

WOUDSCHOTEN

2000

***Cultuurveranderingen
in het natuurkunde-onderwijs***

Verslag Woudschotenconferentie 2000

Werkgroep Natuurkunde-Didactiek

Buijs Ballotlaboratorium

Princetonplein 5

3584 CC Utrecht

Tel.: 030-2531179

Bestuur

Voorzitter: H.M.C. Eijkelhof

Penningmeester: J. Kortland

Leden:
M. Bollen
F. Budding
J. Hellemans
D.A. van de Straat
M. Vloemans
P.J. Wippoo

Verslag

Redactie: J. Kortland, J. Hellemans en M. Vloemans

Typewerk/layout: W. van Eijsden

Foto's: J.J. Wijnmalen

Omslag: Zuidam & Uithof, Utrecht

Inhoud

Inhoud			
Programma			
Voorwoord	1		
Lezingen			
Het heelal als vliegend tapijt <i>R.H. Dijkgraaf</i>	3		
Forumdiscussie over de examens havo/vwo <i>H.M.C. Eijkelhof</i> (samenvatting)	7		
Een internationaal studiehuis: Rusland en Nederland <i>W.J. Bustraan & B. Landheer</i>	9		
Advancing Physics: Shaping the future of Physics Education <i>P.J. Britton</i>	13		
Simulaties stimuleren <i>K. Vergouwen</i>	17		
Het studiehuis moet ... maar hoe? <i>P. Verhagen</i>	19		
Het WISE project <i>R. Scheepens</i>	23		
Modelleren van 12 tot 18 <i>E. Savelsbergh</i>	29		
Moderne Natuurkunde op het VWO <i>D.J. Hoekzema & G.J. Schooten</i>	35		
Techniek in de bètaprofielen? Technisch ontwerpen in de tweede fase <i>C. de Beurs</i>	41		
Werkgroepen			
1. Uitgewerkte vraagstukken, op internet en in OPUCE-formaat <i>I. de Bruijn</i>	47		
4. Speelse opvang van een cultuurschok <i>H. Biezeveld & L. Mathot</i>	49		
5. Natuurwetenschappen + wiskunde + Coach →			
		aantrekkelijke praktische opdracht <i>A. Heck & A. Holleman</i>	53
		6. Modellen in Coach 5: werkelijkheid in een doosje <i>P. Uylings</i>	59
		7. Crocodile Physics <i>A.H.C. Arfman</i>	63
		10. SAW-ANW? Science across the World bij ANW? <i>H. van Lubeck & L. Schoen</i>	69
		12. Videometen: onderzoek de gefilmde werke- lijkheid <i>V. Dorenbos & P. Geerke</i>	73
		15. De drijsijs - Huis, balkon en straatonderzoek <i>J. Buning, F. van Liempt & Th. van Welie</i>	75
		16. SLO-project Palet <i>F. Gravenberch</i>	79
		17. Creatief met het fysicapracticum <i>S. Daems</i>	81
		19. 25 jaar Vitus natuurkunde methode <i>W. Schraven, B. Westerveld & E. Blomberg</i>	87
		21. Een doorgaande vaardighedenlijn naar het profielwerkstuk <i>J. Apotheke & H. Pol</i>	89
		23. Een leerlinggerichte aanpak in de basisvorming <i>C. van Hout, I. v.d. Looy, W. Maagdenberg & P. Jansen</i>	91
		25. Laagdrempelig probleemstellend leren <i>H. Poorthuis, K. Klaassen & E. Savelsbergh</i>	93
		26. De vallende kegel <i>A. Mooldijk</i>	95
		31. ISSN: Interactieve simulaties bij <i>Systematische Natuurkunde</i> <i>F. Neiss & T. Offenga</i>	97
		33. Meten op afstand <i>M. Engelbarts</i>	101
		34. Mini-profielwerkstuk <i>T. van der Valk</i>	105
		Marktinformatie practicumateriaal	
		Deelnemerslijst	

Programma

35^e Woudschotenconferentie

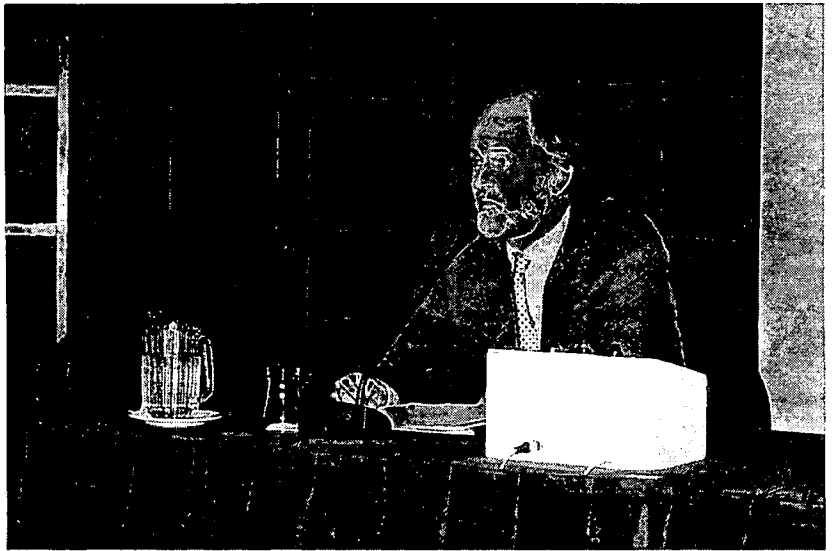
Vrijdag 15 december

12.30 - 14.00 uur	Ontvangst
14.00 - 14.10 uur	Opening van de conferentie door de voorzitter van de Werkgroep Natuurkunde-Didactiek, Prof.dr. Harrie Eijkelhof
14.10 - 14.20 uur	Informatie over de conferentie door de conferentievoorzitter, Prof.dr. Chris van Weert
14.20 - 15.15 uur	Plenaire lezing door Prof.dr. Robbert Dijkgraaf : Het heelal als vliegend tapijt
15.15 - 15.45 uur	Thee
15.45 - 17.00 uur	Keuze uit: <ul style="list-style-type: none">- Forum over de eindexamens havo/vwo natuurkunde met medewerking van Prof.dr. Robbert Dijkgraaf, Prof.dr. Piet Lijnse, drs. Pietjan Wippoo en mw.drs. Joke van Dijk- Drs. Willem J. Bustraan en dr. Bob Landheer: Een internationaal studiehuis: Rusland en Nederland
17.00 - 17.30 uur	Aperitief
17.30 - 19.15 uur	Diner
19.30 - 21.00 uur	Werkgroepen
vanaf 19.30 uur	Markt

Zaterdag 16 december

- 7.45 - 8.45 uur** Ontbijt
- 9.00 - 9.50 uur** Plenaire lezing door **Philip Britton**: Advancing Physics: Shaping the Future of Physics Education
- 10.00 - 10.50 uur** Keuze uit drie lezingen:
- **Drs. Kees Vergouwen**: Simulaties stimuleren
 - **Paul Verhagen**: Het studiehuis moet ... maar hoe?
 - **Roel Scheepens**: Het WISE project
- 10.50 - 11.20 uur** Koffie
- 11.20 - 12.45 uur** Werkgroepen
- 12.45 - 13.45 uur** Lunch
- 13.45 - 14.40 uur** Keuze uit drie lezingen:
- **Dr. Elwin Savelsbergh**: Modelleren van 12 tot 18
 - **Dr. Dick Hoekzema en drs. Gert Schooten**: Moderne Natuurkunde op het VWO
 - **Ir. Cor de Beurs**: Hoe zit het met techniek in de bètaprofielen
- 14.40 - 15.00 uur** Thee
- 15.00 - 15.30 uur** Zeepbellenshow van het Science Museum (Londen)
- 15.30 - 15.40 uur** Sluiting van de conferentie
- 16.00 uur** Vertrek bus naar station Leiden

Voorwoord



In deze bundel wordt verslag gedaan van de 35^e Woudschotenconferentie, ons zevende lustrum. In mijn openingswoord heb ik verder gememoreerd dat de Werkgroep Natuurkunde-Didactiek 50 jaar geleden (op 22 december 1950) is opgericht. Op de Sterrenwacht te Utrecht waren aanwezig 21 mensen, waaronder R. Krans, H. Freudenthal, G. Frederik en M. Minnaert. De werkgroep begon als werkgroep natuurkunde van de Werkgemeenschap voor Vernieuwing van Opvoeding en Onderwijs. Uit deze werkgemeenschap is het nog steeds bestaande maandblad Vernieuwing voortgekomen.

Volgens de overlevering werd Minnaert zelf geen voorzitter van de werkgroep omdat zijn linkse sympathieën in de Koude Oorlogstijd de naam van de werkgroep zouden kunnen belasten. Minnaert was wel een grote stimulator van de werkgroep en woonde vele vergaderingen bij. Na een korte periode met roulerend voorzitterschap werd Lignac in juli 1951 voorzitter en mevrouw Smit-Miessen secretaris. Zij zijn dat 19 jaar gebleven. Ik zeg dit met respect omdat we deze reeks conferenties uiteindelijk te danken hebben aan pioniers die een halve eeuw geleden het initiatief namen de krachten te bundelen van mensen die een bijdrage wilden leveren aan de vernieuwing van het natuurkundeonderwijs. Vooral dankzij de inspanningen in het verleden van onze ereleden Hooymayers, Creton en Andriese vervult de conferentie nog steeds deze platformfunctie.

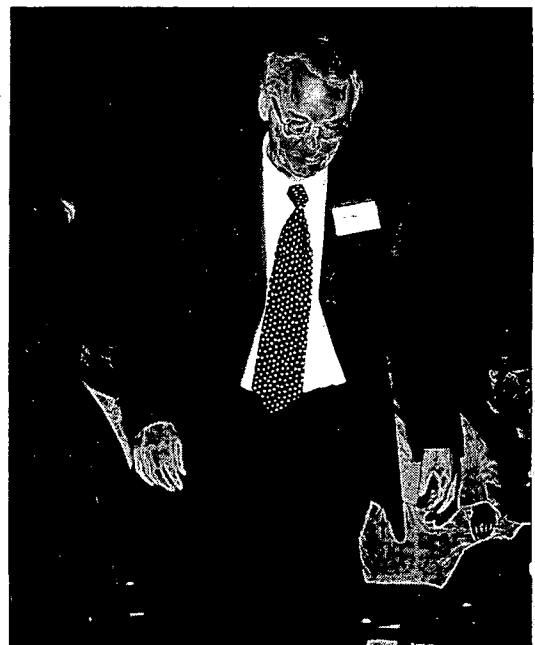
Als thema voor deze conferentie is gekozen voor 'cultuurveranderingen in het natuurkundeonderwijs'. Waarom dit thema? Bij een lustrum hoort een beetje bezinning op verleden en toekomst. Tien jaar geleden hebben we dat gedaan door 25 jaar terug en 25 jaar vooruit te kijken. Dit keer wilden we stil staan bij een aantal veranderingsprocessen. Enerzijds hebben we hier een Nederland een lange traditie in het natuurkundeonderwijs. Die traditie is vastgelegd in examenprogramma's, schoolboeken en examens, maar bestaat ook

uit een groot aantal ongeschreven regels en opvattingen. Anderzijds verandert de wereld om ons heen en wel in hoog tempo. We willen niet achter alle modes aanlopen maar ook niet fossiliseren.

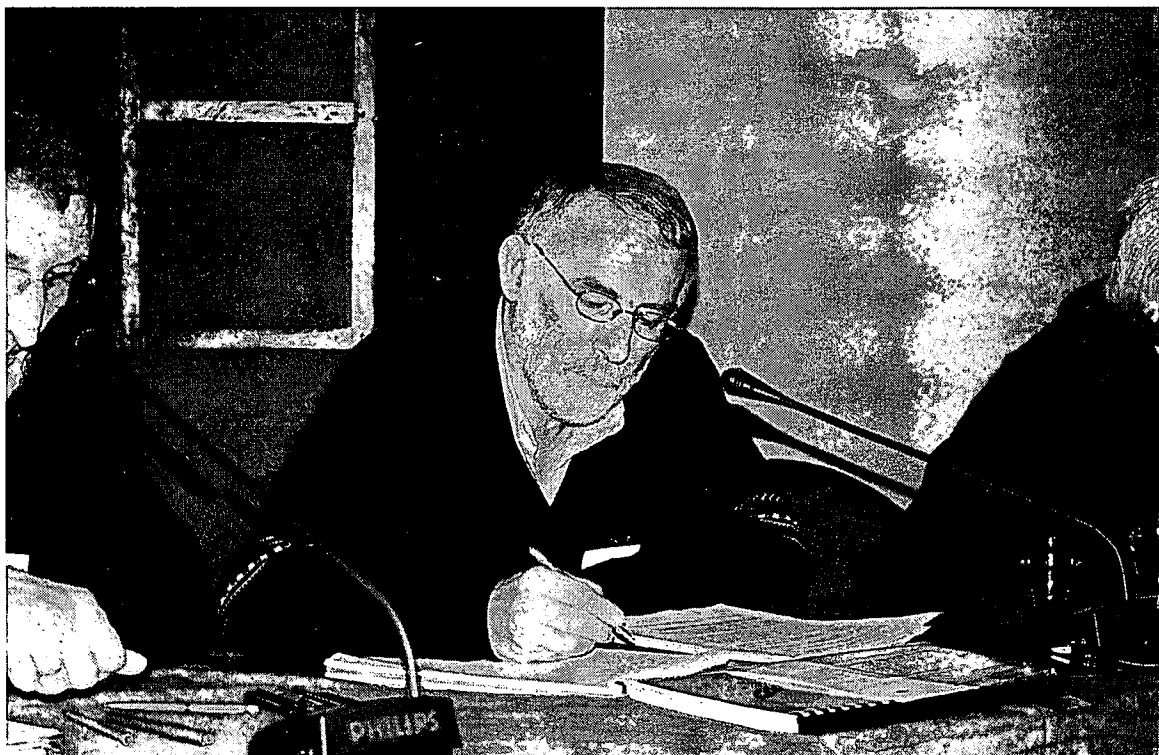
Vandaar dat we tijdens de conferentie een aantal veranderingen voor het voetlicht hebben gebracht, zoals veranderingen in natuurkundige inzichten, de mogelijkheden van ICT (met name modelleren), nieuwe aanpakken van natuurkundeonderwijs, zelfstandig leren, de examencultuur, nieuwe onderwerpen en internationalisering.

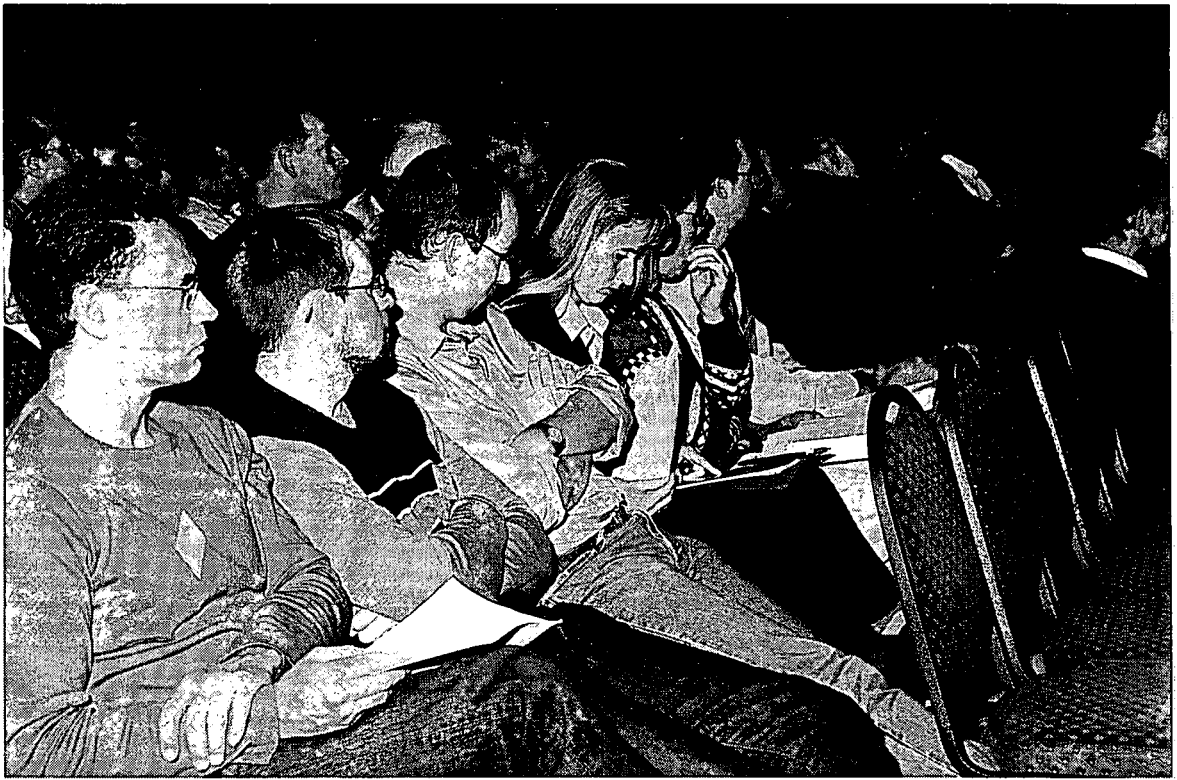
Uit de evaluatie is ons gebleken dat de conferentie als geheel werd gewaardeerd. Beide plenaire lezingen (verzorgd door R. Dijkgraaf en Ph. Britton) vielen erg in de smaak. Ook veel werkgroepen scoorden hoog. Mij valt bij het lezen van de bijdragen in het verslag vaak op dat lezingen en werkgroepen die wat lager scoren toch inhoudelijk zeer de moeite waard zijn. U kunt dit zelf ook ervaren door dit verslag goed te lezen. Ik wens u daarbij veel genoegen.

Harrie Eijkelhof
Voorzitter WND



Lezingen





Het Heelal als Vliegend Tapijt

R.H. Dijkgraaf

Universiteit van Amsterdam



Het volgende artikel 'Gevangen in een vliegend tapijt' van R.H. Dijkgraaf is overgenomen uit het NRC Handelsblad van 22 april 2000.

Sinds kort is een aantal natuurkundigen in de ban van het idee dat onze wereld behalve lengte, breedte en hoogte extra dimensies telt die groot genoeg zijn om zichtbaar te worden. Op reis in de hyperruimte.

Deeltjesfysici denken in termen van onvoorstelbaar kleine afstanden. Met gemak goochelen ze met hogere dimensies met zulke kleine afmetingen dat ze zelfs niet met de grootst denkbare deeltjesversnellers aangetoond kunnen worden. Maar dit zou allemaal wel eens kunnen veranderen. Sinds kort zijn natuurkundigen in de ban geraakt van ideeën waarin de extra dimensies de alledaagse afmeting van een millimeter kunnen hebben.

