deze opening zodat het licht afgebogen werd in de richting van de tegenoverliggende muur. Het was vooral een bijzonder prettig vermaak om de levendige en intense kleuren die zo ontstonden te bekijken."

7

TAAL EN KLEUR

Leerlingen woorden en uitdrukkingen kleuraanduidingen in voorkomen.

je groen en geel ergeren
paars aanlopen
geen rooie cent hebben
een hlawtje lopen
roodgloeiend zijn
blauwblauw laten
de rode vlag hangt uit
bont en blauw
rood zijn (links zijn)
blauwbekken

WHY A RAINBOW
THE RAINBOW IS CAUSED BY REFRACTION
THE COLORS ARE MADE
BY THE LIGHT WHICH IS REFRACTED
AND COMES IN COLORS
HAVE YOU EVER BEEN DRESSED IN BLUE
SEE THE RAY IN FRONT OF YOU
AND THE RAY IN BACK OF YOU
AND THE RAY IN SIDE OF YOU
SPEAK OF WHITE SO FAST AND SILENT
HAVE YOU EVER A LADY FAVOR?
HAVE YOU EVER BEEN ALL IN GOLD
LIKE A QUEEN IN DAYS OF OLD
AND THOUGHT MASTERS ALL AROUND
LIKE A MOUNTAIN BEING DOWN
HAVE YOU EVER A LADY FAVOR?

eigeeel
giroblauw
gifgroen
pimpelpaars
goudgeel
geelkoper
oornwit
knalrood

WAT IS DE LUCHT BLAUW?

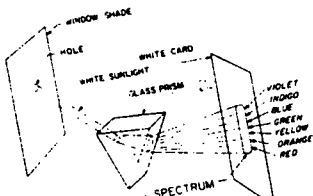
- golflengte van licht introduceren.
- Met watergolven als voorbeeld duidelijk maken worden als ze tegen voorwerpen komen.
- Lichtgolven worden op soortgelijke wijze verstrooid.
- Het zoort wordt verstrooid door luchtmolekulen waarbij het licht (rood en blauw) het sterkst verstrooid wordt. Het licht met de kleinste golflengte wordt in veel mindere mate verstrooid.
- Als violet licht voornamelijk wordt verstrooid, waarom zien we dan voor violet zien we

KLEUREN ZIEN

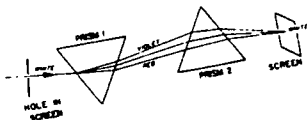
- Drie typen kegeltjes gevoelig voor respectievelijk violetblauw, groen en oranje-rood. (Principe additieve kleurmenging)
- In het (schemer)donker worden kegeltjes niet of minder "gebruikt". Gevoeligheidscurve van kegeltjes niet of minder "gebruikt". Gevoeligheidscurve van kegeltjes geven (grootste gevoeligheid)
- Gevoeligheidscurve van kegeltjes geven (grootste gevoeligheid)
- Kleurenblindheid behandelen. (8% van de mannen)
- Laten ontdekken dat bij lang kijken naar een vlak bedekt wordt met donkere vlekken
- Laten zien dat ogen/hersenen vlekken
- Laten zien dat een veld bedekt wordt met donkere vlekken

HET SPEKTRUM

- wit licht door een prisma laten gaan eventueel gevolgd door tweede prisma.
- monochromatisch licht op een prisma laten vallen.
- kleurenschijf laten ronddraaien.
- begrip golflengte introduceren.
- golflengte van de verschillende kleuren licht geven.



The production of the spectrum by Newton

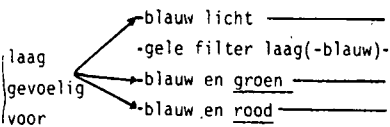


Opnieuw gekleurd Licht

KLEUR EN TECHNIEK

Kleurenfotografie(substraktief)

emulsie kleurenfilm



Na ontwikkelen neemt elke kleur gevoelige laag de complementaire kleur aan. B.v. kleurenfilm met puur blauw licht beschoten geeft kleurnegatief dat blauw licht absorbeert en dus geel is.

Kleurendruk(additief en subtraktief)

Principe: 1. Drukken van kleine 'stipjes'. Door geen, 1,2 stipjes overlkaar of 3 stipjes gemaakt kan worden. 2. Drukken kunnen stipjes in 8 verschillende kleuren. 3. Drukke stipjes naast elkaar te drukken

Kleuren

Beeldb

licht

uit

KLEUR EN GEVOELENS

Klassediskussie over kleur en gevoelens. Vragen die aan de orde kunnen komen: Wat is je lievelingskleur? Welke kleuren heb je in je kamer? Welke kleuren draag je het liefst? Beïnvloeden kleuren in je omgeving je stemming? Hoe is het om kleurenblind te zijn; denk je?

Leerlingen hun omgeving laten bekijken door gekleurd filter: Geel, blauw, rood, groen gekleurde wereld zou mensen vrolijk, treurig, angstig stemmen respectievelijk een onnatuurlijk gevoel geven.

Volgens de psycholoog Jung(1875-1961) hebben bepaalde typen mensen een voorkeur voor een zekere kleur: gevoelstypen voor rood, gemakkelijk prikkelbaar type voor groen, intuïtieve type voor geel en denktype voor blauw. Laat leerlingen hun lievelingskleur opschrijven en "controleren" of de indeling van Jung juist is.

10

11

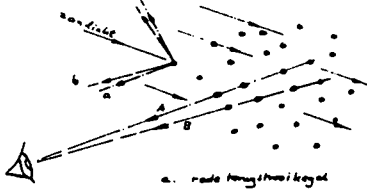
12

EGENBOOG

13

zie bijvoorbeeld D. Coumou, Impuls oktober '85,

Zonlicht plus regenboog:



A // a
B // b

- a. rode druppeltjes
- b. blauwe druppeltjes
- A. de druppeltjes op deze lijn zouden 'rood' naar het oog
- B. idem voor 'blauw'

Onderbouw proefthema zintuigen

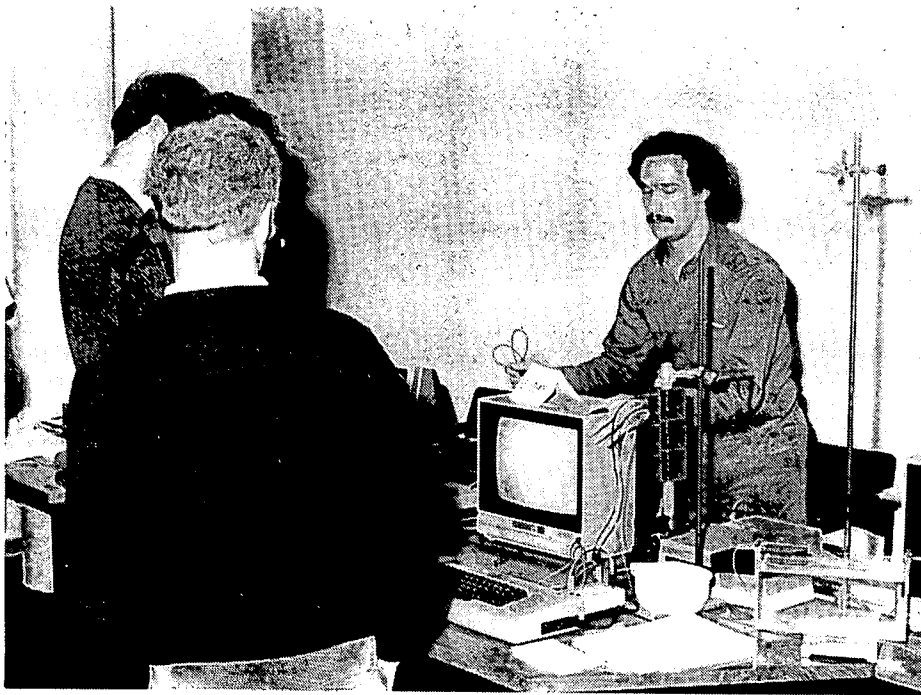
B. van Beek

Een aantal leraren uit de Vereniging DBK-na en de vakgroep didactiek natuurkunde van de Vrije Universiteit hebben in een samenwerkingsverband het huidige onderbouwcurriculum DBK-na ontwikkeld. Het oudste deel hiervan is al geschreven in 1975-1976. Sindsdien is onze visie op het natuurkundeonderwijs enigszins gewijzigd. Dit is vastgelegd in de nota OP WEG NA(AR) DE BASISCHOOL?