Hoe is dit mogelijk? Waarom zien we deze grote extra dimensies niet met het blote oog? Het mysterie zit verborgen in de eigenschappen van de zwaartekracht, een verschijnsel dat ondanks het werk van Newton en Einstein nog steeds slecht begrepen is, en dat verrassend genoeg ook heel slecht gemeten is. Zo weten we op dit moment niet of de wet van Newton wel geldt op een afstand van een millimeter.

Het is niet moeilijk om onszelf te overtuigen dat we in drie dimensies leven. Iedere doe-het-zelver weet dat alles een lengte, een breedte en een hoogte heeft. Dit simpele gegeven vormt de verklaring van veel natuurverschijnselen, bijvoorbeeld van Newtons befaamde gravitatiewet, die stelt dat de zwaartekracht afneemt met het kwadraat van de afstand tussen twee massa's. Als de afstand twee keer zo groot gemaakt wordt, dan wordt de zwaartekracht viermaal zo zwak. Maar dit is alleen waar in drie dimensies. Als we een vierde dimensie zouden toevoegen, zou Newton voorspeld hebben dat de kracht achtmaal zo zwak zou worden.

Nu is een vierde dimensie geen onbekend verschijnsel in de moderne fysica. Het was Time magazine's 'man van de eeuw' Albert Einstein die met hulp van de wiskundige Hermann Minkowski inzag dat de tijd als een min of meer gelijkwaardige dimensie mag worden toegevoegd. Hoewel wij in de praktijk niet snel ruimte en tijd door elkaar zullen halen, is dat voor elementaire deeltjes als elektronen en de exotischer quarks, die zich bijna zo snel als het licht voortbewegen, heel anders. Volgens Einsteins algemene relativiteitstheorie van 1915 moet de zwaartekracht dan ook begrepen worden in termen van een vierdimensionale ruimtetijd.

Maar waarom stoppen bij vier? Is er plaats voor nog meer dimensies? Kort na Einsteins baanbrekende werk werd inderdaad een schitterende interpretatie gevonden van een vijfde dimensie. Theodor Kaluza en Oskar Klein zagen onafhankelijk van elkaar dat Einsteins vergelijkingen in vijf dimensies tegelijkertijd de zwaartekracht en het elektromagnetisme kunnen beschrijven. Een prachtig voorbeeld van unificatie: twee krachten samengevoegd in een en hetzelfde wiskundig jasje.

Maar deze extra ruimtedimensie moet wel klein opgerold zijn, zodat op grote afstand de wereld er toch vertrouwd uitziet. Net zoals een rietje van een afstand eendimensionaal lijkt. In de theorie van Kaluza en Klein kan de grootte van de extra dimensie berekend worden. Deze wordt bepaald door de verhouding van de zwaartekracht tot de elektromagnetische kracht. Het antwoord is echter zo absurd klein dat het hele idee in conflict raakt met Heisenbergs beroemde onzekerheidsprincipe van de quantummechanica. Dit komt door de onvoorstelbare zwakte van de zwaartekracht ten opzicht van alle andere natuurkrachten. Waarom dit zo is, is een van de grote openstaande problemen in de moderne natuurkunde, bekend als het *hiërarchie-probleem*.

Het is inderdaad een goed bewaard geheim dat de zwaartekracht, die op zo'n majestueuze wijze de he-

mellichamen bestuurt, in wezen een uiterst zwak verschijnsel is. We voelen gravitatie alleen aan den lijve omdat de aarde uit zo ontzettend veel materie bestaat. En, omdat er geen antizwaartekracht is – ondanks berichten over transcendentaal gehop en gezweef – geven al deze materiedeeltjes dezelfde constructieve bijdrage. De zwaartekracht compenseert zijn intrinsieke zwakte dus door middel van grote, inderdaad astronomisch grote, aantallen. Ons heelal is in wezen zo uitgestrekt omdat de zwaartekracht zo zwak is.

Afstotende effect

Om bijvoorbeeld de aantrekkende zwaartekracht tussen twee protonen in een atoomkern even sterk te maken als het afstotende effect van de elektrische ladingen, moet de massa van ieder proton negentien maal vertienvoudigd worden. Dat wil zeggen, een proton zou zo zwaar als een bacterie moeten worden. Dat zal niet indrukwekkend klinken voor een bioloog, maar in de Lilliputse wereld van de deeltjesfysica is het een werkelijk astronomisch gewicht.

Gebruikmakend van Newtons wet kunnen we de zwakte van de zwaartekracht ook compenseren door de deeltjes zeer dicht op elkaar te zetten en wel op een afstand van 10^{-35} meter, dat is een triljoenste van een triljoenste van een meter. Dit is de kleinste afstand die in de natuur bekend is. En de vader van de quantummechanica, Max Planck, ontdekte al aan het begin van de vorige eeuw dat op die afstanden ook de zwaartekracht onderhevig wordt aan de wetten van de quantummechanica. Er ontstaan zwaartekrachtsdeeltjes, de zogenoemde gravitonen.

Om een indruk te krijgen hoe onvoorstelbaar klein deze Planck-lengte is, moeten we het ons nu zichtbare heelal, zo'n dertien miljard lichtjaar groot, verkleinen tot een stofdeeltje. We kijken dan naar afstanden zo klein als weer een stofje in die microkosmos – de ultieme speld in de hooiberg.

In de traditionele kijk zijn extra dimensies dus best mogelijk, maar ze zijn noodzakelijkerwijs zo klein dat ze nooit direct kunnen worden waargenomen. Het apparaat om ze te meten zou de afmeting van ons melkwegstelsel krijgen. En om deze dimensies te begrijpen moeten we de quantumeffecten van de zwaartekracht begrijpen.

Toch is de theoretische fysica het afgelopen jaar in de ban geraakt van modellen waar deze extra dimensies niet langer onmeetbaar klein verondersteld worden. Het onderliggend idee is afkomstig van een groep fysici uit Stanford en is bedrieglijk eenvoudig. En, hoewel het daar logisch gezien onafhankelijk van is, is het geïnspireerd door nieuwe inzichten in de snaartheorie.

De snaartheorie veronderstelt dat alle materie is opgebouwd uit minuscule touwtjes of elastiekjes, waarvan de trillingen de verschillende soorten elementaire deeltjes kunnen beschrijven. Dit geeft een elegante unificatie van de natuurkrachten omdat dan alle deeltjes manifestaties zijn van een en dezelfde snaar.

Maar de laatste paar jaar is gebleken dat snaren alleen niet genoeg zijn. Ook minuscule zwarte gaten, membranen en hogerdimensionale objecten (die simpelweg branen worden genoemd) bevolken deze wonderlijke theorie. Om deze nieuwe ingrediënten te benadrukken wordt de postmoderne versie soms aangegeven als M-theorie, waar M kan staan voor membraan, magie, mysterie, matrix of misschien zelfs moeder: M-theorie als de moeder van alle theorieën.

Het bijzondere van de branen is dat deze zelf weer allerlei materiedeeltjes in zich kunnen dragen. Deze materie mag zich vrijelijk binnen de braan verplaatsen, maar mag deze nooit en te nimmer verlaten. De deeltjes in de braan zijn voor altijd gevangen in hun lagerdimensionale bestaan. Daarmee verkeren ze in dezelfde posities als de Platlanders, een volk dat werd bedacht door de victoriaanse schoolmeester Edwin Abbott om het begrip van extra dimensies aanschouwelijk te maken. Platlanders kennen lengte en breedte, maar geen hoogte. Plat als een dubbeltje schuiven zij rond in hun tweedimensionale wereld, een wereld die soms ruw verstoord wordt wanneer een driedimensionaal wezen als een *deus ex machina* binnentreedt.

Hyperruimte

Maar nu rijst de mogelijkheid dat wij ook Platlanders zijn, wezens gevangen in een driedimensionale wereld die zich voortbeweegt in een hogerdimensionaal universum. Het zou namelijk heel goed mogelijk kunnen zijn dat alle materie- en krachtedeeltjes waaruit de ons zichtbare natuur is opgebouwd leven op een braan. Deze braan zweeft dan als een vliegend tapijt in een hyperruimte waarin uiteindelijk de fundamentele natuurwetten geformuleerd dienen te worden. Voor het grootste gedeelte hoeven we ons dan niets van die extra dimensies aan te trekken. Bijna alle verschijnselen, waaronder het elektromagnetisme, spelen zich volledig af binnen de vertrouwde drie dimensies. Maar er is een kracht die niet tot dit bestaan binnen de braan is veroordeeld. Volgens de universele wetten van Einstein draagt alle energie een massa – denk aan de formule $E = mc^2$ – en is daarom ieder object onderhevig aan de zwaartekracht. Volgens dit principe mogen de zwaartekrachtsdeeltjes zich als enige wél door de extra dimensie bewegen.

Dit is een belangrijke breuk met een democratisch principe in de fysica. Niet langer hoeven alle natuurwetten in dezelfde dimensies te leven. Veel van de vertrouwde redeneringen gaan daarom niet langer op en zo kan de extra dimensie veel groter zijn dan in het oude model van Kaluza en Klein.

Dit nieuwe model wordt bijzonder aantrekkelijk als er niet één, maar twee branen gebruikt worden. Een braan voor onze wereld en een 'schaduwbraan' waar de zwaartekracht gelokaliseerd is. Omdat de zwaartekracht sterk afneemt tussen de twee branen, is de onderlinge afstand een maat voor de zwakte van 'onze' zwaartekracht. Dit kan dan een elegante oplossing van het hiërarchie-probleem geven.

Zo'n schaduwbraan heeft nog een andere nuttige toepassing. Op dit moment is ruwweg de helft van alle materie in het heelal zoek. Deze materie doet haar aanwezigheid voelen via de zwaartekracht, maar de sterrenkundigen hebben nog niet kunnen vaststellen waaruit deze donkere materie bestaat. De schaduwbraan is een uitstekende plaats om de donkere materie te verbergen, omdat alleen zwaartekrachtsdeeltjes de oversteek door de vijfde dimensie naar onze wereld zouden kunnen maken.

Maar wat is het effect van al deze theoretische buitelingen op Newtons wet? Als de zwaartekracht in extra dimensies leeft, moeten we dat dan niet direct kunnen meten? Waarom valt op kleine afstand de kracht niet af met de derde macht van de afstand in plaats van met het kwadraat? Is onze schoolleerstof aan vervanging toe?

In de moderne fysica worden fantastische precisiemetingen gedaan. Vele eigenschappen van elementaire deeltjes zijn tot op tien decimalen bekend. Maar de verificatie van Newtons zwaartekrachtswet staat er minder florissant bij. Dankzij de eerder genoemde onvoorstelbare zwakte van de zwaartekracht is zoiets een experimentele *tour de force*. Het verbaast menig een te horen dat Newtons wet pas op een afstand van ongeveer een centimeter is gecontroleerd – in de deeltjesfysica een reusachtige schaal. Het zou dus heel goed mogelijk kunnen zijn dat op afstanden van een millimeter de extra dimensies zich al aankondigen.

Daar wordt nu naarstig naar gezocht. Deze zwaartekrachtmetingen volgen in wezen nog steeds het oude model van Cavendish. In het laboratorium wordt de kracht tussen twee bolletjes gemeten. Grootste probleem hierbij is de storende werking van allerlei andere krachten, zoals de Van der Waalskracht, en trillingen van buiten. Er moet wel worden gezegd dat pas de volgende generatie van aardse zwaartekrachtmetingen realistisch gesproken verrassingen kan gaan bieden. Een grote extra dimensie heeft namelijk ook allerlei gevolgen voor de deeltjesfysica en de kosmologie. Deze indirecte consequenties lijken dimensies van een millimeter uit te sluiten, maar staan wel afwijkingen van Newtons wet op afstanden van een tiende millimeter toe.

Het 'wereld-als-een-braan'-scenario opent dus de mogelijkheid dat de extra dimensies helemaal niet zo onbereikbaar zijn. Misschien liggen ze wel 'om de hoek', dat wil zeggen binnen het bereik van de nieuwe generatie van deeltjesversnellers zoals de Large Hadron Collider die op dit moment in het CERN-laboratorium in Genève wordt ontwikkeld. Dit verschijnsel zou zich dan in de botsingsprocessen uiten als vermiste energie die in de vorm van gravitonen in de vijfde dimensie verdwijnt.

Inmiddels zijn uit verschillende hoeken bezwaren geopperd tegen dit beeld van de kosmos als een vliegend tapijt. Zo laat het zich niet elegant rijmen met de natuurlijke unificatie van alle krachten, één van de elegante aspecten van de traditionele modellen. Alle natuurkrachten worden ongeveer even sterk op Planckse afstanden. Maar omdat in de braantheorie verschillende dimensies in het spel zijn, moet men zich in allerlei bochten wringen om deze unificatie te behouden en niet bijvoorbeeld het proton instabiel te laten zijn. Ook zijn er nog steeds weinig concrete modellen die helemaal doorgerekend kunnen worden. Maar omdat al deze radicale ideeën, ondanks vele tegenwerpingen, op dit moment moeilijk te weerleggen blijken te zijn, hebben de extra dimensies in ieder geval twee zaken stevig onderstreept: de absolute noodzaak van nieuwe experimenten en de rijkdom van de theoretische ideeënwereld, een ideeënwereld waar altijd weer, metaforisch gesproken, een extra dimensie aan kan worden toegevoegd. En, om met de theoretisch fysisch Pauli te spreken, misschien zijn de nieuwe ideeën wel gek genoeg om waar te kunnen zijn.

Referenties

- B. Greene, *The Elegant Universe*
- E. Witten, *Duality, Spacetime and Quantum Mechanics*, *Physics Today*, May 1997
- M. Mukerjee, *Explaining Everything*, *Scientific American*, Jan. 1996
- G. Taubes, *String Theorists Find a Rosetta Stone*, *Science*, July 23, 1999

<http://www.superstringtheory.com/>

<http://www.theory.caltech.edu/people/jhs/strings/>

http://turing.wins.uva.nl/~rhd/string_theory.html

Forumdiscussie over de examens havo/vwo



De forumdiscussie over de examens havo/vwo wordt hieronder samengevat door Harrie Eijkelhof.

Dit forum vond plaats naar aanleiding van de discussie die via Kennisnet, het NTVN en NVOX is gevoerd over het eindexamen vwo natuurkunde eerste tijdvak 2000. Als forumleden zijn mensen uitgenodigd met verschillende achtergrond:

- Pietjan Wippoo (docent VO en lid van de voormalige vakontwikkelgroep)
- Robbert Dijkgraaf (hoogleraar wiskunde en met de hoogleraren 't Hooft, Lagendijk en Van den Heuvel criticus van het laatste vwo-examen)
- Piet Lijnse (hoogleraar vakdidactiek natuurkunde en adviseur van de voormalige vakontwikkelgroep)
- Joke van Dijk (voorzitter van de CEVO-sectie natuurkunde en lid van de WEN).

Voorzitter is Chris van Weert (UvA)

Aan de forumleden waren vooraf de volgende vragen voorgelegd:

- Wat vindt u de sterke en de zwakke punten van de huidige examens havo/vwo natuurkunde?
- Welke eisen mag men aan een goed examen stellen?
- Hoe breng je die eisen in praktijk?

Dijkgraaf

Ik vat de kritiek van de groep van vier natuurkunde hoogleraren op het vwo-examen van mei 2000 nog even samen:

- Het examen heeft invloed op het onderwijs.
- Het examen moet daarom rekening houden met de aard van het vak natuurkunde.
- Natuurkunde is eenvoudig en universeel, speelt en licht.
- Een natuurkundige heeft soms gewoon gelijk; daar zijn anderen soms jaloers op.
- Alledaagse natuurkunde is (vaak) moeilijk.

- Natuurkunde is geen taalbeheersing (denk aan de problemen van allochtone leerlingen).
- Natuurkunde is boeiend, wonderbaarlijk, uitdagend en mysterieus: laat dat ook in het examen zien. Als criteria voor een goed natuurkunde examen noem ik: simpele tekst, ook opgaven in een gecontroleerde omgeving (bijv. een wetenschappelijke), lichtere (luchtige) vragen.

Van Dijk

Bij het samenstellen van het examen wordt het examenprogramma gevolgd.

Zaal

- Het natuurkundeprogramma is niet meer samenhangend.
- Schoolboekenschrijvers hebben problemen met de interpretatie van het examenprogramma natuurkunde.
- Op het havo-examen bestaat minder kritiek.
- Onderwijs is niet hetzelfde als het examenprogramma.
- Het examen natuurkunde is te lang.

Van Dijk

Het natuurkunde examen heeft een bepaalde traditie. Het overdekt het programma en is gevarieerd.

Zaal

- Waarom zijn we tevreden met een gemiddeld cijfer 6,3?
- Je kunt de totale leerstof niet overdekken in drie uur examentijd.
- Zwakke leerlingen zijn niet gebaat met contexten.
- Je kunt vaardigheden en kennis met minder vragen testen.
- In het nieuwe havo-examen worden N1 en N1,2 leerlingen ten onrechte met dezelfde vragen getoetst.

N1 leerlingen hebben veel minder onderwijstijd gehad.

Van Dijk

Er is afgesproken dat er 50% overlap is in de vragen voor N1 en N1,2.

Lijnse

De kritiek van de vier hoogleraren legt een eenduidige relatie tussen contexten en hoeveelheid tekst. Contextrijke vragen kunnen heel goed zonder veel tekst gesteld worden.

Verder wordt ten onrechte gesuggereerd dat tekstanalyse niets met natuurkunde te maken heeft. Bij de analyse van de tekst van examenvragen wordt wel degelijk een beroep gedaan op fysisch denken.

Hoofdprobleem is de traditie van vijf of zes grote opgaven. Dan krijg je te geconstrueerde vragen. Laat die strakke structuur los en maak een flexibeler examen.

Dijkgraaf

Ik pleit er niet voor de contexten af te schaffen, maar om ze niet de enige richtsnoer voor de examenvragen te laten zijn. Bedenk dat leerlingen tijdens het examen gespannen zijn. Verwacht niet dat ze dan genieten van contexten. Zorg dat ze door de contextbomen het bos (de natuurkunde) blijven zien.

Iets zeggen over het examen zegt iets over het onderwijs. We moeten zorgen dat goede leerlingen weer meer geïnteresseerd raken voor de studie natuurkunde. Natuurlijk hoeven ze niet allemaal natuurkunde te gaan studeren maar een stijging van 2 naar 3 % zou al geweldig zijn. Goede leerlingen kunnen in de war raken door contexten.

Wippoo

In kringen is men redelijk tevreden over het havo-examen. Het vwo-examen weerspiegelt niet wat boeiend onderwijs is.

Zaal

- Er zijn twee soorten natuurkunde: mooi/evenwichtig en complexe contexten. Ze zijn beide belangrijk maar de vertaalslag is lastig. Daar moeten we leerlingen bij helpen.
- NG-leerlingen in de havo krijgen nauwelijks gezondheidscontexten bij natuurkunde.
- Wat vindt de CEVO zelf eigenlijk van het examen?

Van Dijk

Wij hebben begrip voor de kritiek en zijn bereid er iets mee te doen. Wek niet de indruk dat de examenmakers een geheime; andere groep zijn: ze zitten hier in de zaal!