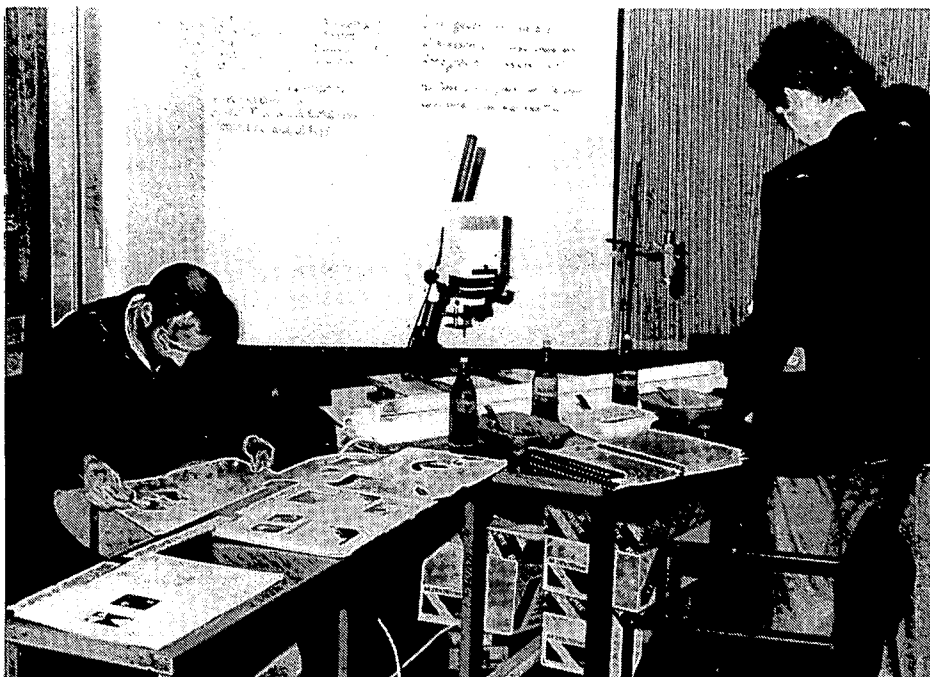
Op basis van deze nota en rekening houdend met het WEN-advies voor het eindexamen MAVO heeft een groepje leraren een thema ZINTUIGEN ontwikkeld, onder andere om ervaring op te doen met ervaringscontexten en met thematisch onderwijs.

In de subgroep wordt aandacht besteed aan de problemen die opgelost moeten worden bij het ontwikkelen van een curriculum dat moet gaan bestaan uit een aantal thema's en een aantal schematische hoofdstukken dat niet alleen voldoet aan onze wensen, maar dat ook past binnen het huidige WEN-advies.





deel 3: markt ed



Archimedes



Het zal u niet ontgaan zijn dat het tijdschrift Archimedes inmiddels zijn 22-ste jaargang is ingegaan. Een tijd die langer is dan vele van u in het onderwijs werkzaam zijn. Al die tijd is door de inspanning van een kleine groep medewerkers het blad op tijd bij de jeugd aangekomen.

Vorig jaar staakte de uitgever Wolters-Noordhoff haar medewerking omdat de stichting financieel niet aantrekkelijk was.

Inmiddels is alles in het werk gesteld om de continuïteit te handhaven. De uitgeverij IVIO in Lelystad heeft nu de verantwoordelijkheid overgenomen. Het formaat is veranderd, het volume niet. De leraren en anderen die voor het blad werken, streven ernaar het blad actueel te maken, aansluitend aan de op school behandelde stof, aantrekkelijk van vorm, geënt op de jeugd.

Er zijn weinig landen die een dergelijk tijdschrift, bedoeld als aanvulling en verlevendiging van de schoolstof, hebben. Het lezen ervan werkt interesseverruimend en richt leerlingen op de mogelijkheden van een toekomstige beroepskeuze.

De redactie is voortdurend op zoek naar kwaliteit en inhoud die een breed scholierenpubliek kan aanspreken. Goede teksten en illustraties zijn daarbij onontbeerlijk. Daartoe doen wij een beroep op een scala van medewerkers en belangstellenden om de toekomst van het blad veilig te stellen.

Onzerzijds is er echter één probleem, waar we zelf weinig aan kunnen doen: dat is uw medewerking.

Ik heb de eer hier voor mij te hebben het meest enthousiaste deel van het korps natuurkundeleraren van Nederland. Voorwaar een hoge belangstellingsdichtheid!

Ongetwijfeld sympatiseert u met dat waarvoor wij al jaren staan. Maar zonder uw inzet komen we niet verder dan de vergaderruimte van de redactiestaf.

U bent hier van Stadskanaal tot Sluis, van Heerhugowaard tot Heerlen, van Rijswijk tot Oldenzaal. Daar willen wij ook zijn. Vertegenwoordigt u ons in uw school.

Gebruik Archimedes in uw les. U vindt er ook inspiratie voor uzelf.

Het blad bestrijkt natuurkunde, scheikunde, sterrenkunde, biologie. We willen zijn een zich voortplantend energiepakketje, een lakmoespapiertje, een pinkelend sterretje, zout in de pap.

Voor praktische informatie verwijs ik u naar de markt. Daar kunt u ons vinden met uw kritiek en complimenten.



markt ed.

Scholengemeenschap Holten Mavo-Havo-Atheneum

Rector: Drs. P. Bakker

VAKSECTIE NATUURKUNDE

Haarstraat 14
Telefoon 05483-62805
7451 CZ HOLTEN

Bijdrage aan "markt" Woudschotenconferentie.
Wij demonstreerden diverse proeven die wij bij onze lessen in onder- en bovenbouw in het kader van "kleur" gebruiken.

KLEUR, MOGELIJKE WIJZE VAN AANBIEDEN:

PROJECTVORM IN BOVENBOUW

NATUURKUNDELESSEN IN ONDERBOUW

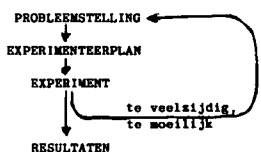
WAAROM ?

I. Eén onderwerp vanuit verschillende invalshoeken.



DOORBREKING VAN DE
(SOMS KUNSTMATIGE)
GRENZEN VAN DE VAKKEN.

II. Zelfstandig experimenteren.



KENNIS MAKEN MET DE VERSCHILLENDE
FASEN VAN EEN ONDERZOEK.