Zaal

De Nederlandse examens natuurkunde bevatten vaak best leuke vragen.

Van Dijk

Ik vind het jammer dat slecht nieuws over het examen natuurkunde in de krant komt.

Zaal

- Dat is helemaal niet verkeerd: een vrije pers is juist goed.
- Probeer nu eens een examen te maken dat op gemiddeld 7,4 uitkomt.
- Het experiment met een examen natuurkunde via de computer (met als onderwerpen modelleren en meten aan videobeelden) heeft op mijn school de motivatie van de leerlingen verhoogd. Het gemiddelde was 7,2. Dat is helaas buiten het nieuws gebleven.
- Vergelijk het eindexamen met een rijexamen: je moet toetsen wat ze geleerd hebben.

Wippoo

In het examenprogramma natuurkunde bevatten de eindtermen maar voor 25% termen als 'bereken' en 'bepaal'. De CEVO heeft zelf bepaald dat 60% van het examen daaraan gewijd is. Dat percentage moet omlaag ten gunste van meer beschrijvende vragen ... In het havo-examen zou ik graag een nieuwe structuur zien: eerst een aantal korte en daarna wat langere vragen.

Zaal

- De discussie moet ook gaan over het niveau van het examen. Voor de havo moet reproductie een voldoende opleveren. Wil je meer dan een 6 halen dan moet je ook vragen op een wat hoger niveau kunnen beantwoorden.
- Gebruik als criteria reproductief – toepassingsgericht – betekenisgericht.

Lijnse

Daar ben ik het wel mee eens, maar zolang die begrippen polyinterpretabel zijn lost dat niet zoveel op.

Zaal

- Kunnen we ons niet beperken tot het toetsen van 50% van de stof op het landelijk examen?
- Voor andere vakken hebben leerlingen minder tijd nodig.
- Het programma is te ouderwets en bevat teveel toegepaste wiskunde.

Van Weert

Concluderend wil ik zeggen dat de lengte van het examen het grootste probleem lijkt. De tekst kan korter, het examen kan gevarieerder en er kan worden volstaan met minder geforceerde en zware contexten.

Van Dijk

U moet zich wel realiseren dat we de voorgestelde veranderingen niet alle op korte termijn kunnen verwerken. Ik moet waarschuwen voor te hooggespannen verwachtingen op korte termijn.





Een internationaal studiehuis: Rusland en Nederland

W.J. Bustraan & B. Landheer

APS, Utrecht



Welcome to the IDI project

From early 1999 to late 2000, three teacher training institutes (in St. Peterburg, Moscow and Amsterdam) have been working together to find and apply 'Innovative Didactics using Information technology': the IDI project. Our aim was to place the learner at the center of attention, rather than the teacher. So we asked ourselves: 'How do students (and pupils) learn most effectively?' rather than 'How should teachers teach most effectively?'. On this basis, lecturers at the three institutes designed and used lesson materials for their students; and these students designed lesson materials for secondary school pupils and used them in their teaching practice.

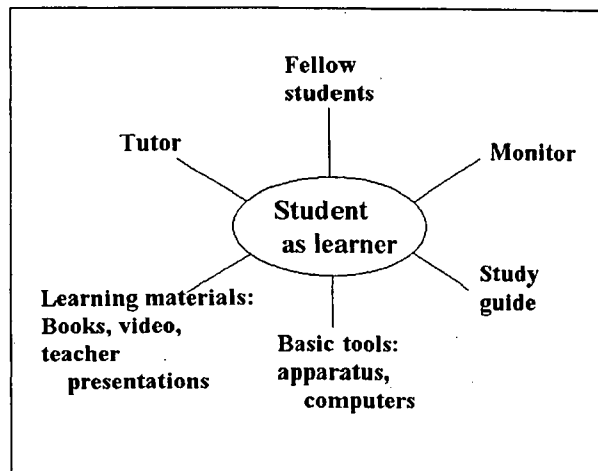
Ideas behind the project

Learning environment – The Amsterdam Faculty of Education (EFA) has an experimental status in the Netherlands; this means that it is in the process of revising its curriculum. One of the features of this new curriculum is the development of learning practices (LP's). Learning practices are environments in which student teachers accomplish complex authentic tasks in a rather independent way.

In a learning practice, the student teacher is at the centre. This does not mean that he/she must study individually; on the contrary, we consider the communication with fellow students to be an essential part of the learning process. The tutor is supposed to coach the students and to monitor progress. A study guide is provided containing suggestions for students on what to do, where to find suitable apparatus, literature etc. There is no set order for students to

perform these activities; they are expected to choose their own learning route.

Our team of the department of physics has designed a learning practice on electromagnetism for third year student teachers. The approach used in the learning practice was supposed to be a model for the didactic approach that students should apply in designing their lessons for secondary schools. This approach may be visualised as follows:



Didactics – The learning environment should contain a variety of didactic approaches, including the use of ICT. It should motivate students; for instance, by showing the applicability of school learning to real life situations. The table below presents an overview of the major characteristics of the didactic approach that was adopted in the project, as compared to a more traditional didactic approach.

<i>Traditional didactic approach</i>	<i>Innovative didactic approach</i>
Whole class instruction	Small group work
Little variation in activities	Many different activities
Activities determined by teachers	Activities determined by learners
No link between school learning and real life	Integrating school learning and real life
Learning by listening	Learning by doing
ICT in a closed setting (step-by-step instruction)	ICT in an open setting (allowing exploration)

We feel that the student should be at liberty to make his/her own choices in the learning process, to choose what to do and what not to do, or to decide to spend more time and investigate something in more detail. We try to give students some ideas on what they could do, rather than giving a step-by-step instruction.

ICT – In the learning practice on electromagnetism, the computer is used in two different ways:

- *The computer as a measuring instrument*

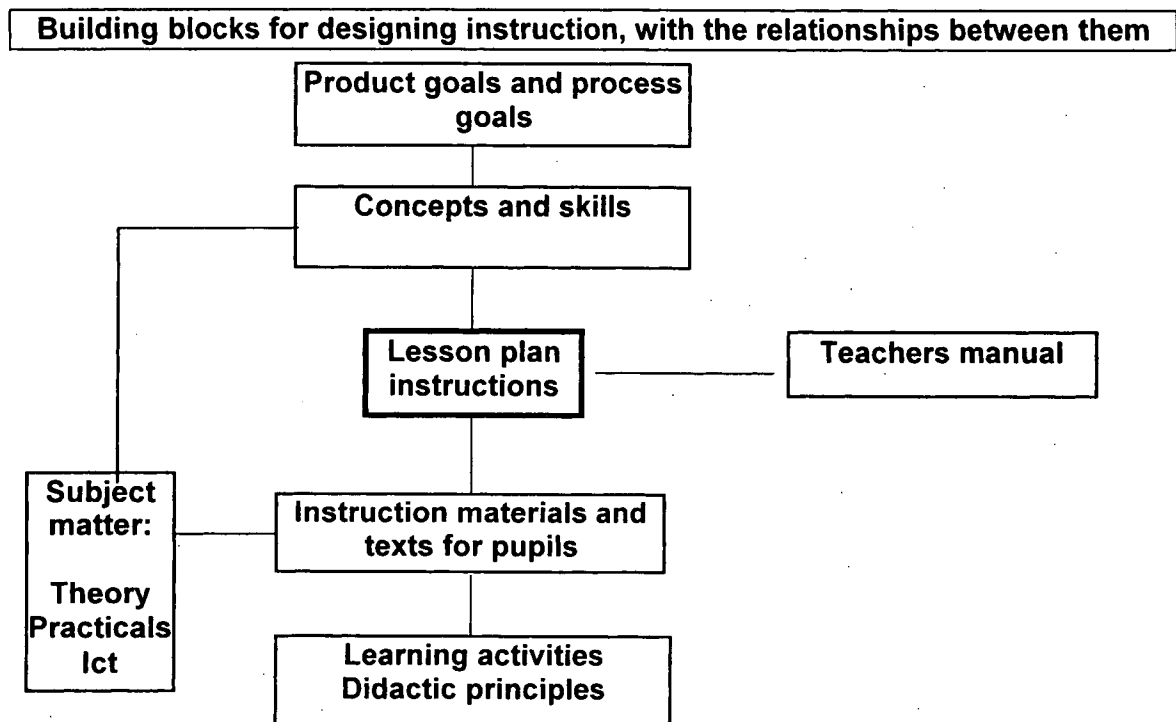
With the programme package COACH JUNIOR, the computer can be used as an instrument for carrying out small experimental research activities, by recording and processing measurements.

- *The computer as an aid in investigating and designing electric circuits*

With the programme CROCODILE CLIPS, electric circuits can be simulated and investigated on the screen of the computer.

Designing lessons – In order to design and realise a lesson, the student will use a design strategy. This strategy is aimed at the pupil's learning process and results in a series of lessons in which learning activities are the central part. We follow an approach developed by Lockhorst and van der Meer in their book 'Tussen luisterschool en werkplaats' (Wolters-Noordhoff, Groningen 1996, ISBN 90 01 54610 2). Starting point in the design are three questions: why (aims and objectives), what (content) and how (didactic methods and lesson plans). The strategy is built on two supports: the analysis of the content (concepts, structure, skills) and the presentation of learning activities by applying so-called didactic principles.

Designing takes place during the entire course and is summarised in the diagram below. For the designing of the lessons students will use a number of building blocks. These building blocks are linked to each other, but during design they may work on any block they prefer as long as this work leads to coherent results at the end of the process.



Studyguide – Study materials were made available on all topics (basic topics and optional topics) for individual and independent study. The student teachers were expected to choose their own path of study. They were assisted therein by the lecturers, and by a series of diagnostic test questions. Students receive a study guide containing

- a general description of the learning practice
- a description of the way in which students will be assessed, and a list of requirements for them to obtain their study points
- a detailed list of aims and operational objectives
- an outline of the didactic concept of the learning practice
- a didactic practical
- for each topic, an introductory demonstration or activity to arouse interest
- (references to) theory texts and video tapes
- experiments
- recommended problems (at different levels)
- diagnostic test material
- worked answers to problems (recommended problems and diagnostic test problems).

Comments on the lesson materials developed by our student teachers

We comment on the work of our student teachers, starting from some questions we have asked ourselves about their work:

- *In designing lessons, does the student teacher take the learning activities of pupils as his/her starting point, instead of arranging the materials according to the Physics content?*

We feel that, in planning their lessons, our student teachers are still inclined to start primarily from the physics content; their lessons tend to be structured along content lines. They organise the supply of information to pupils and their own role in supplying that.

- *In the LP, didactic principles have been used. Does the student teacher consciously use didactic principles in planning the lessons for his/her teaching?*

We feel that, though didactic principles have been mentioned in the preparation of the lessons, their presence in the actual lessons has not been sufficiently clear.

- *In designing demonstration experiments and/or practicals for pupils, does the student teacher distinguish between different types of practical according to their purpose: illustration of concepts, development of skills, measuring, research?*

We feel that practicals are usually given as illustrations of subject matter that has already been presented, rather than as an opportunity for pupils to discover for themselves.

- *What is the position of computers in the practicals mentioned above? Does the student teacher succeed in developing learning activities for*

pupils around the computer practicals, and does he/she do so on the basis of didactic principles?

We feel that, too often, the computer is being used as a replacement; if, previously, an experiment used a voltmeter, it now uses a computer instead of that voltmeter. The opportunities offered by the computer to place pupils in a different learning role have not been fully explored. ICT remains a substitute.

Teacher education and methodology

Our learning practice on electromagnetism aimed to support our third year students in designing lessons for their school practice in the second quarter of that year. Curriculum development based on the principles of constructivistic learning psychology was at the centre of the learning practice. We noticed that our students lacked skills and knowledge concerning the constructivistic approach to learning. We tried to solve this problem by working extra time with our students on some aspects of this approach.

In order for our students to become curriculum designers in the beginning of the third year of their study, we have to analyse our didactic curriculum and to rewrite it. It should become a curriculum where the students, in a series of logical steps, learn to become designers of learning materials. In this re-designed curriculum, special attention should be paid to the use of ICT in a constructivistic environment.

In our learning practice, we tried to use the computer in a more open learning situation. We think the computer, when used in the right way, can be of great importance in the learning process. It is challenging to design a learning environment with the computer as a didactic tool.

The added value of international co-operation

The value of international cooperation in education is determined by the fact that every participating country possesses its own educational traditions, didactical achievements and educational practice. The execution of joint projects helps to become acquainted with these different experiences. Reflection upon them helps to make explicit what is useful and feasible to improve teaching and learning in your own country. We will illustrate this on the gains the project team members experienced in the joint project.

Reflection on teaching methods – In designing lesson materials each project member started from his or her ideas about learning, learning processes and the associated didactics. It is extremely useful to explain these ideas to the other members of the project team. Having to answer questions posed from a different perspective means having to re-analyse ideas that we had thought of as being obvious. This exchange of thoughts and ideas has caused to more critically appraise own teaching methods and has led to a better founded set of starting points in each of the three subprojects. The discussions resulted in a joint

attention in the Netherlands as well as in the Russian federation for independent learning by teacher education students and secondary school pupils, the role of the teacher, creating a learning environment for project and group work and attention for the didactics of using the computer.

Viewing each other's products – Exchanging thoughts on starting points and innovative ideas is important and enriching. But visiting each other and seeing each other's teaching environments is essential for a good understanding of how the teaching is done in actual practice. In each visit, discussions become more concrete because of a better understanding of the background from which the ideas have come forth. The comparison also leads to a better understanding of one's own situation.

Boundary conditions – In the discussions that took place during visits to each other, it became clear how important the boundary conditions are in day-by-day teaching. Generally, ideas are subordinate to opportunities. Both in Russian and Dutch schools, the relationship between the ideas and the opportunities to implement them has been discussed. Often, people's reactions to innovative ideas become more positive when it is possible to actually put them into

practice. One needs a sufficient number of computers, support, technical provisions; but more elementary factors like paper, books and conventional apparatus also play a part. Also the organization of the system of education through standards and examination requirements determine the context for implementation of an innovation, such as the present project.

Adopting each other's methods – We have tried not to just exchange information and viewpoints, but also to apply each other's ideas in our own situations. For example, the Russian project members will pay more attention to the use of the computer in more open learning situations, and the Dutch teacher educators will spend more time and effort on the use of simulation experiments in lesson materials.

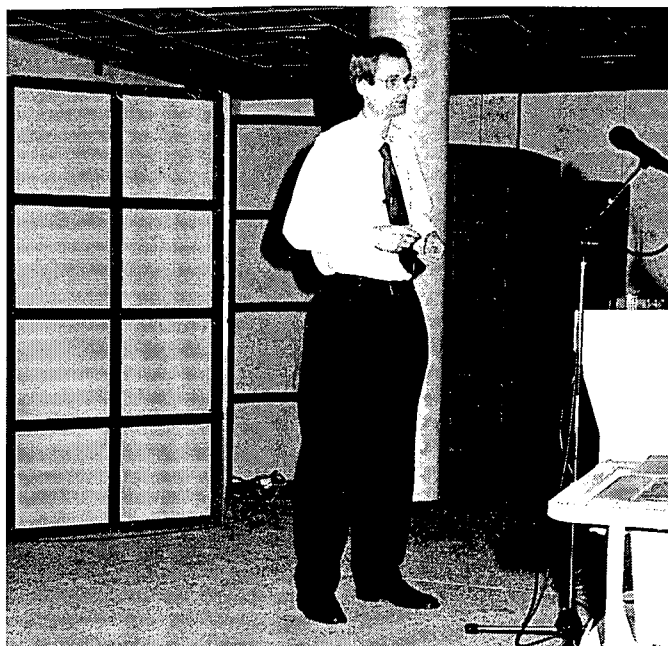
Cultural differences – Cultural differences may lead to innovative ideas on teaching being blocked by higher-ranking principles. In international contacts, one needs to be well aware of these. In our case, we have found differences between Russia and the Netherlands in the status of teachers, the power of the school management, the behaviour of pupils, the importance attached to factual knowledge.



Advancing Physics: Shaping the future of Physics Education

P.J. Britton

Leeds Grammar School



Summer 2000 will be remembered for a long time by UK Physics Teachers. Over 500 teachers have been on courses learning to teach the new Advancing Physics course to our 16-19 year olds. 120 technicians have been trained to support the course. An email network set up to allow teachers to exchange ideas and share worries has had nearly 200 messages in the last month. In twelve locations around the country small groups of teachers have met locally to discuss their teaching. There is a sense of excitement and of the real possibility of a physics teaching community working together. A reason for this has been the Institute of Physics Advancing Physics Course.

Advancing Physics is a completely new and up-to-date course developed with substantial resources from the Institute of Physics, with support from the Institute of Electrical Engineers and from Industry. When the IoP started this one million pounds project it was for all the usual reasons. Not enough students study physics. There is a gender bias evident in student uptake of physics courses. Physics teaching recruits very badly. Advancing Physics is a determination to break into this spiral of decline by producing a thoroughly modern, up to date physics course attractive for students to learn and for teachers to teach.

In England and Wales one other catalyst for such an initiative has been that all A-levels, in all subjects, change this year. In place of a two-year course for 16 to 19 year olds to A-level, there will be an initial one-year Advanced Subsidiary (AS) course and qualification, followed where students choose to do so by a second (A2) year which, with the AS qualification, adds up to a full A-level. Students will be able to broaden their courses post-16 by taking additional AS courses which they do not continue through to A-level. Broadening the A-level system has been on Government agendas for at least a generation, but with proposal after proposal not quite

coming to fruition. Only now has Government committed itself to change. Meanwhile, students have taken matters into their own hands, broadening their A-levels by increasingly taking 'mixed' combinations of arts and science subjects – now approaching 40% of all A-levels taken. Physics, with its strong link to mathematics, is evidently at risk when students look to broaden their choices. It is essential now to consider how A-level physics can be taught without invariably going with a full mathematics A-level. The new one-year AS courses offer the opportunity to halt or reverse recent downward trends in those choosing A-level physics, by attracting a wider variety of students to the subject.

For these reasons, the Institute of Physics Post-16 Initiative has much wider objectives than simply producing a new A-level physics course, large as that undertaking is given the extensive resources and support it must and does provide. Central to these wider objectives is re-capturing for physics and engineering communities, in universities, industry, colleges and schools, a voice in policy for physics education in these changing and challenging times. We can not afford for the future of physics education to be decided by committees. Re-capturing influence means having good arguments and making them public in attractive and digestible forms. The Institute of Physics Post-16 Initiative has therefore commissioned a Discussion Series of booklets *Shaping the Future* on topics of wide practical and policy concern. Five booklets *Making Physics Connect*, *Physics in Mathematical Mood*, *Physics in Vocational Courses*, *The Teaching of Matter*, and *Revitalising Physics Education* have been published by Institute of Physics Publishing under the general editorship of Peter Campbell. Each booklet forms part of an ongoing debate, and each includes lively points from national meetings held to discuss their content. Each has been sent to significant opinion-forming and decision-making bodies, including QCA,

and have been welcomed by them. They have been made available to groups of teachers around the country which continue to discuss the points they raise.