HOE ?

- Opzet 1e week

BESCHIEBAAR AANTAL LESUREN 9 - THEORIE
- PROEVEN

* THEORIE

4 DOCENTEN SCHRIJVEN ELK EEN GEDEELTE
(IEDER EEN DEEL OP ZIJN VERGEBIED)

TITELS : - LICHT EN KLEUR
- HET ZIEN
- SYSTEMATIEK IN KLEUR
- CHEMISCHE OMZETTINGEN IN HET OOG
ONDER INVLOED VAN LICHT

DIT SCHRIJFWERK WORDT GEBUNDELD EN AAN DE
LEERLINGEN UITGEREIKT.

* PRACTICA

- FYSISCHE ASPECTEN

VOORGESCHREVEN PROEVEN

ADDITIEVE KLEURVORMING

SUBTRACTIEVE KLEURVORMING

PARTIELE KLEURVORMING

NABEELD EFFECTEN

- BIOLOGISCHE ASPECTEN

BEPALING VAN HET GEZICHTSVELD VAN HET

MENSELIJK OOG MET EEN PERIMETER

- CHEMISCHE ASPECTEN

DEMONSTRATIES VAN COMPLEXVORMINGEN

Opzet 2e week

EIGEN ONDERZOEK VAN LEERLINGEN TIJDENS HUN LESSEN
IN NATUURKUNDE, SCHEIKUNDE EN/OF BIOLOGIE.

LEERLINGEN KIEZEN ZELF EEN ONDERWERP DAT MET "KLEUR" TE MAKEN HEEFT,
LERAREN EN AMANUENSES ZIJN (VOOR ZOVER MOGELIJK) "BEGELEIDERS".

WAAR ?

- 3 HAVO, 3 VWO

BOEK: "DE PROEF OP DE SOM" DEEL 2
uitg. Van Walraven, Apeldoorn.

- 3 MAVO

KLEUR WORDT IN DEZE KLAS "BELICHT" DOOR MIDDEL VAN OFFSETBLADEN,
GEBASEERD OP DE HAVO/VWO STOP UIT "DE PROEF OP DE SOM" DEEL 2-

WAT ?

KLEUR ALS DEEL VAN HET HOOPDSTUK "LICHT":

- EIGENSCHAPPEN	par. 4.1; 4.2
- TERUGKAATSING	4.3
- BREKING	4.4
- KLEUR	4.5

LEERLINGBOEK BEVAT

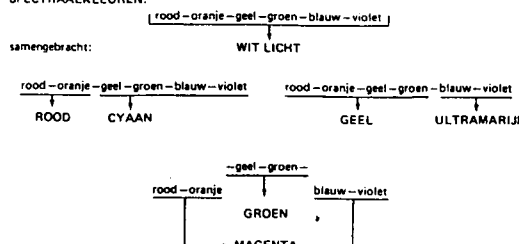
LEERLINGPROEVEN	(KUNNEN LEERLINGEN OVER
OPGAVEN	HET ALGEMEEN ZELFSTANDIG
EN	DOEN)
DEMONSTRATIEPROEVEN	(NODIG SPECTROSCOOP,
	3 KLEUREN PROJECTOR
	BOORMACHINE MET
	MAXWELL-SCHIJVEN)

DAARNAAST PROEVEN EN/OF ILLUSTRATIEMATERIAAL IN HET BOEK
"HET FENOMEEN KLEUR", uitg. Cantecler, de Bilt.

ONDERWERPEN:

KLEURSCHIFTING SPECTRUM, SPECTRAALKLEUREN, SPECTROSCOOP
KLEUREN "MENGEN" KLEURSENSATIES, KLEURVORMING

BASISSTOP :



TOEPASSING:

ADDITIEF
PARTIEEL
SUBTRACTIEF

TONNEL- EN THEATERBELICHTING, DISCOTHEEK, KLEUREN-T
POINTILLISME (SEURAT; SIGNAC), KLEUREN-TV, MOZAIEK
AQUARELLEN, 4-KLEUREN DRUK, KLEURENFOTOGRAFIE

LITERATUUR:

Faraday, april 1982, blz.37

F.H.Helmer, De proef op de som deel 2, van Walraven Apeldoorn

F.Gerritsen, Het fenomeen Kleur, Cantecler de Bilt

Eén van de leerlingenproeven uit de onderbouw (3 MAVO/3 HAVO/3 VWO) combineert het maken van een spectrum met het onderzoeken van spectraalkleurcombinaties.

uit: "DE PROEF OP DE SOM" DEEL 2

Daarnaast zijn er nog vele andere demonstratie- en leerlingenproeven op het gebied van additieve-, partiële- en subtractieve kleurvorming in dit boek beschreven.

4.5 KLEUR

A. Kleurschifting

Misschien heb je wel eens gemerkt dat een bundel zonlicht die op een kristallen esbak of vaas valt, een kleurrijke vlek op de grond of op een tegenover liggende muur geeft.

Proef 4.11 K

Neem een blad (wit) papier. Trek een lijn, schuin in de rechter bovenhoek van het papier. Daarlangs zet je de voorkant van een lichtkastje (figuur 247). Laat één witte lichtstraal uit het kastje komen.

Zet bij A (figuur 247) een stukje haaks omgevouwen papier — bij wijze van scherm — en stel het lampje in het lichtkastje zó dat je een mooie scherpe, smalle lichtstraal uit het kastje krijgt.

a. Leg een prisma in de lichtstraal (prisma 1 in figuur 247).

Breng het scherm op plaats B.
— Beschrijf de lichtvlek op scherm B.
— Geef de omtrek van het prisma op het papier aan.

b. Leg een tweede prisma achter het eerste in de lichtstraal die uit het eerste prisma komt (prisma 2 in figuur 247).

Verplaats het scherm naar C.
— Wat gebeurt er met de breedte van de lichtvlek op scherm C (vergeleken met die op scherm B)?
— Geef de omtrek van dit prisma ook op het papier aan.

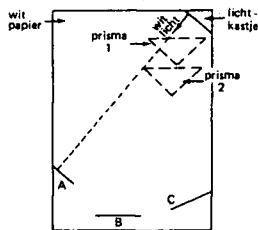
Bewaar dit werkblad goed; je hebt het bij proef 4.13 weer nodig.

Bij proef 4.10 heb je een dunne straal wit licht vanuit een lichtkastje op een prisma laten vallen, net zoals hierboven.

Ook daar heb je gezien dat het licht veranderde: het licht ná het prisma is niet langer wit. De lichtstraal die uit het prisma komt, is in een groot aantal kleuren gesplitst. Je zult weinig hiervan gemerkt hebben als je vlak achter het prisma in de gebroken lichtstraal keek. Het effect is het best op een afstand van het prisma waar te nemen: in proef 4.11 moest je daarom het scherm bij punt B zetten. Vandaar ook dat je de kleurrijke vlek van het zonlicht dat door de esbak valt het best ziet op de grond of op de muur tegenover de esbak!

De aaneengesloten band van kleuren die je op een stukje wit papier achter het prisma kunt bekijken noemen wij een spectrum.

De kleuren die samen dit spectrum vormen noemen wij de spectraalkleuren. Herhalen wij proef 4.11 met een smalle straal zonlicht, dan krijgen wij hetzelfde resultaat:



figuur 247

Proef 4.13 K

Gebruik opnieuw het werkblad dat je bij proef 4.11 hebt gemaakt. Breng het lichtkastje (met één scherpe witte lichtstraal) en de twee prisma's op hun oorspronkelijke plaats. Zet bij C een omgevouwen wit stukje papier, bij wijze van scherm.