The Advanced Subsidiary (AS) component of Advancing Physics is designed to attract students to physics, and to give them a good basis for deciding what they want to do in the future. It offers a broad vision of physics as it is today, including important modern developments in imaging and visualisation, micro-electronics and sensors used in instrumentation, communications technology, and modern developments in design and uses of materials. It also includes a novel but very simple introduction to the essence of quantum mechanical thinking, in a form well-suited to later study of particle physics. Crucial core topics, particularly electric circuits, waves and mechanics, are developed as part of a continuing story about how physics is done and how it has changed and developed. In these and other ways the AS component takes advantage of the new two-level structure of A-levels to provide an introduction to physics and its uses which is thoroughly worth studying on its own, and which prepares the way for possible further study. It focuses on how physics is done today and shows students the wide range of future careers for which physics is valuable. Teaching and assessment are both designed to give students opportunities to pursue and develop their own interests.

The A2 component completing the Advanced Level course deepens understanding of crucial ideas to prepare students for further study, and provides further opportunities for personal involvement and individual initiative.

Advancing Physics is up to date both in the contents of the course and in how it is taught. A key to being attractive must surely be variety. Fortunately physics can offer a great deal of variety, from skilful experimenting to careful mathematical deduction; from looking at things on the smallest scales to looking at the structure of the whole Universe; from designing new devices of practical use to inventing new ways of imagining the world; from accounting for simple phenomena of everyday life to making sense of things never seen. It has much to offer to those who want their futures to be involved with practical ways of helping other people, but equally has much to offer those who want to understand Nature in as fundamental a way as possible. All of these need to be reflected in a well-designed A-level physics course.

A further key to being attractive is involvement of students. That must mean getting them to study some things for themselves, having had some choice over what to study. For this reason, visitors to a class doing Advancing Physics could find themselves listening to a student giving a talk about fibres in modern fabrics, or about designing a semiconductor

material. Other students might have prepared posters or web pages about their chosen topic. Their work will be assessed as part of the examination, including their developing ability to communicate and the way they have set the science or technology in a wider context.

When planning the Advancing Physics course, we decided that we must be very positive about mathematics in physics. It must not be seen – as so many do see it – as a necessary evil to complain about, but as fundamental to the kinds of pleasure and power that the subject has to offer. An example is vector quantities, which need to be presented as an exciting first step on a long road of constructing new kinds of quantity which can do more than symbols representing single numerical values. Another example, even more important, is simple differential equations, which need to be understood as recipes enabling a tiny step into the future to be taken, but a tiny step which can be repeated again and again, so that for example eclipses can be predicted with precision a long time before they happen. Computing can play a crucial role. In the course of the whole Advancing Physics programme, modelling comes to play a more and more important role, using excellent software on the CDROM.

Three resources support the course. The student book is to motivate and interest with engaging stories and clearly presented, visually impressive displays. It is thinner than a text book might be expected to be and contains less practice questions and practical instruction. These are found on the CD.

In any university physics department or industrial research facility you will find computers being used as naturally and normally as breathing, whether in analysing and visualising data, searching for or communicating results, running experiments, monitoring plant, modelling new phenomena, designing new devices – not to mention watching the budget, dealing with administrative paper-work and exchanging email. This is why computing plays an important and varied role in Advancing Physics. The delivery of course materials additional to the students text on CDROM means that students get access to more examples, more readings, more images, more data. They are provided with tools such as modelling software, and image and signal analysis software. Using these, examples of the use of computers in physics are only a click away. A question, or a piece of reading, can use a model or simulation. Work on questions asking for data analysis can be begun on the spot. On the CDROM for the teacher, on top of all that for the student, is a guide for teachers offering routes through the materials and advice on how to use them. Such guides in the past had to be thick and expensive paper files, often languishing on a top shelf for lack of adaptability. The teacher of Advancing Physics can customise all the teaching material, adapting experiments to local conditions or tuning

questions to the knowledge and interests of students. In this way the CDROM becomes a flexible tool, over which teachers can progressively assume ownership.

Advancing Physics marks a significant moment in Physics education. New thought on content, new ways of teaching and learning, thought through ways of using ICT and an examination structure to reward the sort of positive classroom experience intended. Just as the course resources do not provide a unique answer to how best to teach physics now, they do not pretend to be a final solution to all the questions that have been addressed. The development of the course is a starting point, not a conclusion.

What happens next depends on the physics teaching community, working together, to develop the course and continue its evolution. From time to time a revolution will be needed as a major change happens in how physics is seen or done, or how schools operate. In sporting terms we teachers have been thrown the ball. We might stand and admire it and play with it. We might drop it. Or we might catch and run forward, seeing the ball as something to be used. Images on the CD are up to date, but will not be next year. The web is a rich resource and new ideas will emerge. The Advancing Physics web pages are the place to share new resources for the course. A good sound sample, a pertinent anecdote, a way of arranging an experiment, a different text to read. The rich variety of the course is intended for teachers to first explore then to innovate. The web based resource should be the place to share that innovation of resources. Over time the CD will be republished and incorporate the best of these new ideas. As well as resources for the course there are also teaching approaches, questions, procedural points. These can be shared by the physics community using the email server. It could become a habit to consider sharing

your new idea with a colleague not only down the corridor but in a different school. But it will only work if there is wide participation. If some give and others receive, and that is always the case, then the community will decay. Much effort has gone into a thought through up to date physics teaching resource. This is also a chance to develop a physics teaching community to use and adapt and evolve that resource. A course attractive to students and invigorating for teachers will be a course structure thought through carefully but adapted continuously. Relevance is about a group of individuals at a time, it is not an absolute idea. Being up to date is about using the image of the moment, not that of the past.

Let us hope, as physics teachers, that we will come to view Advancing Physics as a tool for our continued development, not as a hallowed icon. Those with copies of the first edition of the Advancing Physics CD will want to look back on them in ten years and see not a better version of what is now, but the start of what it has become.

Contacts

The *Shaping the Future Booklets* can be purchased by contacting Catherine Wilson at the Institute of Physics, email Catherine.Wilson@iop.org

Information about purchase of student books and CDs can be obtained from Penelope Barber at Institute of Physics Publishing, email Penelope.Barber@ioppublishing.co.uk

Direct purchase with credit card is possible from the Institute of Physics Bookmark site:

<http://bookmark.iop.org/>

The Advancing Physics Website is at:

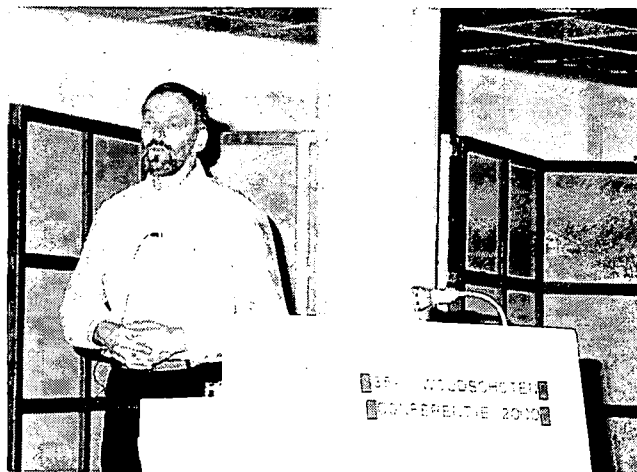
<http://post16.iop.org/advphys/>

The AS book and CD is already published. The A2 book and CD will be available from May 2001

Philip Britton, email pjbritton@csi.com

Simulaties stimuleren

K. Vergouwen



Langzamerhand komen er steeds meer simulaties beschikbaar die goed aansluiten bij de natuurkundeprogramma's in de basisvorming en in de tweede fase. Ze zijn te koop of gratis via internet te downloaden. Simulaties lijken erg geschikt om de relaties tussen grootheden in beeld te brengen en te onderzoeken. Een aantal voorbeelden passeerden de revue om helder te krijgen of simulaties nu wel of niet anders zijn dan animaties, modellen, applets, physlets, spelletjes, ...

De gegeven voorbeelden zijn te vinden op:
<http://vak-nat.feo.hvu.nl/simulaties/lezing/simulaties.html>

Aan de hand van deze voorbeelden wordt een simulatie gekarakteriseerd:

- Bootst een systeem of model na.
- Toont de ontwikkeling van systeem of model in ruimte en/of tijd.
- Werkt met instelbare grootheden.

- Geeft feedback, is interactief!

Naast informatiebronnen als boek, docent, internet en medeleerling en naast bestaande sommen, opdrachten, taken en practicummogelijkheden kunnen simulaties het leren van natuurkunde ondersteunen en stimuleren. Op welke manier? Als aanvulling op of ter vervanging van boek, docent, sommetje of practicum? Te gebruiken bij individuele of groepsopdrachten? Aan de hand van deze vragen en aan de hand van voorbeelden wordt onderzocht aan welke criteria simulaties moeten voldoen om de leerlingen bij het leren te ondersteunen en te stimuleren.

Voor de basisvorming resulteerde dat in een lijst met criteria zoals te vinden op:

<http://vaknat.feo.hvu.nl/simulaties/simulaties/Gebruik%20van%20de%20simulaties.htm>

Geselecteerde simulaties en voorbeelden van werkbladen vind je op:

<http://vak-nat.feo.hvu.nl/simulaties/simulaties/startpagina.html>

Voor de tweede fase moet de lijst nog worden opgesteld en de werkgroep CENS van de NVON wil daarbij via de kringen een ondersteunende rol spelen.

Het studiehuis moet ... maar hoe?

P. Verhagen

RSG Brokdele, Breukelen



Inleiding

De idealen die spreken uit de oorspronkelijke stukken van de schrijvers van de vernieuwingsplannen voor de tweede fase werden in de zeventiende eeuw al aardig verwoord door Comenius. Die omschreef zijn doel in de *Didactica Magna* uit 1657 als volgt: 'Een aanwijzing te zoeken en te vinden, waarnaar de onderwijzers minder onderwijzen, de leerlingen echter meer leren; de scholen minder drukte, tegenzin en vergeefse arbeid, maar meer vrije tijd, genoeg en degelijke vorderingen tonen'. Het is een verrassend actueel geluid. Hij heeft zijn 'aanwijzing' toen niet gevonden en ik vrees dat het ook nu weer (nog) niet is gelukt. De problemen die de scholen daarbij ondervinden blijken nogal verschillend te zijn. Dat komt o.a. door de grote verschillen in opzet en organisatie van de nieuwe bovenbouw¹. Er zijn echter ook gemeenschappelijke problemen en in het volgende zal ik proberen iets van de achtergronden daarvan te laten zien. In het kader van mogelijke oplossingen komt dan het BPS-project (Bèta Profielen in het Studiehuis) aan de orde. In dat project werkt het Centrum voor Bèta-Didactiek van de Universiteit Utrecht samen met een aantal scholen aan een nieuwe didactiek voor de tweede fase. Onze school heeft aan dat project enkele jaren meegedaan².

Het studiehuis moet

Een havo/vwo-opleiding dient te passen in een lijn die van opvoeding via basisschool en vervolgonderwijs naar werk en volwassenheid voert. In de opvoeding van kinderen is er het afgelopen decennium erg

veel veranderd. Een rapport van het Sociaal Cultureel Planbureau getiteld 'Scholen onder Druk' meldt daarover dat er in gezinnen sprake is van een sterke verschuiving van een autoritaire naar een onderhandelingsopvoeding waarin ouders hun kinderen zoveel mogelijk beslissingen zelf laten nemen. Hoogopgeleide ouders noemen daarbij als belangrijkste opvoedingsdoel de autonomie van hun kinderen. Bij lageropgeleide ouders en allochtone gezinnen ligt de nadruk meer op respect en gehoorzaamheid, maar ook daar speelt autonomie en belangrijke rol. Recent onderzoek wijst overigens uit dat die verschillen kleiner zijn dan men veelal denkt. De leerlingen die onze scholen binnenkomen hebben daarmee een heel andere achtergrond dan tien jaar geleden.

Ook in het leven na de school is er veel veranderd en wordt er van de leerling veel meer dan vroeger verwacht dat hij zijn eigen gedrag kan sturen. In de samenleving is de autoriteit van politie, pastoor, leraar enz. sterk afgenomen en nemen de burgers meer dan vroeger hun eigen beslissingen. In werk worden bevoegdheden steeds lager in organisaties gelegd en moeten werknemers steeds meer in staat zijn hun eigen werk vorm te geven, zichzelf doelen te stellen en het halen daarvan te bewaken. En ook in het directe vervolg op onze havo/vwo wordt meer geëist van de interne sturing van de leerling dan vroeger. Het WO is misschien wat meer gaan sturen in het leren van de student en het HBO juist wat minder, maar beide verwachten een aanzienlijk grotere zelfstandigheid van de student dan die op havo/vwo gewend was.

Nu is het niet per definitie zo dat een school mee moet gaan met de ontwikkelingen in de samenleving. In sommige gevallen zal de school juist een tegenwoordbeeld niet in het kader van een voortschrijdende individualisering over tot het aanbieden van individuele leerwegen. Zij vinden dat ze juist een taak hebben in het leren samenwerken van leerlingen. In het geval van het studiehuis is die aanpassing echter

¹ Een overzicht van de verschillen in de natuurkundelessstabel voor havo en vwo van een aantal scholen is te vinden op de website www.Newton-online.nl

² Bij het voorbereiden van deze lezing en het schrijven van dit artikel heb ik dankbaar gebruik gemaakt van gesprekken met en artikelen van Ton van der Valk van het Centrum voor Bèta Didactiek

noodzakelijk. De meeste havo/vwo-docenten zijn overtuigd van de noodzaak van invoering van een studiehuisachtige aanpak, maar hebben grote problemen met de realisatie ervan. In het volgende zal ik enkele structurele oorzaken daarvan bespreken.

Structuurproblemen

De tegelijk met het studiehuis ingevoerde vakkenstructuur is een bron van veel moeilijkheden. Een eerste probleem ligt in het grote aantal vakken en daarmee ook in het lage aantal lesuren per vak. Om een aantal redenen bemoeilijkt dat het vormgeven van 'zelfstandig leren' binnen de school. Op de eerste plaats brengt het hoge aantal vakken een grote versnippering van de tijd van de leerling met zich mee. Hij moet elke week een groot aantal verschillende taken van beperkte omvang doen. Dat maakt het plannen van de leerling lastig en leidt bovendien tot afrafelen en oppervlakkig leren. Het studiehuis wordt daarmee tot een soort boekhoudkundige exercitie. Op de tweede plaats is de voorgeschreven inhoud van het onderwijs dermate omvangrijk, dat er weinig ruimte overblijft voor de eigen interesses van de leerling. En juist dat laatste is van belang bij zelfstandig leren, omdat veel van de daarbij betrokken vaardigheden het beste geleerd kunnen worden aan de hand van een inhoud waarvoor de leerling werkelijk gemotiveerd is. Tenslotte is het bij veel leerlingen nodig dat ze bij het aanleren van die vaardigheden sterk begeleid worden door docenten met wie ze een goede relatie hebben. Dat laatste is met het gering aantal lesuren per vak nauwelijks haalbaar, temeer niet omdat de sterk toegenomen werkbelasting van de docenten daar weinig ruimte voor laat.

In dit kader constateert het PSC-rapport dan ook dat er een contrast bestaat tussen de profielen, waarbij de leerstof centraal staat, en het studiehuis waarin de leerling centraal moet staan en concludeert dan vervolgens: 'Beide waarden kunnen binnen de beschikbare onderwijstijd moeilijk tegelijkertijd worden gehonoreerd'.

Een tweede probleemveld is de hoge studielast. Oorspronkelijk was een van de doelen van de vernieuwing het selectiever maken van de tweede fase. In dat kader is er een programma gemaakt dat gebaseerd was op veertig weken van veertig uren per schooljaar. Er zouden maatregelen getroffen worden om dat mogelijk te maken. Dat laatste is echter niet gebeurd en de gemiddelde school komt nu niet verder dan 35 schoolweken. In het examenjaar zijn er dat maar 25. De verlichtingsmaatregelen hebben dat onvoldoende kunnen compenseren. Het programma is dus zwaarder geworden en de scholen hebben daarop in hun toelatingsbeleid niet kunnen anticiperen.

Tenslotte zijn er nogal wat invoeringsproblemen. Leermethodes zijn in vliegende haast geschreven en voldoen niet altijd aan de eisen. Er wordt veel meer dan vroeger geleverd van de managementkwaliteiten van de schoolleiding en nogal wat schoolleiders zijn daar onvoldoende op voorbereid met een niet ade-

quate organisatie tot gevolg. Ook het ontbreken van een adequaat scholingsaanbod en gebrek aan tijd en geld om scholing te volgen leidt ertoe dat in een zeer beperkte tijd docenten op eigen houtje proberen een nieuwe didactiek te bedenken en uit te voeren. Dat het abominabele niveau van de voorzieningen voor leraren en leerlingen een probleem vormt is alom bekend en hoeft hier niet te worden besproken.

Wat nu te doen? Structuurmaatregelen als periodisering kunnen die problemen wel wat verminderen, maar niet wegnemen. Daarvoor zijn zwaardere maatregelen nodig. Het zou al een stap in de goede richting zijn als de scholen de mogelijkheid hadden het centraal eindexamen van de leerlingen over twee jaar te spreiden. Daarmee kan het aantal vakken per leerjaar verminderd worden. Daarnaast zou een fors deel van het programma geschrapt moeten worden. Dat deel zou dan vervangen moeten worden door een groter aantal Praktische Opdrachten waarin de leerling aan zijn eigen onderwerpen werkt. Het profielwerkstuk zou dan ook weer zijn oorspronkelijke functie van meesterproef terug kunnen krijgen. De docent zou dan in een rapport verantwoording af moeten leggen over de door hem ingevulde studietijd van de leerling. De kwaliteit zou dan bewaakt moeten worden door de Inspectie. Dergelijke maatregelen vereisen echter een grotere inzet van personeel en financiële middelen. Het al eerder genoemde BPS-project probeert met beperkte middelen toch iets te doen aan een aantal van bovengenoemde problemen.

Het BPS-project

In het project Bèta-Profielen in het Studiehuis werkt het Centrum voor Bèta-Didactiek van de Universiteit Utrecht samen met zes scholen aan een didactiek van het vak natuurkunde die bij het studiehuis past. Het Centrum krijgt zo zicht op de problemen die zich daarbij voordoen en doet onderzoek daarnaar in de scholen. Daar werken door het project de secties natuurkunde, wiskunde, biologie en scheikunde nauw samen en het project stimuleert hen ook na te denken over sterke en zwakke kanten van hun onderwijs. We hebben daarbij o.a. gewerkt aan:

- kwaliteitsbepaling van leermethodes
- gezamenlijke opzet van practicum- en onderzoeksverslagen
- motiveren van leerlingen
- afstemmen qua inhoud en vorm van studiewijzers
- gezamenlijke projecten bijv. praktische opdrachten en profielwerkstuk
- omgaan met uitwerkingenboeken
- stimuleren van reflecteren door leerlingen
- ICT en de grafische rekenmachine
- omgaan met verhoudingstabellen.

Dat overleg en die ervaringen hebben nieuwe inzichten opgeleverd en hebben een sterke invloed uitgeoef-

fend op de vormgeving van ons onderwijs. In het volgende geef ik daarvan enkele voorbeelden.

Practicum – Het geringe aantal lessen heeft ons gedwongen eindelijk consequenties te verbinden aan onderzoeksresultaten over de leereffecten van practicum. Al in 1994 zei op deze conferentie Pietjan Wippoo daarover het volgende: ‘Dat er tegenwoordig zoveel practicum gegeven wordt komt omdat er zoveel leraren zijn die dat leuk vinden om te doen. Een gemotiveerde leraar is motiverend voor de leerlingen en daarom heeft practicum logischerwijs succes’. Op diezelfde conferentie bleken onderzoeksresultaten dat niet te ondersteunen en later onderzoek heeft dat alleen maar bevestigd. Het gewone tamelijk gesloten practicum helpt niet bij het leren van de theorie, verhoogt de toetsresultaten niet en leert de leerlingen niet onderzoek te doen. Het verhoogt bij sommige leerlingen de motivatie, maar veel leerlingen vinden het oefenen van deelvaardigheden van onderzoek doen erg saai. Leerlingen leren met practicum wel apparaten te gebruiken en meettechnieken op een goede manier te hanteren.

We hebben dan ook besloten het aantal gesloten practica drastisch te verminderen ten gunste van het onderzoek doen. Dat laatste doen we dan niet door het stap voor stap inoefenen van deelvaardigheden, maar door het geven van zeer open maar natuurkundig vrij eenvoudige opdrachten.

Na uitgebreide onderhandelingen zijn de secties natuurkunde, scheikunde en biologie het eens geworden over een gezamenlijke indeling van te schrijven verslagen. In alle bètalokalen hangt nu een identieke indeling van verslagen voor practicum en onderzoek³.

Studiewijzers – Als er een conclusie is die in het bèta-team breed gedragen wordt dan is het wel de conclusie dat lange teksten in studiewijzers zinloos zijn. Hoe langer de tekst, hoe minder de leerling er wat mee doet. Eigenlijk willen de leerlingen alleen wat lessenplanning en moeten we ze verleiden ook wat andere informatie tot zich te nemen. De studiewijzers van de bètavakken omvatten nu een korte karakteristiek van het hoofdstuk, de benodigde voorkennis, de eisen aan tijdsbesteding, soms kernpunten uit het examenprogramma, de beoordeling en een tijdplanning. In een twee kolom opmaak past het meestal net niet op een pagina.

Vakdidactiek conflicteert met studiehuisidealen – In de huidige invulling van het studiehuis valt de nadruk op regulerende vaardigheden: de leerling moet kunnen plannen, zichzelf kunnen motiveren enz. Deze nadruk op plannen leidt tot onderwijs waarin de leerlingen sterk uiteenlopen in tempo, waardoor een klassikale uitleg of bespreking niet effectief is. Het conceptuele karakter van het vak natuurkunde vereist

bij een aantal concepten een onderwijsleergesprek om onder leiding van een docent concepten te verhelderen, misverstanden te verwoorden en de leerlingen te helpen zich de begrippen eigen te maken. Theoretisch zou dat ook in kleine groepjes kunnen, maar de beschikbare docenttijd laat dat niet toe. Wij werken dan ook niet met tempodifferentiatie: iedereen werkt in hetzelfde tempo de stof door en we controleren regelmatig de voortgang. De belangrijke concepten en de vaak al bekende misconcepties daarover worden klassikaal besproken waarbij de nadruk ligt op de interactie leraar-leerling.

Afstemming – Op een conferentie hoorde ik als definitie: ‘afstemming is het wegnemen van hindernissen voor het leren’. Dat lijkt een zeer beperkte ambitie te zijn, maar er blijkt op dat terrein al veel meer werk te doen dan we eerst dachten. Enkele voorbeelden: wat een natuurkundige een (F,u) -diagram noemt, heet in alle wiskundeboeken een (u,F) -diagram. En wat de één een grafiek noemt, heet bij de ander een diagram. Een concentratie van een vloeistof blijkt bij biologie iets heel anders te zijn dan bij scheikunde. Om niet te spreken van zeer verschillende betekenissen van het woord ‘hypothese’ bij biologie en natuurkunde. Dezelfde problemen die de leerlingen bij wiskunde hebben geleerd op te lossen met een verhoudingstabel, doen ze later bij natuurkunde met een formule.

De samenwerking heeft ons ook geleerd dat de cultuurverschillen tussen verwante vakken als natuurkunde, biologie en scheikunde aanzienlijk groter zijn dan we hadden gedacht. Een natuurkundige denkt bij een gedragsexperiment meteen aan kwantificeren en meten. Daar denkt een bioloog veel minder aan, die observeert meer. Wat bij natuurkunde een open onderzoek heet, maar waar toch nogal wat aanwijzingen bij nodig zijn, noemt de biologiedocent een practicum. Veiligheid is een allesoverheersend begrip bij scheikunde. Wiskunde maakt deel uit van het BPS-project, maar telkens weer blijkt toch dat de verwantschap tussen wiskunde en de ‘sciences’ minder groot is dan verwacht.

Teamvorming

Het werken met een bèta-team kost extra tijd en door het BPS-project hebben we meer tijd aan samenwerking besteed dan we zonder dat project gedaan zouden hebben. De opbrengst daarvan is moeilijk exact te beschrijven. De literatuur stelt dat de ervaren werkbelasting van docenten vermindert als je met een team werkt en dat blijkt in ons geval juist te zijn. Deel uitmaken van een team betekent dat piekbelastingen wat gemakkelijker opgevangen worden en dat steun in zware tijden wat gemakkelijker en breder beschikbaar is. Daarbij dient wel opgemerkt te worden dat de bètavakken op onze school in het verleden altijd al veel samengewerkt hebben.

Een kleine peiling in het begin van de lezing wees uit dat de overgrote meerderheid van de aanwezigen het

³ De indeling van verslagen en onderzoek staan op de website www.Newton-online.nl

veranderen van het onderwijs in de richting van het studiehuis ondersteunde. Het daarbij ingevoerde vak-systeem ondervond veel minder steun. Ik ben het daarmee eens en betreur het dat wij een zo waardevolle wijziging van ons onderwijs onder zo abominabele omstandigheden moeten uitvoeren. Het BPS-project is daarbij toch een grote steun geweest.

Literatuur

Hummelen, H., H.A. Jambroes en T. van der Valk (2000), Vorm een bèta-profielteam. *NVOX*, maart 2000.

PMVO (2000), Monitoring 2^e fase peiling 2.

Nierop, D. van en M. Termeer (2000), Periodisering in de tweede fase van het voortgezet onderwijs. LCP.

Sociaal Cultureel Planbureau (2000), Studie 21; Scholen onder druk. www.SCP.nl

Genseberger, R. en T. van der Valk (2000), Druk, een lessenserie met veel inhoudelijke inbreng van leerlingen. *NVOX*, mei 2000.

Het WISE project

R. Scheepens

Katholieke Universiteit Nijmegen



Als vakdidacticus en als natuurkundedocent ben ik erg geïnteresseerd in wat werkt en wat niet werkt in de klas. Op het moment doe ik onderzoek naar wat werkt en wat niet werkt als je het internet probeert te gebruiken voor je natuurkundeonderwijs. Daarnaast ben ik geïnteresseerd in de effecten van digitalisering van het onderwijs op de rol van de docent. Wat doe je als de leerlingen achter de keyboards zitten? Wat voor feedback geef je? Wat laat je over aan de computer, wat aan het boek en wat aan de docent? Maakt digitalisering het onderwijs persoonlijker, door een toename aan individueel contact tussen leerling en docent, of juist onpersoonlijker, door een afname aan klassikaal onderwijs?

WISE is een digitale leeromgeving voor het ondersteunen van kennisintegratie en het bevorderen van begripsontwikkeling. De afkorting staat voor Web-based Integrated Science Environment, hetgeen al aangeeft dat het hier om een leeromgeving gaat die specifiek is ontwikkeld voor het onderwijs in 'science'. WISE is in 1997 ontwikkeld aan de universiteit van Berkeley in Californië en draait op een server aldaar. Gebruik is gratis, en ieder van u kan bij wijze van spreken morgen met WISE aan de slag. Leerlingen die met WISE werken slaan hun werk op de server in Berkeley op, en de docent kan op ieder

moment inloggen om de voortgang te bekijken en eventueel feedback te geven.

De meerwaarde van het internet

Applets, hele cursussen, e-mail faciliteiten, zoekopdrachten ... we zijn allemaal bekend met de rijkdom aan tekst, beelden en opdrachten die ons op het internet ter beschikking staat. Wat zijn nu de sterke kanten van het internet in de context van het onderwijs? Ten eerste is het belangrijk om vast te stellen dat internet hét medium van de leerling is. Onderwijs met behulp van het internet brengt in ieder geval het schoolse leren weer dicht bij de leefwereld van de leerlingen.

Ten tweede heeft de computer door de sterke audiovisuele en interactieve mogelijkheden het spelen en leren weer dicht bij elkaar gebracht. Dankzij het internet is de verspreiding van dit soort speel-en-leer materiaal (bijv. applets) enorm toegenomen.

Ten derde heeft het internet enorm veel te bieden op het gebied van communicatie. U moet hierbij niet alleen denken aan e-mail, maar ook aan elektronische discussies, nieuwsgroepen en dergelijke.

Naast positieve opmerkingen zijn er bij het gebruik van het internet in het onderwijs ook nogal wat kanttekeningen te maken.

Zoekopdrachten op het internet vervallen te snel in het bijeen harken van een berg informatie die vervolgens aan elkaar wordt geplakt en uitgeprint. De educatieve waarde hiervan mag worden betwijfeld.

Geen enkele docent neemt een hele klas mee naar het computerlokaal voor het bekijken van een applet. Dat is de moeite gewoon niet waard. Blijft over: het plaatsen van een aantal applets op de homepage van de afdeling natuurkunde - leuk maar vrijblijvend.

Het toepassen van de communicatiemogelijkheden van het internet gebeurt in het onderwijs nog nauwelijks. Er zijn maar weinig scholen die contacten met elkaar onderhouden, ook over de landsgrenzen heen.

Er zijn nog maar weinig docenten die ook per e-mail contact met hun leerlingen onderhouden.

Tenslotte moeten we een kanttekening plaatsen bij de kennisoverdracht via het internet. Ondanks het feit dat we makkelijker van papier lezen dan van een scherm is alles via het internet verkrijgbaar, van losse cursussen tot en met hele studies via teleleren. Uit ervaringen met teleleren weten we nu dat het voor de kennisoverdracht niet veel uitmaakt of die nu digitaal of via een docent van vlees en bloed verloopt. Dit betekent dat het internet op zich niet leidt tot betere leerresultaten - ook niet als je allemaal mooie bewegende en interactieve elementen toevoegt.

De meerwaarde van het internet ligt dus niet op het gebied van de kennisoverdracht. Als die van persoon tot persoon net zo goed verloopt kun je beter naar school toe komen dan thuis te teleleren, want op school is het veel gezelliger en doe je ook nog wat sociale vaardigheden op.

De echte sterke kanten van het internet liggen in het wekken van interesse, het combineren van spelen en leren, en het verrijken van de communicatie tussen leerlingen en docenten. Deze laatstgenoemde gebieden hebben allemaal te maken met de persoon van de leerling, en met het leggen van verbanden tussen leerstof en leefwereld. We concluderen dat educatief gebruik van het internet zich niet zou moeten richten op kennisoverdracht maar op kennisintegratie.

Dit nu is het doel van de WISE leeromgeving, die voort is gekomen uit jarenlang onderzoek naar de rol die de computer kan spelen bij het ondersteunen van kennisintegratie.

Kennisintegratie

Het begrip 'kennisintegratie' is ingevoerd door professor Marcia Linn.

Schoolkennis, volgens Linn en vele anderen, wordt in onze hersenen ofwel gerelateerd aan andere reeds aanwezige kennis, ofwel opgeslagen als aparte, geïsoleerde kennis-eilandjes. Geïsoleerde kennis kan na zestig jaar nog overeind staan, mits eindeloos herhaald en erin gestampt, maar dit is de uitzondering. Ik denk hierbij vooral aan bepaalde rijtjes woorden uit het vreemde talen onderwijs. Bij een vak als natuurkunde komt dit soort eindeloos stampwerk minder voor, en geldt in het algemeen dat geïsoleerde kennis gedoemd is om weer te verdwijnen.

Om dit te voorkomen is het volgens Linn op zijn minst nodig dat leerlingen voldoende tijd krijgen om te reflecteren op een nieuw idee, en om verbanden te leggen tussen de nieuwe kennis en hun reeds aanwezige voorstellingen. Lukt dit, dan spreken we van kennisintegratie.

Kennisintegratie houdt bij Linn altijd een onderzoek naar alternatieven in: op wat voor manieren kan ik tegen dit proces aankijken? Welke van een reeks aangeboden verklaringen is de beste?



Fig. 1 Professor Marcia Linn

Vanaf 1984 heeft Linn aan de universiteit van Berkeley onderzoek gedaan naar het ondersteunen van kennisintegratie bij 'Middle School' leerlingen, te vergelijken met onze brugklassers. Als onderwerp werd gekozen voor warmte en temperatuur.

Tijdens de 14 jaar dat dit project liep bleek telkens weer opnieuw hoeveel tijd het kost voordat een begrip echt beklijft. Zo bleek bijvoorbeeld dat leerlingen na één maand onderwijs over warmte en temperatuur een heleboel nieuwe kennis hadden opgepikt, maar dat hun oude voorstellingen nog vrolijk waren blijven bestaan. Uit tests bleek dat ze nu wisten dat hun oude voorstellingen fout waren, maar dat ze absoluut niet in staat waren om op de nieuwe manier te redeneren. Na twee maanden onderwijs was hierin geen wezenlijke verandering ontstaan. Na drie maanden ook niet. Pas na vier maanden onderwijs over warmte en temperatuur brak het inzicht door en kon plotseling meer dan de helft van de leerlingen echt productief redeneren op een wetenschappelijk meer verantwoorde wijze.

Later in het project is geprobeerd om de beste elementen van het ontwikkelde curriculum samen te balen tot een korter durend geheel, maar telkens weer bleek dit direct ten koste te gaan van de begripsontwikkeling, of zo u wilt de kennisintegratie. Deze processen kosten gewoon heel veel tijd - hetgeen overigens een goede reden is om al op de basisschool veel meer aan natuurkunde te doen, maar dit terzijde.

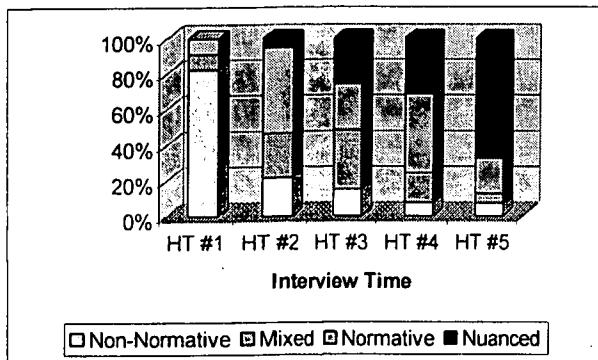


Fig. 2 Op de pretest (HT#1) had 80% van de leerlingen een niet-normatief begrip van warmte en temperatuur. Na 1 maand onderwijs (HT#2) zijn de niet-normatieve antwoorden bijna verdwenen, maar het normatieve begrip zet zich pas door na 4 maanden onderwijs (HT#5)

Op basis van de ervaringen met het natuurkundecurriculum ontwikkelde de groep rond Linn de volgende vier principes voor ondersteunde kennisintegratie:

- Verkies leerbaarheid en toegankelijkheid boven wetenschappelijkheid. Presenteer de stof zodanig dat de leerlingen hier zelf mee verder kunnen.
- Maak denkprocessen zichtbaar. Laat zowel docenten als leerlingen uitleggen wat ze denken en hoe ze denken.
- Maak gebruik van de groep. Leren heeft een sterke sociale dimensie; leerlingen kunnen veel aan elkaar en van elkaar leren.
- Stimuleer de zelfstandigheid van de leerling. Geef de leerlingen keuzes waar mogelijk. Laat de leerlingen reflecteren op hun eigen leerproces. Betrek de leerlingen in de beoordeling van het leerproces.

Gevolgen voor de WISE leeromgeving

Om de toegankelijkheid van de natuurkunde te vergroten is de opzet van de modules zodanig dat de eigen mening van de leerlingen nadrukkelijk wordt verlangd. Leerlingen moeten bijvoorbeeld een aantal websites kritisch beoordelen, of een keuze maken tussen twee standpunten. De leeromgeving stimuleert de leerlingen voortdurend om hun gedachten onder woorden te brengen en gebruikt ook visuele hulpmiddelen om bijvoorbeeld de voors en tegens van een bepaalde positie naast elkaar te zetten. Er wordt op ten minste twee manieren gebruik gemaakt van de groep. De leerlingen werken aan de computer in willekeurige duo's, en duo's wisselen onderling informatie uit. Leerlingen werken voor de duur van de module samen met een leerling waarmee ze nog niet vaak hebben samengewerkt. Door onderling overleg neemt de behoefte aan hulp door de docent af en wordt het leerproces gestimuleerd. Bij willekeurige duo's blijkt de communicatie bovendien meer over de taak te gaan dan bij duo's die ook buiten de les al veel met elkaar optrekken. Duo's wisselen onder andere informatie uit door deel te nemen aan een elektronische discussie. Terwijl bij de meeste vraaggesprekken in

de klas slechts één op de tien leerlingen actief meedoet blijkt dit percentage bij een gestructureerde elektronische discussie op te lopen tot negentig procent!

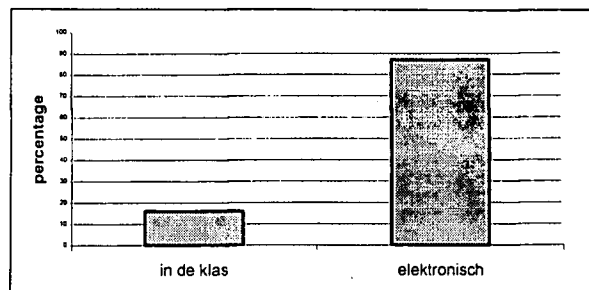


Fig. 3 Deelname aan een elektronische discussie is veel hoger dan in een klasgesprek

Eenzijds is deelname aan een elektronische discussie beter af te dwingen ('je moet minstens één bijdrage leveren'), en anderzijds blijkt voor leerlingen de drempel om een bijdrage te leveren aan een elektronische discussie veel lager dan in een klas-sensituatie. De zelfstandigheid van de leerlingen wordt in WISE voornamelijk gestimuleerd door het aanbieden van keuzemogelijkheden. Leerlingen kunnen kiezen voor een standpunt. Ze kunnen op bepaalde punten kiezen tussen alternatieve routes door de module. Bij het verwerken van het materiaal kunnen ze kiezen voor het al dan niet oproepen van extra hints. Al deze keuzemogelijkheden zijn bedoeld om de leerlingen meer controle te geven over het eigen leerproces.