Als je alles op de juiste plaats hebt gezet, zie je bij C weer een continu spectrum.

Voor het samenvoegen van de spectraalkleuren nemen wij een sterk gekromde bolle lens (figuur 256).

a. Leg tussen prisma 2 en scherm C een bolle lens, zó dat alle spectraalkleuren op het scherm C tot één klein streepje worden samengevoegd.

— Welke kleur heeft het streepje?
Nu gaan wij een gedeelte van de spectraalkleuren uit het spectrum op de lens bereiken.

b. Leg een klein spiegeletje vlak voor de bolle lens (bij lijn D) aan de rechterkant van het gevormde spectrum.

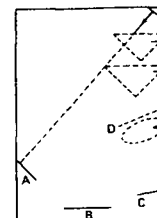
Kaats met behulp van dit spiegeletje een gedeelte van de kleuren uit het spectrum weg. Laat dit stel kleuren via de lens op scherm C vallen, vlak naast de kleuren die nog in het spectrum aanwezig zijn (zie de detailtekening in figuur 257). De overgebleven spectraalkleuren worden door de bolle lens samengevoegd.

— Welke kleur ontstaat er op de plaats van het — oorspronkelijk — witte lichtstreepje als je het buitenste 1/3 gedeelte (gezien vanaf rood) uit het continu spectrum haalt?
— Welke kleur heeft dit 1/3 gedeelte als dit door de bolle lens op het scherm wordt samengebracht?

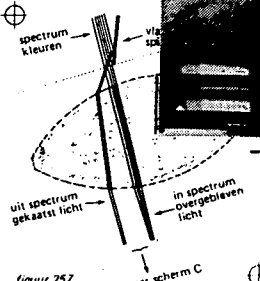
c. Herhaal b., maar leg het spiegeletje nu aan de andere kant van het spectrum bij lijn D.

— Welke kleur ontstaat er op de plaats van het — oorspronkelijk — witte lichtstreepje als je het buitenste 1/3 gedeelte (gezien vanaf violet) uit het continu spectrum haalt?

— Welke kleur heeft dit 1/3 gedeelte als dit door de lens op het scherm C wordt samengebracht?



figuur 256



figuur 257

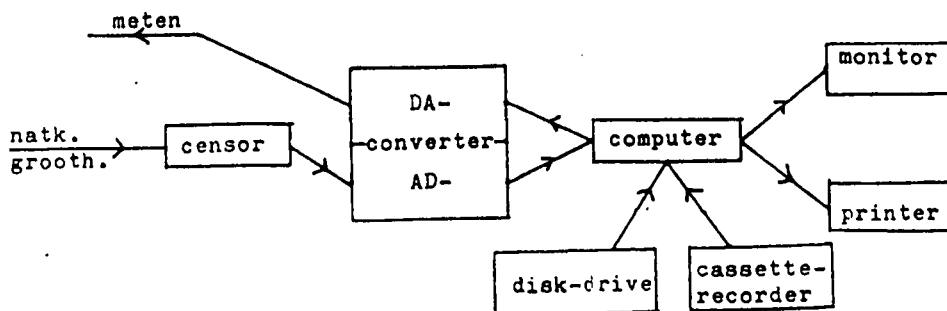


spectraalkleuren rood — oranje die ook door de lens worden samengebracht). Wanneer het kleurgebied blauw — violet uit het spectrum verdwijnt, zien wij op scherm C de samengebrachte, overblijvende spectraalkleuren als GEEL. Daarnaast verschijnt een donkerblauwe lichtstreep, ULTRAMARIJN (van de samengebrachte spectraalkleuren blauw — violet). Als het kleurgebied geel — groen door het spiegeletje (of door een filter) uit het spectrum wordt gehaald, verschijnt er op het scherm een paarsrode kleur MAGENTA. Ernaast zien wij GROEN. In het volgende schema is dit verkort weergegeven. Spectraalkleuren zijn met kleine letters, 'meng'kleuren met hoofdletters aangegeven.

In de MAVO-klassen behandelen wij het onderwerp "Kleur" —als de jaarplanning dit toelaat— in samenwerking met de vaksectie expressie (tekenen).

NATUURKUNDE PRAKTIKUM MET DE COMPUTER IN DE BOVENBOUW

Sinds een jaar zijn we op het Eckart College bezig om een leerlingenpraktikum op te zetten rondom de computer. Hierbij streven we ernaar om leerlingen vertrouwd te maken met het meten met en het verwerken van gegevens door de computer. We hebben geprobeerd het programma binnen het eindexamenprogramma te passen.



Wij hebben ons beperkt tot de volgende componenten:

- Censoren, zoals de foto-transistor, de NTC-weerstand en de potentiometer. Om de kosten per praktikumset laag te houden is gekozen voor deze censoren, die toch een goed beeld geven van de meetmogelijkheden.
- De AD-converter is in samenwerking met ons ontwikkeld door Phaser Electronics. De prijs kan bij aanschaf van meerdere exemplaren beperkt worden tot + f250,-. De AD-converter kan uitgebreid worden met een DA-converter. Daar het regelen in het voortgezet onderwijs nauwelijks voorkomt hebben we van DA-conversie afgezien.
- De computer is een Commodore 64, die op de meeste OMO-scholen gebruikt wordt.
- Voor de uitlezing gebruiken we uitsluitend de monitor. Een printer verhoogt het "spelletjes effect". Het overnemen van grafieken en andere gegevens van het scherm verhoogt daartegen het inzicht in het experiment.
- De leerlingen laden de programma's vanaf de disk-drive (één per vier computers), maar dit zou ook vanaf de cassetterecorder kunnen.

De leerlingen leren om zelf programma's te laden en hiermee te werken. Ze krijgen inzicht in de werking van de AD-converter en leren er elektrische componenten op aan te sluiten. De werking van de hardware en het schrijven van software komt niet aan de orde.

Hieronder vindt u een lijst met praktika.

Natuurkunde computerpraktikum voor de bovenbouw Havo en VWO.

Eckart College Eindhoven

- 1- Het vertrouwd raken met het toetsenbord van de C 64. Het leren laden en opstarten van een programma.
- 2- Uitleg van de werking van de AD-converter en oefenen in het meten van spanningen en het aansluiten van elektrische componenten.
- 3- V-I-diagram van een lamp.
De spanning over en de stroom door een lamp worden gelijktijdig gemeten en in een tabel zichtbaar gemaakt. Na 10 metingen kunnen de meetwaarden in een V-I-diagram op het scherm worden uitgezet.
- 4- De computer als tijdmetor.
Er is keuze uit drie programma's:
 - Het meten van intervaltijden tussen twee fotocellen of schakelaars.
 - Het meten van één of twee passagetijden m.b.v. fotocellen.
 - De computer als stopwatch; vanaf het toetsenbord wordt de teller gestart en gestopt. Er kunnen 6 tussentijden gemeten worden.De nauwkeurigheid bij de eerste twee programma's is 1 msec.
- 4a- Het meten van de valversnelling.
- 4b- Het meten van snelheid en versnelling van een karretje op een rail.
- 5- De elektrolytische trog.
In een bak met water en twee elektroden worden equipotentiaallijnen gezocht. Naderhand kunnen de veldlijnen getekend worden.
- 6- Temperaturen meten met een NTC-weerstand.
- 7- Uitrekking van een veer gemeten met een draaipotentiometer en met een vloeistof-potentiometer.
- 8- Het ontladen van een condensator over een weerstand.
Kwalitatief en kwantitatief wordt de invloed van de grootte van de capaciteit en de weerstand onderzocht op de snelheid van het ontladen van de condensator. Werken met het begrip RC-tijd.
- 9- Het meten van snelle inductieverschijnselen.
 - Val van een magneet door een spoel.
 - Induktiespanningen bij het sluiten en verbreken van een LR-kring.