Vergeleken met traditioneel onderwijs probeert de WISE leeromgeving dus meer tijd te nemen voor de begripontwikkeling, meer ruimte te maken voor de eigen ideeën van de leerlingen en meer de discussie te zoeken.

Een voorbeeld WISE module

Als voorbeeld een module over licht en waarmeming, bedoeld voor 11 tot 14 ja-rigen. De titel is 'How Far Does Light Go?' en de module heeft de vorm van een debat tussen twee theorieën. De ene theorie (LDO) stelt dat het licht verder van de bron steeds zwakker wordt en uiteindelijk vanzelf uitdooft. De andere theorie (LGF) stelt dat het licht in principe oneindig ver kan reizen, tenzij het ergens onderweg door een voorwerp wordt geabsorbeerd.

Nadat de leerlingen eerst hebben kennisgemaakt met deze twee theorieën, en beide in hun eigen woorden hebben samengevat, gaan ze een aantal stukken 'bewijsmateriaal' bekijken. Als eerste bekijken ze een foto van een zoeklicht. De lichtbundel van het zoeklicht lijkt steeds zwakker te worden en uiteindelijk te verdwijnen. Aan de leerlingen is nu de vraag welke theorie er door dit bewijsmateriaal ondersteund wordt. Voor veel leerlingen zal dit de LDO theorie zijn, en dat is op dit moment ook zeker een legitieme conclusie. Als tweede stuk bewijsmateriaal krijgen de

leerlingen opnames te zien van een bepaald stuk van de hemel, met en zonder telescoop. Met telescoop zijn er veel meer sterren te zien. Nu is de vraag aan de leerlingen waarom we met een telescoop meer sterren kunnen zien dan met het blote oog. Wat denkt u dat ze antwoorden? Hier is een voorbeeldantwoord: 'Met een telescoop kun je dieper het heelal inkijken dan met het blote oog, dus kun je met een telescoop ook sterren zien die verder weg staan'. Leerlingen die aldus denken hebben nog geen robuust begrip van de relatie tussen de voortplanting van het licht en de waarneming van voorwerpen. Ze beseffen nog niet goed dat het zien van een ster inhoudt dat het licht van die ster onze ogen heeft bereikt. Zulke leerlingen zullen zich afvragen wat dit bewijsmateriaal überhaupt met de voortplanting van het licht te maken heeft, en zullen het bewijsmateriaal als 'irrelevant' classificeren. Andere leerlingen, die beseffen dat de telescoop slechts zichtbaar maakt wat al die tijd al aanwezig was, zullen dit erkennen als een bewijs voor het idee dat licht heel ver kan reizen, ook al is het misschien niet meer zichtbaar voor het blote oog. Goed, nog één voorbeeld van bewijsmateriaal. In dit derde voorbeeld kijken leerlingen naar een stukje film opgenomen met een nachtkijker. Op de film is te zien hoe iemand inbreekt in een auto, terwijl het pikdonker is. Hoe is dit mogelijk? Dit bewijsmateriaal overtuigt veel leerlingen van het idee dat er toch nog licht aanwezig kan zijn, hoewel het voor het blote oog donker lijkt. En dat idee is weer noodzakelijk om te kunnen geloven in de wetenschappelijk normatieve LGF-theorie, dat licht iedere afstand kan overbruggen.

Op deze manier bekijken leerlingen een grote hoeveelheid teksten, foto's, filmpjes, simulaties. En pas-

sant leren ze het een en ander over de werking van de optische instrumenten, de wijze waarop de intensiteit van het licht afneemt (met het kwadraat van de afstand), en de relatie tussen licht en waarneming.

Uiteindelijk moeten de leerlingen hun gedachten op een rij gaan zetten. Hiervoor gebruiken ze het zogenaamde *SenseMaker*. In deze tool slepen de leerlingen ieder stukje bewijsmateriaal visueel naar het hok van de LDO-theorie, het hok van de LGF-theorie, of naar een ander hok. Overal moet dan weer worden uitgelegd waarom dit bewijsmateriaal in een bepaald hok is geplaatst. Hoewel simpel van opzet blijkt *SenseMaker* voor de leerlingen in de doelgroep uitermate effectief in het ondersteunen van het denkproces. Tijdens hun werk met *SenseMaker* voegen leerlingen ook eigen bewijsmateriaal toe. Zo schreef een leerling over zijn ervaring dat je vanuit een vliegtuig de lichtjes van de steden op de grond kunt zien. Dit was voor hem een bewijs dat licht erg ver kan reizen. Als al het bewijsmateriaal uiteindelijk is geordend en verwerkt gaan de leerlingen voorbereidingen treffen voor een klassendebat. Cruciaal hierbij is dat leerlingen beide posities moeten voorbereiden. Ze moeten niet alleen hun eigen mening kunnen verdedigen, maar ook de tegenargumenten kunnen verwoorden en begrijpen.

Met het klassendebat wordt de module afgesloten. De docent heeft tijdens het proces alleen de voortgang bewaakt, leerlingen verder geholpen – al dan niet door het geven van elektronische feedback – en het uiteindelijke debat geleid. De docent heeft daarentegen niets gezegd over welke theorie goed is en welke fout.

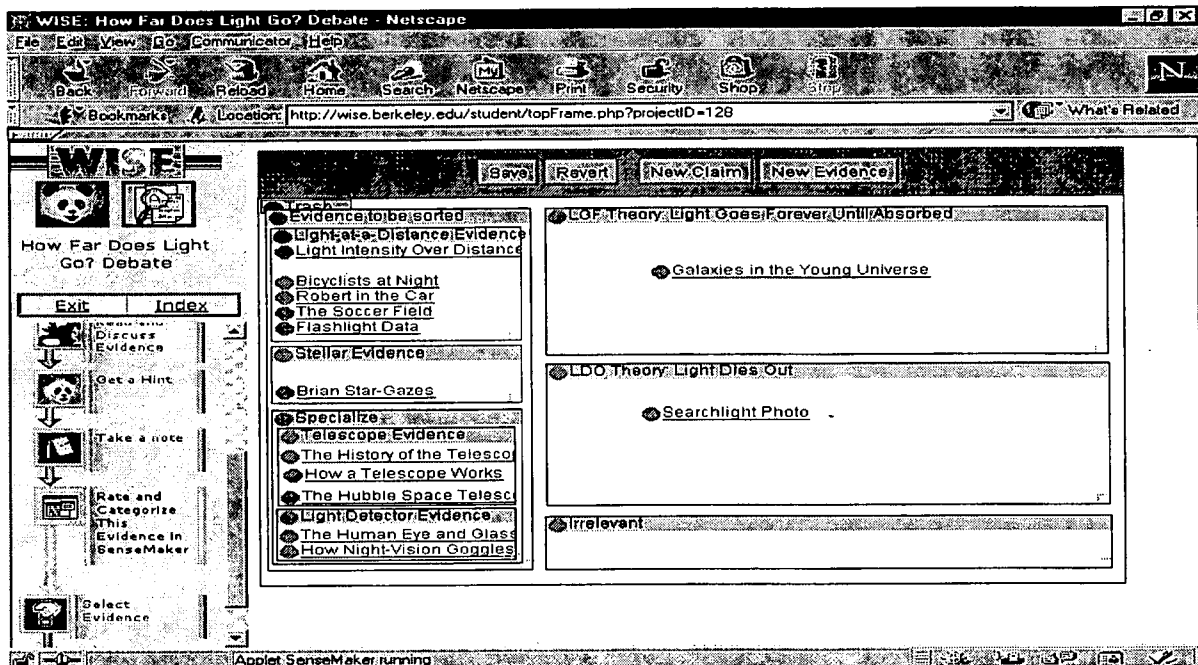


Fig. 4 Een schermbeeld van WISE met navigatiebalk (links) en SenseMaker (rechts)

Wat zijn nu de leerresultaten van 'How Far Does Light Go?' Hiervoor kunnen we kijken naar de uitkomsten van het klassendebat, maar ook naar de antwoorden van leerlingen op pretest- en posttestvragen.

Uit de tientallen klassendebatten die tot nu toe in de praktijk zijn gehouden blijkt dat zo'n negentig procent van de leerlingen zich door de module laat overtuigen van de LGF-theorie, maar dat er een kleine groep bij de LDO-theorie blijft. Dit wordt binnen de WISE benadering op de koop toe genomen. Er wordt

geen waarde gehecht aan het laten memoriseren van de zogenaamd 'goede' theorie als deze niet wordt begrepen door de leerling zelf.

Uit de analyse van de pretest- en posttestresultaten blijkt het percentage leerlingen met een echt robuust begrip van de relatie tussen licht en waarneming te zijn toegenomen van minder dan 10% tot bijna 60%. De overige 40% van de leerlingen heeft ook iets geleerd, maar is blijven steken bij vage of half goede voorstellingen.

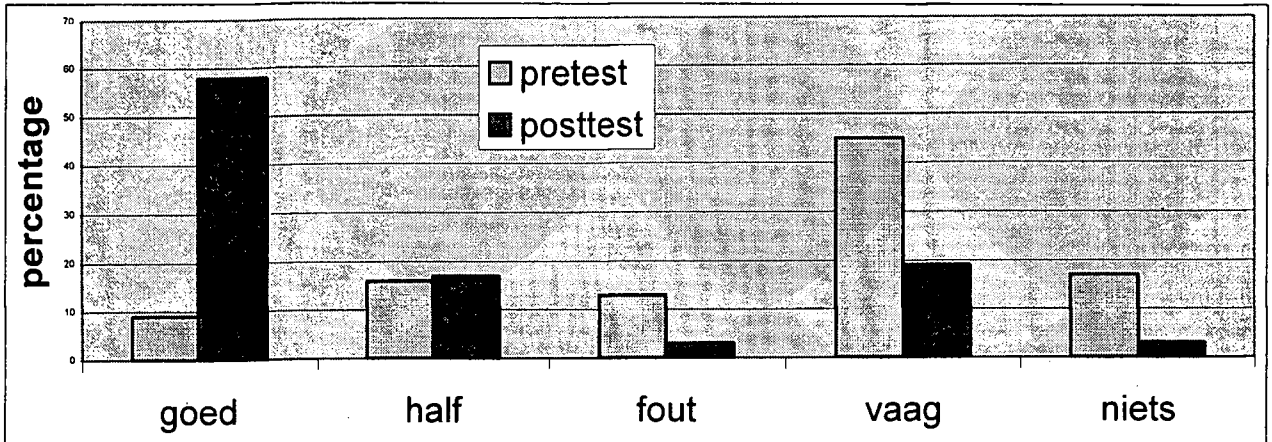


Fig. 5 Leerresultaten van de WISE module 'How Far Does Light Go?'

U bent in deze module geen woord over geometrische optica tegengekomen - geen spiegelwet, geen wet van Snellius, geen stralengang door een dunne lens. Toch blijkt het gekozen onderwerp voor de meeste leerlingen buitengewoon leerzaam, in tegenstelling tot de geometrische optica die voor veel leerlingen veel te abstract en onbegrijpelijk blijft.

Ik hoop dat u met deze voorbeeldmodule een idee heeft gekregen voor de vorm en inhoud van WISE modules in het algemeen.

Gebruik van WISE in de klas

WISE modules kunnen gebruikt worden als introductie op een onderwerp, als sluitsteen van een onderwerp, maar ook als praktische opdracht in de Tweede Fase.

De beoordeling van WISE modules kan plaatsvinden op verschillende manieren. WISE is bij uitstek geschikt om een aantal vaardigheden te beoordelen zoals het kritisch omgaan met informatie, het kunnen formuleren van natuurkundige argumenten, en het kunnen samenwerken met anderen. Hiertoe hoeven de leerlingen geen aparte toets te maken, maar kan eenvoudig het materiaal worden beoordeeld zoals dat op de server staat. Duo's krijgen hierbij in principe hetzelfde cijfer toegekend. Vakinhoudelijke toetsing is binnen WISE mogelijk via elektronische toetsen, waarbij ook weer geldt dat per duo één cijfer wordt toegekend.

Er zijn mogelijkheden om tot een individuele beoordeling te komen. Zo kan de docent ervoor kiezen om buiten WISE om een individuele schriftelijke toets te

geven. Ook is het mogelijk om leerlingen te betrekken in de beoordeling van zichzelf en van hun partner, door ze bijvoorbeeld een aantal punten onderling te laten toekennen.

Conclusie

De belangrijkste pluspunten van WISE op een rijtje:

- De nadruk ligt op wat de leerlingen actief kunnen produceren.
- De eigen inbreng van de leerlingen wordt nadrukkelijk verlangd.
- Groepswork is ingebouwd.
- De docent heeft ten allen tijde zicht op het proces.

In Nijmegen is sinds oktober 2000 een werkgroep actief die zich bezighoudt met het ontwikkelen van WISE lesmateriaal voor natuurkunde in het Studiehuis. De WISE leeromgeving zelf wordt op dit moment in het Nederlands vertaald, en de werkgroep ontwikkelt op het moment een module rond verkeer en veiligheid.

Meer informatie is te vinden op de website van WISE, <http://wise.berkeley.edu>

Nadat u als bezoeker op de knop 'join' heeft gedrukt en een aantal gegevens hebt ingevoerd bent u lid van WISE en kunt u gratis en zonder verplichtingen voorbeelden bekijken of zelf aan de slag gaan. Er is een Nederlandstalige voorbeeldmodule over deeltjesversnellers, en ook de elektronische vergaderruimte van de werkgroep WISE Natuurkunde is voor iedereen binnen WISE toegankelijk.

Modelleren van 12 tot 18

E.R. Savelsbergh

CD β , Universiteit Utrecht



Inleiding

Modelleren – ofwel het construeren van een model – begint met het observeren van een boeiend verschijnsel. Als je kenmerken en eigenschappen identificeert die voor dit verschijnsel van belang zijn, en vervolgens relaties tussen deze eigenschappen bepaalt, ontstaat een model dat meer of minder goed beschrijft wat er gebeurt. Leerlingen kunnen door zelf modellen te construeren en te testen, een deel van de standaard natuurkundekennis herontdekken, en hopelijk beter begrijpen. Bovendien kunnen ze zo een beeld krijgen van het proces van natuurwetenschappelijk onderzoek. Tenslotte is dit een startpunt om na te denken over de status van modellen: wat betekent het dat een model klopt of juist niet klopt, hoe zeker kun je daarover zijn? We zullen schetsen hoe deze activiteiten vormgegeven kunnen worden op verschillende niveaus in het curriculum, hoe daaruit een leerlijn zou kunnen ontstaan en hoe verschillende computerprogramma's daarbij ondersteuning bieden. Daarbij wordt ingegaan op mogelijkheden en beperkingen van deze aanpak.

Modelleren in het curriculum

Modelleren is een populair thema in de didactiek van de natuurwetenschappen. In NVOX verschijnen regelmatig artikelen over dit onderwerp en ook in het buitenland zijn er verschillende projecten waarbij leerlingen zelf modellen construeren en testen als middel om vakkennis te herontdekken. Bij veel van deze projecten worden computer-modellen gebruikt, maar dit is zeker niet de enige aanpak. Waar al deze projecten wel in overeenstemmen is het idee dat het maken van modellen, het gebruiken van modellen en het denken over modellen centrale natuurwetenschappelijke vaardigheden zijn.

Het belang van modellen en modelleren wordt weerspiegeld in het huidige eindexamenprogramma, waarin *modelleren* meer dan voorheen een duidelijke plaats heeft. Met modelleren wordt dan bedoeld: het

kunnen bouwen van een (simulatie)model op de computer. We zijn binnen het Centrum voor β -didactiek sinds enige tijd bezig met het ontwikkelen van onderwijsmateriaal voor dit onderwerp. Gaandeweg raakten we overtuigd dat modelleren (met of zonder computer) een integraal onderdeel van het curriculum zou moeten zijn, niet alleen in de hoogste klassen, maar ook in de onderbouw.

Daarvoor zijn twee soorten argumenten. Enerzijds is modelleren een manier van ontdekkend leren waarbij leerlingen een deel van de standaard natuurkundekennis herontdekken, en hopelijk beter begrijpen. Anderzijds spelen modellen, in allerlei vormen, een rol in natuurwetenschappelijk onderzoek (de Vos & van der Valk, 2000). Modelleren als onderwijsaanpak kan zo een ingang bieden om iets te leren over onderzoek, discussie en onzekerheid in de natuurwetenschappen.

Ondanks enthousiaste berichten uit diverse projecten is duidelijk dat modelleren een veeleisende onderwijsaanpak is. Het is daarom van belang manieren te zoeken om het proces van modelleren te ondersteunen en te structureren. Er zijn de laatste jaren allerlei modelleer- en simulatieprogramma's voor het onderwijs ontwikkeld. We zullen beschrijven hoe met behulp van een aantal van deze tools het modelleren met leerlingen in verschillende fasen van het onderwijs ondersteund zou kunnen worden. Daarbij gaan we uit van een onderwijsbenadering die Hestenes samen met collega's ontwikkeld heeft (Hestenes, 1987; Wells et al, 1995).

Het modelleerproces

Bij het begrijpen van een verschijnsel spelen verschillende niveaus een rol. Hestenes onderscheidt vier niveaus. Allereerst is er het begrip van de situatie: welke objecten zijn er, hoe zijn deze objecten met elkaar verbonden, wat gebeurt er? Dit is het systeemschema. Op het volgende niveau worden de variabelen benoemd. Weer een niveau hoger liggen de

relaties tussen deze variabelen. Tenslotte kan het gedrag van het systeem beschreven worden in een expliciet stelsel van vergelijkingen, met eventueel een analytische oplossing. In tabel 1 wordt aan de hand van een mechanica-voorbeeld getoond welke begrippen bij de verschillende niveaus horen. De niveaus zullen natuurlijk niet precies in volgorde afgewerkt worden en bovendien zijn de verbindingen tussen de niveaus zeker zo belangrijk als de niveaus zelf. Toch lijkt het ons zinvol het onderscheid tussen deze niveaus te maken. Zowel binnen een lessenserie als in de loop van het curriculum zou een accentverschuiving moeten optreden van het eerste in de richting van het laatste niveau.

Model specification (examples from mechanics)	
1. System schema	
• (internal) constituents	mass, string, pulley
• (external) agents	gravity, push
• connections	string attached to ceiling
2. Descriptors	
• object variables	m, q, l
• state variables	x, v
• interaction variables	F, T
3. Laws of interaction	$F = GmM / r^2$
4. Laws of change	$m\dot{v} = F, \dot{L} = T$

Tabel 1 Niveaus in het modellerproces volgens Hestenes

Een modellerbenadering houdt in dat leerlingen op ieder niveau het verschijnsel onderzoeken, informatie selecteren, hun ideeën verwoorden en bespreken, en de juistheid van hun model onderzoeken. Bij al deze activiteiten is ondersteuning nodig. In het vervolg laten we zien hoe computertools het modelleren op de verschillende niveaus kunnen ondersteunen. Daarbij zijn vooral twee aspecten van belang: het model zo weergeven dat je erover kunt discussiëren, en het onderzoeken van het modelgedrag, d.w.z. de consequenties van het model.

Niet alle verschijnselen zijn even geschikt om door leerlingen te laten modelleren. Het is noodzakelijk dat leerlingen zelf verschillende mogelijkheden kunnen bedenken, en de voor- en nadelen van hun voorstellen kunnen onderzoeken. Algemene en abstracte modellen zoals het deeltjesmodel en het atoommodel van Bohr zouden in dit opzicht minder geschikt kunnen zijn. Maar aan de andere kant moeten de te modelleren verschijnselen voldoende interessant zijn en voldoende complex zijn om te zorgen dat leerlingen verschillende modellen bedenken.

Ook in het gewone leven krijgen leerlingen regelmatig met (uitkomsten van) modellen te maken. Bijvoorbeeld met een weersverwachting, een discussie over het klimaat, of de economische voorspellingen van het Centraal Planbureau. Bij dit soort modellen spelen zaken als de betrouwbaarheid van modelvoorspellingen, de keuze van modelparameters, het effect van ontbrekende data, en de rol van vereen-

voudingen en ad hoc aannamen. Onderwerpen voor modelleeronderwijs zouden zo gekozen moeten worden dat een deel van deze kwesties ter sprake komt.

De rol van computerondersteuning

Normaal gesproken wordt in het onderwijs weinig aandacht besteed aan complexe, niet lineaire, dynamische verschijnselen. Langzamerhand komt er meer aandacht voor dit soort verschijnselen, enerzijds omdat de realistische context belangrijk gevonden wordt, anderzijds doordat het met behulp van computertools mogelijk wordt het gedrag van dit soort verschijnselen in de klas te onderzoeken.

De meeste computermodellen worden gebouwd met een programmeertaal. Dat kan een general-purpose taal zijn, zoals BASIC, of een specifieke modelleertaal zoals PSI (Jordens, 2000) of de Coach-modelomgeving. In beide gevallen moet je om een werkend computermodel te bouwen het verschijnsel beschrijven in de vorm van (differentie)vergelijkingen. Dat lukt alleen als je al weet hoe het verschijnsel eruit ziet, wat de belangrijke grootheden zijn en hoe je die met elkaar in verband moet brengen. De computer kan dan berekenen wat de consequenties van het geformuleerde model zijn. Deze aanpak stelt dus hoge eisen aan de voorkennis en de vaardigheden van de leerling. Het is dan ook begrijpelijk dat ook in recent Nederlands onderwijsmateriaal de computermodellen al gegeven zijn en dat de opgave voor de leerling is om uit te zoeken hoe ze werken (Kortland et al, 2000; de Beurs & Mulder, 1995).

Het zou wenselijk zijn dat leerlingen ook hun eigen ideeën kunnen uitdrukken en testen (Jordens, 2000; Schecker, 1998). Dat vraagt dan wel een ander soort computerondersteuning. We nemen als voorbeeld het volgende relatief eenvoudige verschijnsel: als je de stroom op de netvoeding uitschakelt, blijft het lampje nog een tijd nagloeien (figuur 1) – hoe komt dat?

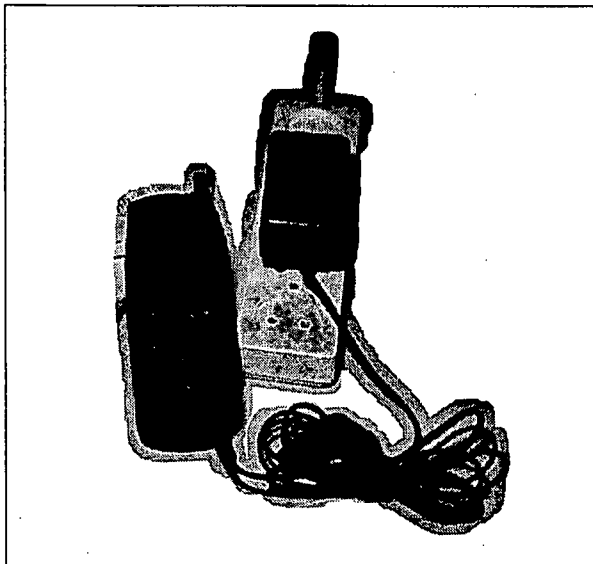


Fig. 1 Een netvoeding

Het systeemschema en de grootheden

Normaal gesproken is een netvoeding een black box. Om te beginnen moeten we onderdelen, verbindingen tussen onderdelen en verbindingen met de buitenwereld achterhalen. Een eerste stap zou zijn de adapter te openen en te kijken wat erin zit. Waarschijnlijk vinden we dan een hoop irrelevante onderdelen, en iets uitproberen kan gevaarlijk worden. Een volgende stap zou kunnen zijn een laagspanningscircuitje te bouwen, te kijken of je het gedrag kunt nabootsen en het spanningsverloop te meten. Een beperking van dit soort practica is echter dat leerlingen vaak vooral bezig zijn de bedrading te ontwarren en de spannings- en stroommeters goed aan te sluiten. Dit kunnen op zich waardevolle vaardigheden zijn, maar het modelleren van het verschijnsel dreigt op de achtergrond te raken en het wordt lastig de schakelingen van verschillende leerlingen te vergelijken. Een programma als Crocodile Physics zou leerlingen kunnen helpen om een duidelijk systeemdiagram te tekenen, en na te gaan of dit tot het bedoelde effect leidt. Een voorbeeld is gegeven in figuur 2. Het eerste venster toont het schema zoals een leerling dat zou kunnen tekenen. Het programma simuleert dan het bijbehorende gedrag: een muisklik op de schakelaar en de LED gaat branden (figuur 2, tweede venster). De simulatie laat ook spanningen, ladingsophoping en stroomrichting zien, en je kunt het spanningsverloop op een punt in kaart brengen door op dat punt een spanningsprobe te plaatsen. De grafiek in het onderste venster van figuur 2 laat het spanningsverloop zien als de schakelaar wordt uitgezet.

Het einddoel zou kunnen zijn dat de leerling doorheeft welke componenten van belang zijn, wat het effect is van andere componentwaarden, welke grootheden een rol spelen, en welk verband er is tussen enerzijds het kwalitatieve verloop van de spanning in de tijd en anderzijds het gedrag van de LED. Een stap verder zou nog zijn te vragen waartoe die condensator eigenlijk dient en hoe wisselspanning is omgezet in gelijkspanning.

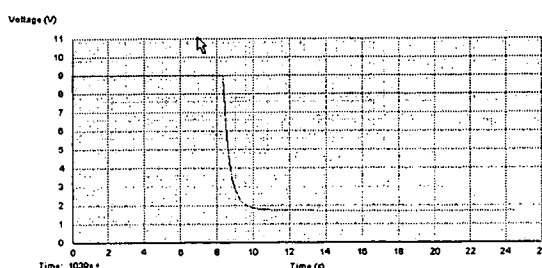
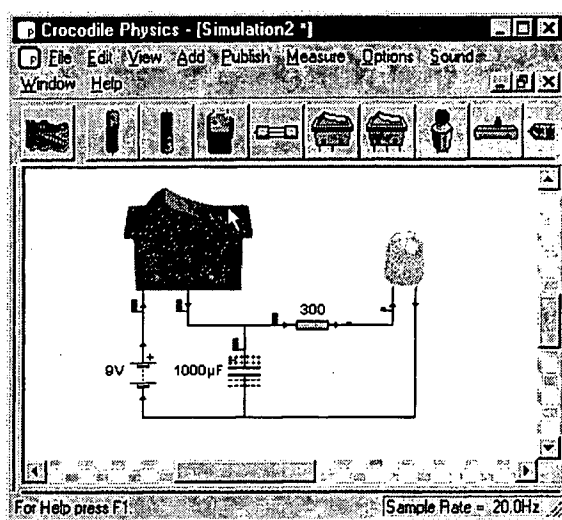
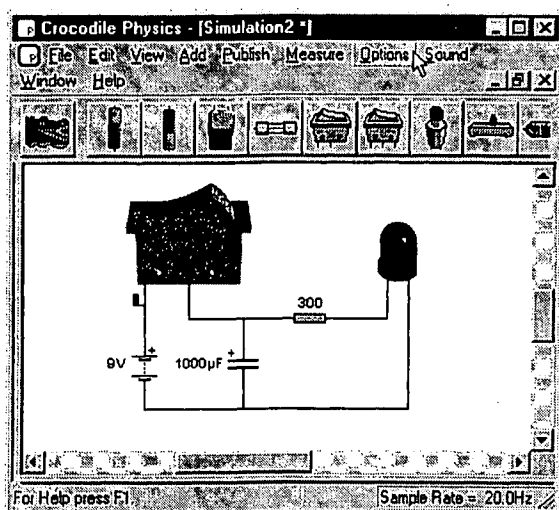


Fig. 2 Crocodile Physics

Grootheden en relaties

Als eenmaal duidelijk is hoe de netvoeding in elkaar zit en hoe hij werkt, kun je de grafiek in figuur 2 nader gaan onderzoeken. De grafiek beschrijft duidelijk het gedrag van de LED, maar je zou je kunnen afvragen waarom de grafiek nu precies deze vorm heeft. Om dat te verklaren moet je de grootheden en de relatie tussen deze grootheden kunnen benoemen. Meestal worden daartoe vergelijkingen opgesteld en grafieken getekend, op het bord of op papier. Op die manier verschuift de aandacht snel naar het algebraïsche rekenwerk. Daar wordt het voor veel leerlingen moeilijk om mee te denken, en bovendien helpt dit niet echt als je nog wilt nadenken over welke grootheden er nu eigenlijk zijn, en hoe die kwalitatief op elkaar inwerken. Er zijn computerprogramma's, zoals Powersim en Stella, die juist dit niveau in het modelleerproces ondersteunen. Met zo'n modelleertool tekent de leerling vakjes voor grootheden, en pijlen tussen de vakjes om relaties aan te geven. In figuur 3 zijn twee vensters met alternatieve modellen voor het RC-circuit gegeven. In de ene variant is de lading weergegeven door een enkele variabele, in de andere variant is er een lading op iedere condensatorplaat, en stroomt de lading van de ene plaat naar de andere. Als je modellen op deze manier tekent wordt het mogelijk de modellen te vergelijken en voor- en nadelen te bespreken. Als er eenmaal voor een modelstructuur is gekozen, kan de

leerling de relaties kwantitatief invullen, bijv. in het boxje voor de stroom: $I = U/R$. Zodra de relaties op deze manier gekwantificeerd zijn kan het model gerund worden zodat duidelijk wordt of het model het verwachte gedrag vertoont. Het eindresultaat zou moeten zijn dat de leerling een duidelijk beeld heeft van alle wisselwerkingen die tegelijkertijd optreden: lading veroorzaakt spanning, spanning veroorzaakt stroom, stroom verandert lading.

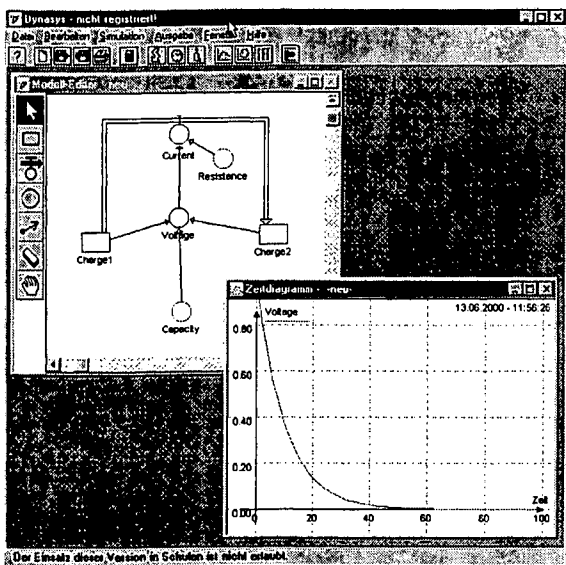
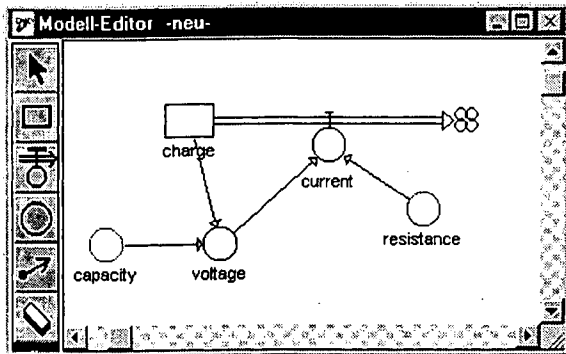


Fig. 3 Twee alternatieve modellen in Dynasys

Van relaties naar een stelsel van vergelijkingen

Als leerlingen een beeld hebben van de werking van de condensator, en in staat zijn om de wisselwerking tussen grootheden weer te geven in een plaatje als figuur 3, is de volgende stap om de relaties los te koppelen van het plaatje, en samen te brengen in een stelsel van vergelijkingen. Dit kan bijvoorbeeld met Coach, of PSI. Een interessante optie is ook Modelus dat nauwer aansluit bij de wiskundige notaties, en waarbij je een animatie aan het model kun hangen (figuur 4). Bij dit soort modelleertools wordt de verandering expliciet uitgedrukt als functie van de tijd, ofwel in de vorm dQ/dt ofwel als $Q(t)$. Doordat de rol van de tijd nu expliciet wordt kan er dieper ingegaan worden op de tijdsafhankelijkheid van bijvoorbeeld Q , eventueel kan hier ingegaan worden op methoden van numerieke integratie. Je kunt dit niveau ook zien als eindproduct: het format waarin de relatie uiteinde-

lijk onthouden moet worden. In ieder geval is de fysieke situatie inmiddels aardig op de achtergrond geraakt: op dit niveau is de RC-kring een voorbeeld uit een veel grotere klasse van fysische verschijnselen, zoals radioactief verval en dynamische wrijving. Expliciete aandacht voor dit soort overeenkomsten zou kunnen bijdragen aan een meer samenhangend begrip (Kramers-Pals, 1999; van Driel, 1999). Anderzijds is het een open vraag of het bereiken van dit laatste niveau voor alle leerlingen even zinvol en haalbaar is.

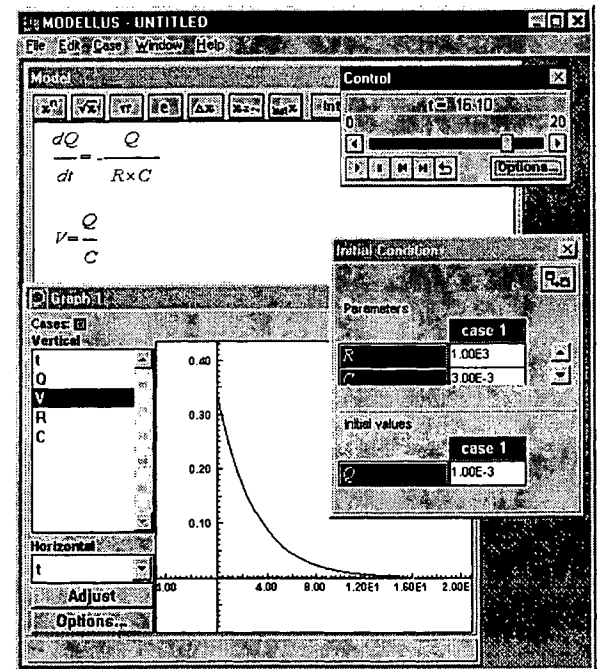


Fig. 4 Procesmodel in Modelus

Curriculum

Bij ieder nieuw onderwerp zou er weer aandacht besteed moeten worden aan de verschillende niveaus. Tegelijkertijd zal er in de loop van het curriculum een accentverschuiving optreden. In de onderbouw zal het accent liggen op het modelleren van het systeemschema, waarbij programma's als Interactive Physics en Crocodile Physics een rol kunnen spelen. In klas 3 of 4 zou je met behulp van Stella of Powersim over grootheden en relaties kunnen praten. Uiteindelijk zou in 5 of 6 VWO met behulp van Modelus gewerkt kunnen worden aan de formele vergelijkingen, waarbij het accent verschuift naar klassen van verschijnselen. Zodoende wordt ook de introductie van nieuwe computerprogramma's verdeeld over de jaren.

In het bovenstaande hebben we dynamische processen besproken in de context van natuurkunde. In de scheikunde, de biologie en ook in de economie vinden we vergelijkbare processen, en het lijkt dan ook zinvol te proberen samenwerking en transfer tussen deze domeinen te bevorderen.

Conclusie

Hoewel modelleren en modelgebruik inmiddels een plaats verworven hebben in de eindtermen, zijn het

bijbehorende onderwijs en het didactisch gebruik van modellersoftware nog sterk in ontwikkeling. Een eerste stap is de ontwikkeling van bruikbaar onderwijsmateriaal, daarnaast moet onderzocht worden aan welke leerdoelen modelleren een bijdrage kan leveren, en in hoeverre onderwijsinhouden veranderen bij een dergelijke aanpak.

We hebben geprobeerd te laten zien hoe computertools het modelleren met leerlingen kunnen ondersteunen. We hebben daarbij aangegeven dat verschillende aspecten van het model met verschillende tools aangepakt kunnen worden, en dat hierin accentverschillen optreden in de loop van het curriculum. Het kunnen uitdrukken van ideeën in een vorm die discussie mogelijk maakt is belangrijk op alle niveaus, en dit moet een eerste doel zijn voor computerondersteuning.

De beschikbaarheid van computertools maakt het mogelijk delen van het onderwijs anders vorm te geven. Daarnaast zouden ook de doelen van het onderwijs kunnen verschuiven. De gebruikelijke benadering legt veel nadruk op analytische oplossingen zoals in het bovenstaande voorbeeld $Q(t) = Q(0) \cdot e^{-t/(RC)}$. De vraag is welke plaats zulke vergelijkingen moeten innemen.

Ons pleidooi voor verschillende vormen van computersupport is gebaseerd op een theoretische analyse van het leerproces. In de praktijk is er tot nu toe alleen onderzoek gedaan met leerlingen die met één computertool hebben leren werken, meestal waren dit kortdurende experimenten. Een interessante uitzondering vormt het werk van Schecker (1998), hoewel aan dit experiment maar weinig leerlingen meededen. Dit onderzoek suggereert dat leerlingen die een tijd met Stella gewerkt hebben zoiets als een algemene modelleercompetentie ontwikkelen.