Han Oosting 040-835382

Huib van Wunnik 040-417152

A/D-converter PE 28

Deze analoog-digitaal converter kan 8 analoge ingangsspanningen tussen 0 en 5 Volt omzetten in een 8-bit digitale waarde. De converter bevindt zich in een kastje dat achter in de Rom-pack aansluiting van de Commodore 64 past. De 8 ingangen zijn uit te lezen op 8 opeenvolgende plaatsen in het adresbereik van de Commodore 64.

De converter kan gebruikt worden samen met allerlei licht-, warmte-, magneet- en andere detectoren. Hierbij kan de voeding vanuit de computer betrokken worden (5 V, max. 250 mA). De aansluiting geschiedt met behulp van banaanstekers. Daardoor kunnen leerlingen gemakkelijk zelf experimenten uitvoeren. Door de lage in groepjes kunnen werken. Ook voor het meten van gelijk- en wisselspanningssignalen is deze interface erg geschikt. U gebruikt Uw computer dus als voltmeter of als meerkanaals geheugen-oscilloscoop! De maximale samplefrequentie is daarbij 7 kHz. De ingangen zijn beveiligd tegen overspanning en verkeerde polariteit (-50 V... + 50 V).

- Het aansturen van de converter is erg eenvoudig. Door het schrijven van een willekeurig getal naar één van de adressen 57001...57008 wordt één van de kanalen 1...8 geselecteerd en een conversie gestart.
- Na 128 microsec. is de conversie klaar en kan het resultaat gelezen worden uit het resultaatregister.

Er is slechts één resultaatregister voor alle kanalen samen. Het maakt dus niet uit van welk van de adressen 57001...57008 het resultaat teruggelezen wordt.

- Bij het werken met POKE en PEEK in Basic wordt aan de wachttijd van 128 microsec. automatisch voldaan.

Bijvoorbeeld:

```
10 POKE 57003,0: REM KIES KANAAL 3.
```

```
20 PRINT PEEK (57003): REM LEES RESULTAAT.
```

De interface wordt geleverd met een aantal kant en klare voorbeeldprogramma's en praktica. Bestaande programma's die gebruik maken van een ander type converter kunnen gemakkelijk worden aangepast.

Voor prijslijst en nadere informatie: H.J.A. Wijnhoven,
Phaser Electronics,
Mullerlaan 69,
5507 VB Veldhoven,
040-542757.

POLARISATIE

LERARENOPLEIDING
ZUIDWEST NEDERLAND
DELFT

Gelatine:

De gebruikte gelatine is in twee vormen te verkrijgen

- als bladgelatine bij de supermarkt, gebruik het dubbele van wat als verdunning aangegeven staat op de verpakking.
- als poedergelatine verkrijgbaar in 1 kg verpakking (bijv. bij de gelatinefabriek "De twee torens" in Delft.

Polarisatie filters:

Deze filters worden uitsluitend in de Verenigde Staten geproduceerd. Een voordelige manier om aan grotere oppervlakten te komen zal dus een eigen import uit de States zijn (iets om in samenwerkingsverband met scholen onderling te organiseren?).

Als importeur in Nederland is aanwezig:

Fa. Palimex
Groenezijde 36
Den Haag
tel. 070-662122

Mochten er nog vragen over dit onderwerp zijn, dan stelt ondergetekende student van de lerarenopleiding Z.W.N., zich als contactpersoon beschikbaar.

Erik Ulijn
Postbus 1209
2280 CE Rijswijk

POLARISATIE

algemeen

Wij zullen in dit stukje de natuurkundige achtergronden geven van wat je in de tentoonstelling hebt gezien.

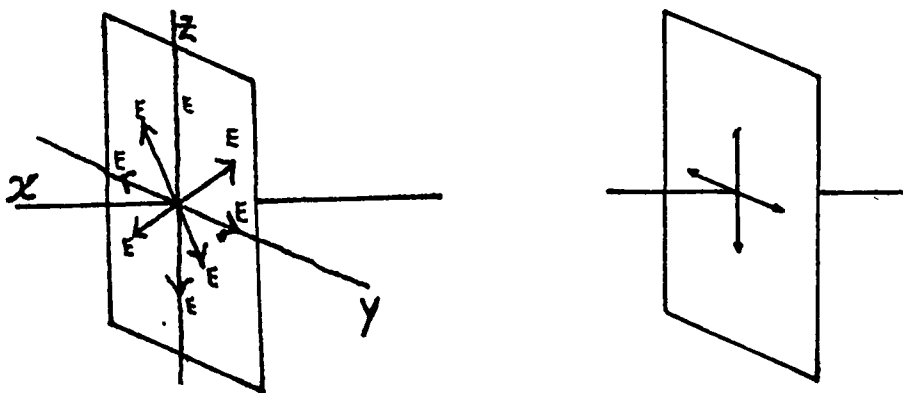
We beperken ons dus tot lineaire polarisatie.

Lineaire polarisatie is het terugbrengen van de trillingsrichtingen van het licht tot één trillingsrichting.

In de natuurkunde is bewezen dat lichtgolven uit elektrische en magnetische wisselvelden bestaan. Om polarisatie uit te leggen gebruiken we de trillingen van het elektrische veld (E).

Vektorieel kunnen we ongepolariseerd licht voorstellen als in het linker plaatje.

Deze trillingen kunnen we ontbinden in twee loodrecht op elkaar staande trillingen, zoals in het rechter plaatje is gebeurd.



Met een polarisatiefilter brengen we dit terug tot een trilling in slechts één richting.

Een polarisatiefilter is een laagje plastik met daarop langgerekte, gerichte kristallen, die slechts een trillingsrichting doorlaten. De uittredende bundel is dan lineair gepolariseerd.

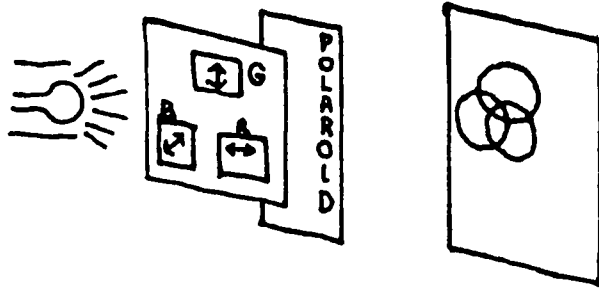
Twee andere manieren om lineair gepolariseerd licht te krijgen zijn dubbele breking (SAMEN APART) en terugkaatsing aan oppervlakte (DOVEND GLAS)

schijnen en verdwijnen

Met de volgende opstelling projekteren we drie kleuren, met verschillende polarisatierichtingen op een scherm.

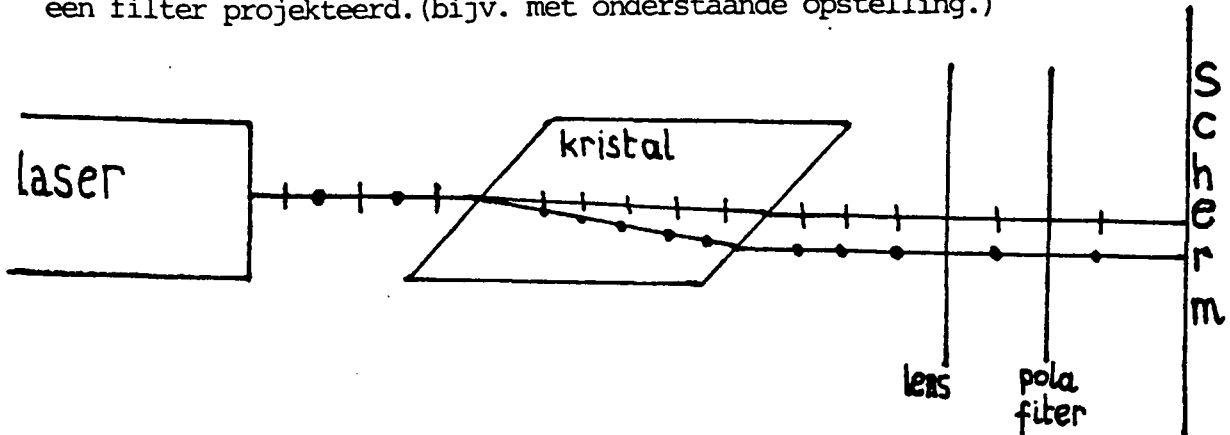
Door nu polarisatiefilter P te draaien kan je de kleuren één voor één uitdoven.

Immers als de polarisatierichting haaks staat op die van de kleur wordt dit licht niet doorgelaten.



samen apart

Je kunt ook polarisatie bereiken met een dubbelbrekend kristal. Dit ontbindt een lichtstraal in twee stralen die onderling loodrecht gepolariseerd zijn. Dat deze stralen inderdaad gepolariseerd zijn blijkt als je ze via een filter projekteert. (bijv. met onderstaande opstelling.)



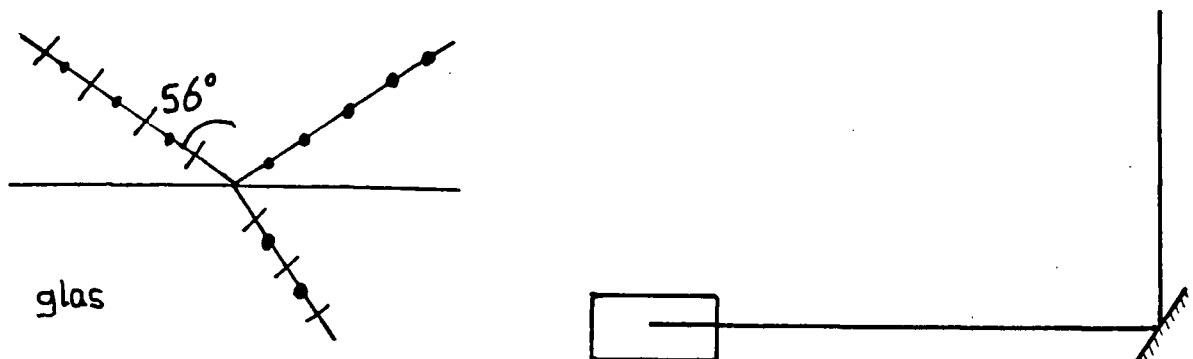
Door draaiing van filter P kan je de geprojecteerde stippen één voor één uitdoven, dit bereik je ook door het kristal zelf te draaien.

dovend glas

Hierbij hebben we gebruik gemaakt van polarisatie door terugkaatsing op glas.

Als een lichtbundel op glas valt brengt deze de molekulen aan het trillen. Als de hoek tussen de teruggekaatste straal en de gebroken straal 90 graden is, is de teruggekaatste straal gepolariseerd. De rede is dat deze straal slechts de trillingsrichting langs de straal kan bevatten. (plaatje links)

Een aardige opstelling is rechts getekend, waar de bundel twee keer op een glasplaatje valt en geheel gedoofd kan worden.



DIEPTE op de VLAKTE

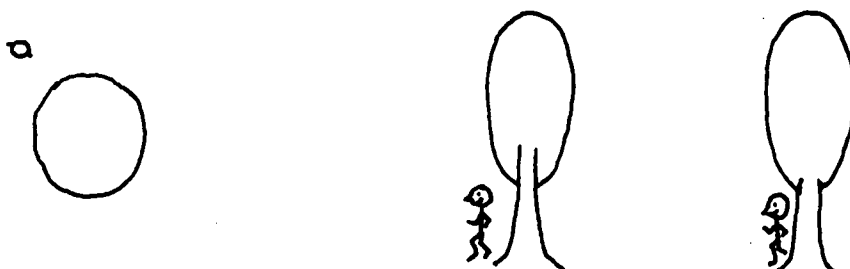
De mens is in staat om diepte te zien. Dit vermogen wordt onder andere gebruikt in het verkeer. Van andere deelnemers worden de afstanden en de snelheden geschat. Toch leert de biologie ons dat een oog een vlakke afbeelding op het netvlies opleverd.

Waar komt dan dat vermogen diepte te zien vandaan?

Het antwoord is gelegen in het feit dat mensen twee ogen gebruiken voor hun visuele waarnemingen. Bekijk de figuur hieronder maar eens. Geheel links zie je een bovenaanzicht van een tafereel. Dit bevat een boom en een persoon. Daarnaast zie je twee beelden zoals die op je linker en rechteroog vallen.

Opvallend is het verschil tussen het linker en rechteroog, onze hersenen interpreteren dit verschil als diepte.

Dit vermogen wordt in de baby-tijd aangeleerd. Om diepte te kunnen waarnemen zijn dus altijd twee ogen nodig.



Wil je dia's projekteren waarin diepte te zien is moet je dus zorgen dat het linker en het rechteroog ieder hun eigen beeld zien.

Iedere kijker naar de dieptedia's krijgt een bril op. Deze bevat twee polaroid filters, die onderling een hoek van 90 graden maken.

Dit heeft het gewenste gevolg, ieder oog zijn eigen beeld, als we voor een dubbele diaprojektor dezelfde filters plaatsen.

Het enigste probleem is nu nog dat een normaal projektiescherm de polarisatie weer ongedaan maakt.

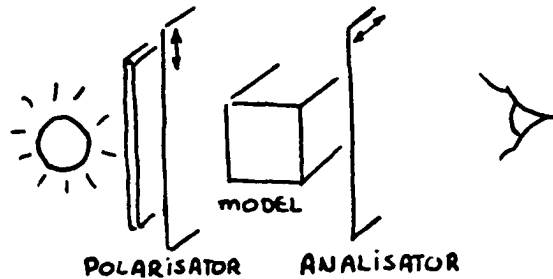
We moeten de dia's projekteren op een metaalscherm zodat de polarisatie gehandhaafd blijft.

Een nadeel van zo'n scherm is echter dat de lampen van de projectoren als een vlek zichtbaar worden op het scherm.

Dit is nog niet opgelost, waardoor er een karwij voor de lezer overblijft.

SPANNING op SCHAAL

Photoelasticiteit kan gebruikt worden om spanningen in konstruktie's zichtbaar te maken.
Dit kan simpel gedaan worden door de volgende opstelling.



De polarisator en de analisator zijn zodanig opgesteld dat er geen licht doorheen valt.

Wanneer we nu geschikt materiaal (hier gelatine) gebruiken ontstaan hierin heldere vlekken met kleuren, als we er enige druk op uitoefenen.

De oorzaak hiervan is dat de invallende lichtbundel door het materiaal gesplitst wordt in twee gepolariseerde bundels die evenwijdig lopen aan de lijnen van voornaamste spanning.

De kleuren ontstaan doordat de bundels niet met dezelfde snelheid door het materiaal gaan.

De analisator laat alleen de horizontale komponent door en de uitredende bundel bevat sommige golflengten niet meer.

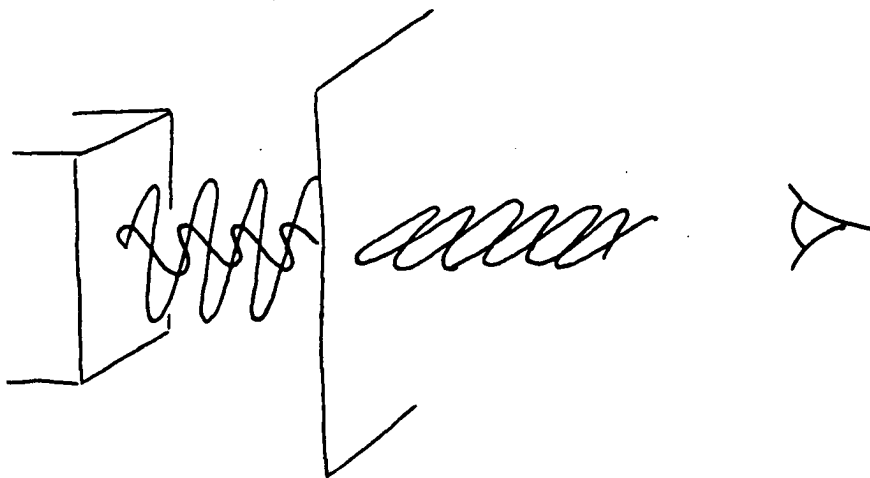
De uitgedoofde golflengten zijn precies de golflengte vertraagd, het uitredende licht zal dus niet meer wit zijn.

De lijnen van gelijke kleur zijn tevens lijnen van gelijke spanning in het materiaal.

Wanneer we het aantal lijnen van gelijke kleur tellen is elke keer dat een kleur verschijnt een verdubbeling van de in het materiaal aanwezige spanning.

Dit is slechts een kwalitatieve interpretatie, voor een kwantitatieve verwijzen we naar de literatuur over photoelasticiteit.

De verklaring van het principe wordt door onderstaande tekening issschien nog verduidelijkt.



POLARISATIE OM JE HEEN

Hier volgt een lijstje met polarisatie verschijnselen die je vaak kan zien als je maar weet dat ze er zijn.

Polarisatie vindt je bij , in , op

- veel plastik soorten
- auto daken
- regenbogen
- wateroppervlakken
- metaaloppervlakken
- de lucht
- sommige wolken
- zonsverduistering
- stof en zandwolken
- zonnekransen
- halo's
- bijzonnen
- filters
- ijskristallen
- heldere glorie's
- de wereld na regenval
- schaduw van bomen enz.
- papier
- huizen
- de glans van sommige insecten
- cellofaan
- zodiacaal licht
- gloeind ijzer
- sommige mineralen
- gelatine
- suikeroplossingen
- astronomische nevels
- kleine deeltjes
- elektrische ontladingen

Deze lijst zal niet compleet zijn, en in sommige gevallen moet je meer doen dan alleen maar door een polarisatiefilter kijken. Toch zijn de vele verschijnselen die niet onmiddellijk zichtbaar zijn vaak het verrassendst.

markt ed.



MAVO-WERK GROEP

VROUWEN EN
NATUURWETEN-
SCHAPPEN



Na de studiedag die de werkgroep op 27 april 1985 in Nijmegen organiseerde hebben zich een groot aantal nieuwe leden aangemeld.

Er zijn vijf subgroepen gevormd:

- subgroep "beleid": leverde commentaar op de lyceumnota en speelt in op nieuwe initiatieven van het ministerie (o.a. invoering van een 4de natuurwetenschappelijk vak).
- subgroep "lesmateriaal": stelt criteria op waaraan (voor meisjes) aantrekkelijk lesmateriaal moet voldoen.
- subgroep "onderzoek": zet een tijdschriftendocumentatie op.
- subgroep "voorlichting" gaat o.a. de voorlichting door HBO's TH's en universiteiten (ook speciaal aan meisjes) onder de loep nemen.
- subgroep "MAVO-LBO-natuurkunde" houdt speciaal deze onderwijstypen in het vizier.

Naast algemene inlichtingen over bovenstaande activiteiten en een uitstalling van relevante literatuur presenteert de groep ook een stelling:

Vooraf meisjes (maar ook jongens) voelen zich beter thuis bij het natuurkunde-onderwijs als zij aan eigen onderzoek en werkstukken kunnen werken.

Deze instelling wordt geïllustreerd met enkele voorbeelden van werkstukken van leerlingen. De bezoeker(st)ers van de stand beamen, voor zover zij ervaring hebben met werkstukken, dat meisjes vaak anders met eigen onderzoek omgaan dan jongens.

Meisjes besteden meer aandacht aan maatschappelijke toepassingen en de relatie met biologie en het eigen lichaam. Het werk wordt beter gemotiveerd en er spreekt een grotere betrokkenheid uit.

In dat geval is het zinvol leerlingen ruimte te bieden om persoonlijke voorkeuren te ontwikkelen in werk aan open onderzoek.

KLEUR

STICHTING INTERSTUDIE
NIJMEGEN

Deze tentoonstelling liet 20 onderwerpen zien die een relatie met het onderwerp "kleur" hebben. Bij de tentoonstelling werd een tentoonstellingsboekje verkocht waarin deze onderwerpen worden uitgediept. Twee veelgestelde vragen die in het tentoonstellingsboekje niet aan de orde komen wil ik hier graag beantwoorden.

Ten eerste de vraag: "Hoe kom je aan goede filters?"

Om licht van verschillende kleuren goed te kunnen mengen, heb je kleurenfilters nodig. Deze filters hoeven niet monochromatisch te zijn maar ze moeten wel goed bij elkaar passen. Zulke filters kun je natuurlijk bestellen bij leermiddelenfirma's. Onze ervaring is echter dat deze vaak duur zijn en de keuze m.b.t. filters beperkt is.

Onze gedachten gingen daarom uit naar een zaak die handelt in apparatuur voor popgroepen, disco's etc. Deze zaken hebben vaak ook een uitgebreid assortiment filters die voor b.v. kleurmenging zeer goed te gebruiken zijn.

Onze filters kwamen van:

Radio Europa Nederland
Stijn Buysstraat 5
Nijmegen
Tel: 080-225868

en kostten 1 cent per cm².

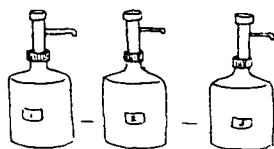
Een tweede veel gestelde vraag was: "Hoe maak je de jodiumklok?"

Even oprissen: De jodium klok is een mengsel van drie oplossingen. Bij het samenvoegen van deze drie oplossingen verandert het mengsel van kleur. De kleur van het mengsel gaat van kleurloos via geel-bruin naar donkerblauw en weer via geel-bruin naar kleurloos etc. Dit proces duurt (afhankelijk van de temperatuur en eventueel schudden van het mengsel) ongeveer 10 minuten.

HET RECEPT:

Benodigheden:

- 3 flessen met vulpipet
- bekersglasje
- malonzuur
- waterstofperoxide
- kaliumjodaat
- mangaansulfaat
- stijfseel
- zoutzuur
- gedestilleerd water



Uitvoering:

Maak drie oplossingen met behulp van gedestilleerd water.

Oplossing 1 bevat: 3,6 M waterstofperoxide

Oplossing 2 bevat: 0,201 M kaliumjodaat

0,159 M zoutzuur

Oplossing 3 bevat: 0,15 M malonzuur

0,0201 M mangaansulfaat

0,03 % stijfseel

Doe elke oplossing in een fles met een vulpipet. Voeg de drie oplossingen in gelijke hoeveelheden samen met behulp van de vulpipetten. Na \pm 5 minuten zal de oplossing gaan oscilleren tussen de kleuren geel en blauw. Dit oscilleren duurt \pm 10 minuten.

Hints:

Doe je deze proef bij hogere temperaturen dan zal het oscilleren eerder beginnen.

Deze proef kan natuurlijk ook gedaan worden zonder vulpipetten. Dit is voor gebruik op een tentoonstelling echter gemakkelijker.

Voor andere vragen over deze tentoonstelling kunt u terecht bij:

Eddy Reimerink
Berberislaan 67
Winterswijk
Tel: 05430-20746

Geert Loonen
Kleine Beerlaan 37
Breugel
Tel: 04990-77607

Stichting Interstudie
Van Schuylenburgweg 3
Nijmegen
Tel: 080-459955



*de groeten uit
Noordwijkerhout*



De vierde lezing, Wubbels.

Deze lezing werd over het algemeen goed gewaardeerd. Wel vonden enkelen dat Wubbels weinig nieuws te melden had; dat hij de dingen alleen goed op een rijtje zette. Ook waren sommigen verrast door zijn voorbeelden over verkeerd begrip over optica. Daar stonden dan weer enkele anderen tegenover die dit vrij evidente denkfouten vonden. Het werd ten eerste gewaardeerd dat Wubbels aandacht vestigde op leerlingenproblemen en dat hij "tips" gaf die geschikt waren voor gebruik op school. Dit laatste werd vooral gewaardeerd omdat men dat zo'n beetje van de conferentie verwachtte en bij de andere lezingen eigenlijk miste.

De vijfde lezing, Vorselman.

Bij deze lezing viel vooral op dat Vorselman zijn publiek steeds geboeid wist te houden. Ook het onderwerp werd bijzonder gewaardeerd. Het aantrekken van een kunstenaar in een gezelschap van fysici voldeed goed. Hoewel ook van deze lezing weinig in de praktijk gebruikt zal kunnen worden werd de lezing gewaardeerd, en dat bleek ook wel uit de reacties vanuit de zaal tijdens de lezing. Kortom, over het algemeen vond men het een goede lezing.

De laatste "lezing", Nauta.

De meningen over deze voorstelling waren verdeeld. Mensen die geen college van hem hadden gehad vonden het een mooie "performance". Degenen echter die wel college van hem hebben gehad, en dus het oudejaarscollege "life" hebben meegemaakt, wisten te melden dat hij in het echt beter was. Overigens vond men wel dat deze lezing uitsluitend geschikt was voor dit moment, de laatste lezing, en op ieder ander moment had misstaan.

Het totaalbeeld over de lezingen is positief. Er was voldoende variatie in lezingen. Ook de verdeling over de tijd was goed. Er waren ook mensen die liever meer tijd voor subgroepen hadden gehad en er waren mensen die liever meer onderdelen tegelijk hadden gehad, zodat er een keuze kon worden gemaakt, vooral de mensen die niet zo van lezingen houden.



SUBGROEPEN.

Er bleek dat men over het algemeen van mening was dat er voldoende keus was. Ook werd er bewust, vaak al ver voor de conferentie, op de conferentie, een keuze gemaakt uit het aanbod. Hierbij speelde de voor informatie een vrij belangrijke rol. Deze bleek wel verdeeld te zijn beoordeeld. De één vond de informatie goed, de ander te beperkt. Sommige groepen werden als te theoretisch ervaren. Ook was er van te voren te voorzien geweest dat bepaalde groepen op één of andere manier vaker gevolgd hadden kunnen worden. Wat dit betreft had een voorintekening handig kunnen zijn, hoewel dat ook zijn problemen meebrengt. Er zou gedacht kunnen worden aan een systeem waarbij de populaire groepen door meerdere personen, door één geïnstrueerd, gegeven worden. Het intekensysteem bleek niet bevallen te; zoals al opgemerkt zaten velen al in de startblokken tijdens de voorgaande lezing om toch vooral in te kunnen tekenen. Hoe het wel moet weet men ook niet. Dit probleem zou wellicht kleiner zijn als er meer mogelijkheden zijn om aan populaire groepen mee te doen.



DE MARKT.

De markt werd gewaardeerd, als vanouds. De meeste mensen misten de leermiddelenfirma's niet of nauwelijks. Het is natuurlijk mogelijk dat dit kwam omdat de firma Malmberg wel vertegenwoordigd was. Er werd voorgesteld om de leermiddelenfirma's eens in de twee of drie jaar te vragen, ook omdat men vond dat er lang niet ieder jaar nieuws is. Bovendien zijn er ook andere tentoonstellingen en beurzen waar wel alle leermiddelenfirma's komen. Tenslotte zijn veel scholen momenteel toch niet in staat om veel geld uit te geven aan dit soort dingen. Veel belangstelling was er wel voor, met name de polarisatieproefjes. Men vroeg zich ook af waar je aan dit soort polarisatiefilters kan komen. Ook, niet geheel onverwacht, de stand met computerappendages en proefjes daarmee stond veel in de belangstelling.

DE "WANDELGANGEN".

Dit punt valt eigenlijk samen met het voorgaande. Al tijdens de markt was de bar druk bezocht. Er bleek dat hier nu en dan discussies werden voortgezet uit één van de subgroepen. Veel mensen blijken juist voor de markt en de wandelgangen naar de conferentie te komen. Wel heeft dit door elkaar lopen waarschijnlijk tot gevolg dat er vrij weinig belangstelling is voor de wat passievere delen van de markt zoals de boeken.



Uw mening over deze conferentie

geen techniek maar meer didaktiek

Speel mee

Wat is er tegen techniek (toegepaste Natuurkunde)

te weinig proefjes

za : 1e lezing niet geheel te volgen
2e lezing **geen** niveau, niets aan gehad

hoog niveau ;
alleen mogelijk vanuit goede
basiskennis van
elementaire begrippen

LEUK !

10 FOR N=1 TO HEEL VEEL
20 PRINT "MINDER LEZINGEN, MEER
WERKGROEPEN"
30 NEXT N

Waarom geen illusies ?

thermostaat 4°C lager!

minder!
Meer werkgroepen

Meer kunstenaars

JA, DEZE HOG EEN
KEER

Er moet meer gedaan worden voor het LBO !!!

is dat hier dan
behoorlijk ver-
tegenwoordigd?

Waarom is Vosselman leuk
en Nauta niet ?!

dat 1e lezing goed, maar hier niet op zijn plaats