Tenslotte: of de hier beschreven programma's een zinvolle bijdrage kunnen leveren aan het leerproces zal sterk afhangen van het onderwijsmateriaal dat ontwikkeld wordt. Ieder programma sluit aan bij bepaalde aspecten van begripontwikkeling, maar geen van deze programma's biedt een kant en klaar didactisch concept of een leeromgeving. Binnen ons Centrum wordt momenteel in het project 'Computerondersteund modelleren van dynamische systemen'

(<http://www.cdbeta.uu.nl/model.shtml>) gewerkt aan de ontwikkeling van een didactische opzet en onderwijsmateriaal op dit terrein.

Literatuur

- Kramers-Pals, H. (1999), Modellen en modeleren in het natuurwetenschappelijk onderwijs. *NVOX* 24 (1), 51-54.
- Driel, J. van (1999), Modellen en modeleren als rode draad in het natuurwetenschappelijk onderwijs. *NVOX* 24 (8).
- Drijver, J.W. (1998), Rekenmodellen, wat moet je ermee in de klas? *NVOX* 23 (2).
- Vos, W. de en T. van der Valk (2000), Modellen in wetenschap, modellen in onderwijs. *NVOX*, 25 (7), 335-338.
- Jordens, H. (2000), Het simulatieprogramma PSI. *NVOX*, 25 (8), 438-440.
- Jacobs, A.F.G., T.H. Jetten en A.A.M. Holtslag (2000), Over malaria in een warmer klimaat en de temperatuur van ondiepe wateren. *NVOX*, 25 (8), 422-424.
- Hestenes, D. (1987), Toward a modelling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55, 441-454.
- Wells, M., D. Hestenes en G. Swackhammer (1995), A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, 63 (7), 606-619.
- Schwarze, H. (1999), Special Issue: Simulationsprogramme - Modellbildungssysteme. *Praxis der Naturwissenschaften*, 48 (3).
- Schecker, H. (1998), Physik - Modellieren: Grafiko-riente Modellbildungssysteme im Physikunterricht. Stuttgart: Klett.
- Doorman, M. en K. Gravemeijer (1999), Modelleren als organiserende activiteit in het wiskunde-onderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der Beta-wetenschappen*, 16, 38-55.
- Kortland, K., et al. (2000), Newton: Natuurkunde voor de tweede fase. *VWO informatieboek 2*, Zutphen: Thieme.
- Beurs, C. de en C.H.T. Mulder (1995), Vernieuwde computertoepassingen in natuurkunde. Zutphen: Thieme.

Moderne Natuurkunde op het VWO

D.J. Hoekzema & G.J. Schooten

CDB, Universiteit Utrecht

Inleiding

Met de invoering van de Vernieuwde Tweede Fase zijn de curricula voor de vakken ingedeeld in domeinen. Bij natuurkunde draagt een van die domeinen de titel Moderne Fysica. Dit domein F valt in zijn geheel binnen het N2-programma, en heeft voor het VWO een omvang van 60 studielastuur, ofwel wat de onderwerpen betreft (exclusief vaardigheden en examentraining) bijna de helft van de totale studielast binnen N2.

Voor de vakontwikkelgroep BiNaSk vormde de invulling van dit domein een probleem. De ervaringen met hedendaagse natuurkunde in het WEN-programma waren nogal problematisch. In de aanloopperiode is veel materiaal ontwikkeld, maar al voor de invoering werd ingezien dat het programma sterk overladen was en moest er veel geschrapt worden. Na invoering bleek het programma nog steeds overladen, en werden er ad hoc nog wat onderdelen verwijderd. Ook Moderne Natuurkunde had stevig te lijden onder deze ingrepen. Daarnaast werd in de praktijk bijvoorbeeld al gauw duidelijk dat wat er was overgebleven van deeltjesfysica voor leerlingen de motivatie niet vergrootte. De nadruk op de feitenkennis van het overzicht van quarks en leptonen werkte voor leerlingen eigenlijk verwarrend en interessante, echt fysische aspecten bleven achterwege.

De tijdsdruk waaronder de vakontwikkelgroep moest werken was te hoog om ook nog de problemen rond moderne natuurkunde op te lossen. Besloten werd om het domein een voorlopige invulling te geven, en een project te initiëren om de mogelijkheden voor een meer definitieve inhoud te onderzoeken. Dit project (PMN-1) is uitgevoerd tussen 1996 en 1998, in een samenwerkingsverband van de Universiteit Utrecht en de Universiteit van Amsterdam.¹

¹ Het eindrapport van dit project is verkrijgbaar bij de vakgroep natuurkunde didactiek van de UU, en is



Dit project heeft inmiddels een vervolg gekregen. PMN-2 loopt sinds januari 2000, en heeft als belangrijkste doel om de haalbaarheid van de in PMN-1 voorgestelde vernieuwingen te onderzoeken onder meer realistische omstandigheden, op proefscholen die werken in de Tweede Fase, en die hiervoor werken met een aangepast examen. Daarnaast is er de gelegenheid verdere verfijningen en aanvullingen aan te brengen, en het draagvlak voor deze vernieuwing te onderzoeken en te bevorderen.²

De invulling die voorlopig in de Vernieuwde Tweede Fase aan het domein F is gegeven is gebaseerd op een uitgediepte WEN-programma, waaruit onderdelen als deeltjesfysica, de werking van de laser en de onzekerheidsrelatie van Heisenberg zijn geschrapt.

Keuzen binnen PMN

Het domein Moderne Fysica neemt binnen het natuurkundeprogramma een enigszins aparte plaats in, wat betreft de inhoud van de stof, maar ook wat betreft de doelstellingen voor het onderwijs. Dit heeft in de eerste plaats te maken met de grote conceptuele stappen die in de twintigste eeuw gezet zijn in de fysica.

De enorme ontwikkeling van de fysica in de vorige eeuw kan niet los worden gezien van twee belangrijke theorieën, de quantumtheorie en de relativiteitstheorie, die beide een groot beroep doen op het abstractievermogen van de beoefenaars. Dit roept bij iedere poging tot vernieuwing weer de vraag op in hoeverre leerlingen al op het VWO in aanraking met deze ontwikkelingen moeten komen. Als argumenten

op internet gepubliceerd op het adres:
<http://www.phys.uu.nl/~wwwpmn/oud.htm>

² Het lesmateriaal en de vorderingen van het project zijn te volgen op het adres:
<http://www.phys.uu.nl/~wwwpmn> dat met onregelmatige tussenpozen wordt bijgewerkt.

hiertegen worden bijvoorbeeld genoemd dat het intellectueel te hoog gegrepen is, en dat de meeste leerlingen na het VWO toch niet meer met deze theorieën in aanraking zullen komen. Volgens een deel van de docenten zou iedere min of meer serieuze inleiding in deze onderwerpen een te grote en te weinig rendabele verzwaring van de studielast vormen. Met andere woorden:

Stelling 1

Moderne Natuurkunde en Voortgezet Onderwijs mengen net zo slecht als olie en water

Er vallen tegen deze stelling natuurlijk ook wel weer argumenten in te brengen. Een eerste argument is dat de leerlingen die Natuurkunde 2 hebben gekozen een tamelijk selecte groep vormen. Een groep waarvan enig talent, en vermoedelijk een relatief grote belangstelling voor het betreffende gebied verwacht mag worden, en waarvan een relatief groot aantal later nog wél in aanraking komt met onderwerpen uit de hedendaagse natuurkunde, al was het maar omdat ook binnen technische studies op het gebied van elektronica en materiaalkunde dergelijke onderwerpen een steeds belangrijker rol spelen.

Een goede onderwerpkeuze is in dit geval wel belangrijk, want met de titel 'moderne natuurkunde' kun je nog vele kanten op. Hoewel de eerste associatie misschien vooral richting relativiteitstheorie en quantumfysica gaat, is modelleren op de computer natuurlijk net zo goed recent, evenals bijvoorbeeld chaostheorie en allerlei technische ontwikkelingen op het gebied van materiaalkunde, elektronica, nanotechnologie, medische technologie, enzovoort.

Bij de afweging die hierbij gemaakt is, is uiteindelijk de keuze toch gevallen op een beperkte introductie van een quantumfysisch materiebeeld. Als argumenten vóór deze keuze kunnen worden genoemd het enorme belang van de quantumfysica voor wetenschap en techniek, en de mate waarin deze theorie heeft bijgedragen tot ontwikkelingen die grote invloed hebben en hebben gehad op de maatschappij. In vergelijking hiermee staan relativiteitstheorie en chaostheorie veel geïsoleerder, en zijn meer toepassingsgerichte onderwerpen veel smaller wat betreft de begripsvorming.

Van quantumfysica kun je met recht zeggen dat het een buitengewoon substantieel onderdeel is van de hedendaagse natuurkunde. Allerelei verschijnselen die we, ook in de macrowereld, dagelijks om ons heen zien hebben er direct mee te maken, en het belang voor de technologische ontwikkeling neemt steeds verder toe. Het nieuws brengt met regelmaat items die met quantumfysica te maken hebben, en relatief veel NT-leerlingen zullen er in hun beroepspraktijk wel degelijk mee te maken krijgen. Verder zijn er ook in het buitenland ontwikkelingen gaande om een zekere hoeveelheid quantumfysica in het onderwijs op te nemen. Dit leidt ons tot de volgende stelling:

Stelling 2

Minstens een deel van de leerlingen in het VWO moet kennis kunnen maken met Moderne Natuurkunde

De uitdaging voor het Project Moderne Natuurkunde is om te laten zien dat zoiets haalbaar is, dat er een invulling gevonden kan worden die voldoende interessant is, maar niet aan ambitie ten onder gaat.

Uitgangspunten

Eén van de uitgangspunten bij de ontwikkeling van leerstof is continuïteit geweest. De huidige invulling van Moderne Fysica draait om onderwerpen als atoomfysica en kernfysica. De veronderstelling binnen PMN was dat deze onderwerpen kunnen worden gebracht op een manier die veel beter aansluit bij meer hedendaagse denkbeelden. Het introduceren van een quantumfysisch beeld van materie zou zodoende meer een andere presentatie vereisen dan een andere onderwerpkeuze.

Een ander uitgangspunt was de ervaring opgedaan in het WEN-programma. Die geschiedenis heeft geleerd dat een voortvarende aanpak al te snel hoog gegrepen kan zijn, en dat het erg riskant is om te optimistisch en te ambitieus te werk te gaan. De uitdaging voor een vernieuwingsproject als dit is om het juiste evenwicht te zoeken. Zonder de op dit gebied meer modale leerling af te schrikken of kansloos achter te laten, moet iets worden aangeboden dat toch voor de getalenteerden wel voldoende interessant en uitdagend is. Het streven was om met dit project een programma te bieden dat:

- In de manier van denken goed aansluit bij de hedendaagse natuurkunde, maar niet al te veel op details ingaat.
- Conceptueel uitdagend is, maar met een beperkt niveau van wiskundige uitwerking.
- Een beperkte kern van examineerbare onderwerpen heeft, maar ...
- Veel gelegenheid biedt aan de enthousiaste leerling om kennis te verdiepen, bijvoorbeeld in de vorm van aanknopingspunten voor praktische opdrachten, (profiel)werkstukken, en invulling in de vrije ruimte.
- Veel gelegenheid biedt aan de enthousiaste leraar om met de leerlingen iets dieper op onderwerpen in te gaan, en daarmee leerlingen te stimuleren zonder dat dit direct een verzwaring van de leerstof met zich mee brengt.
- Voor de huidige natuurkundedocenten, eventueel na een beperkte bijscholing, boeiend en onderwijsbaar is.
- Aansluiting kan bieden bij andere vakken, in het bijzonder ANW en scheikunde.
- Een meer open structuur heeft, waarin het vak minder wordt aangeboden als een gesloten reservoir van kennis, maar meer als een vak in ontwikkeling, en dat daarbij meer uitnodigt tot reflectie op methoden en doelen.

Bij de ontwikkeling van de leerstof is wat de onderwerpen betreft op hoofdlijnen het huidige programma als uitgangspunt genomen, echter met veel meer nadruk op:

- Een quantumfysisch beeld van de materie.
- De relatie tussen microscopische en macroscopische fysica.
- Methoden en denkwijzen.

Lesmateriaal

In vergelijking met PMN-1, de vorige versie van het project, is de leerstof in principe hetzelfde gebleven, maar het materiaal is op een aantal plaatsen sterk gestroomlijnd, mede op grond van ervaringen uit het eerste project en de commentaren die daar destijds en naderhand op gekomen zijn.

Doordat de Tweede Fase inmiddels is ingevoerd en er ervaring is met de splitsing van de leerstof van N1 en N2, kon de afstemming van het lesmateriaal op dit punt verbeterd worden. Aangezien ook de boeken die op scholen gebruikt worden inmiddels beschikbaar waren, kon het lesmateriaal in de syllabus ook hier beter op aansluiten. Tevens is duidelijk dat van leerlingen op het ogenblik meer zelfstandigheid verlangd wordt dan tijdens de eerste versie van het project. Er is geprobeerd het lesmateriaal hier op enkele punten op aan te passen, bijvoorbeeld door de uitwerkingen en antwoorden op de vragen beschikbaar te maken via internet.

Verder zijn de leerlingen er inmiddels aan gewend om internet veelvuldig voor schoolwerk toe te pas-

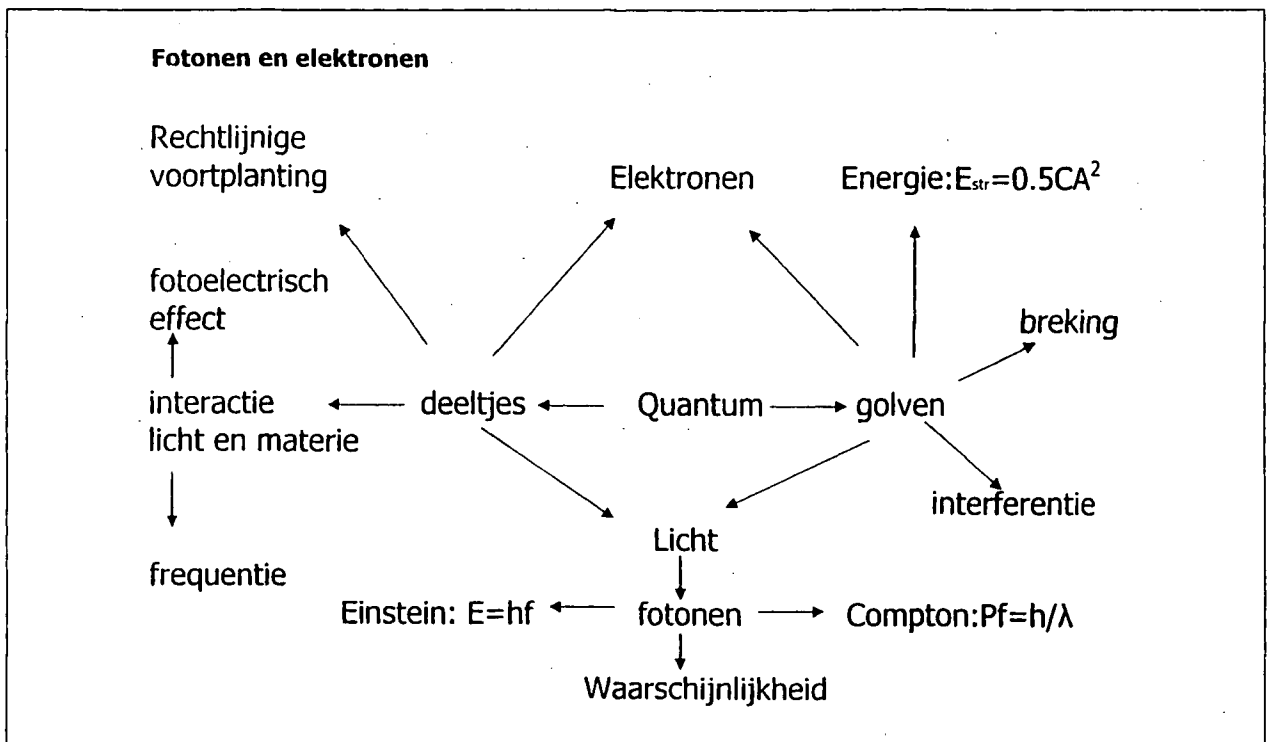
sen. In verband hiermee is er naar gestreefd het aantal verwijzingen naar internet sterk op te voeren, en in de web-versie van het materiaal zijn deze verwijzingen als hyperlinks in de tekst ingebouwd.

Voor het onderdeel Astrofysica, dat in PMN-1 wegens tijdgebrek niet aan de orde kwam, is nieuw lesmateriaal ontwikkeld. Het thema hiervan is dat we proberen te begrijpen hoe, door een subtiel samenspel van theorieontwikkeling en steeds geavanceerder observeren, er verschrikkelijk veel informatie over de kosmos kan worden gewonnen uit kleine beetjes licht. Ter wille van een brede kijk op het universum voeren leerlingen eerst enkele internetopdrachten uit. Daarna worden, aan de hand van de levensloop van de zon, enkele hoofdlijnen van de sterevolutie behandeld. Bij de behandeling van de eindstadia van sterren wordt teruggegrepen op quantumfysische modellen, die eerder zijn ingevoerd om het gedrag van meer dagelijkse vormen van materie te verklaren.

Voor een ruw overzicht van de leerstof werpen we eerst een blik op de inhoudsopgave van de syllabus:

1. Moderne Natuurkunde: waar gaat dat over?
2. Fotonen en Elektronen: deeltjes en/of golven?
3. Structuur der Materie.
4. Reactie Processen.
5. Astrofysica.
6. De Interpretatie van de Quantum Theorie.
7. Ideeën voor Praktische Opdrachten.

Om dit beeld iets te concretiseren worden enkele voorbeelden uit de syllabus wat dieper behandeld.



Voorbeeld: Dualiteit

Golf-deeltje dualiteit wordt ingeleid op een manier die vrijwel analoog is met het huidige programma.

Startpunt van de behandeling is interferentie van licht. Dit is behandeld bij Natuurkunde 1 en bouwt voort op het gebruik van het golfmodel bij elektro-

magnetische straling. Vervolgens wordt de interactie van licht met materie besproken en wordt het foto-elektrisch effect behandeld. Dit wordt minder uitgebreid gedaan dan in het huidige programma: de begrippen remspanning, uittree-energie en ook de experimentele bepaling van de constante van Planck blijven achterwege. Dergelijke aspecten zijn eventueel wel geschikt voor een praktische opdracht, of als onderdeel van een profielwerkstuk.

Een nieuw element binnen dit onderdeel betreft de begrippen intensiteit en waarschijnlijkheid. Deze worden gekoppeld aan het deeltjes- en het golfmodel. De noodzaak om bij het verklaren van verschijnselen gebruik te maken van golf- én deeltjesmodel komt een aantal keren terug, ook in volgende hoofdstukken.

Als voorbeeld van verwerking van deze stof is in de figuur een door leerlingen gemaakt begrippenschema te zien dat zij tijdens een klassikale afrondende bespreking van hoofdstuk 2 hebben gepresenteerd. Golfmodel en deeltjesmodel worden elk gekoppeld aan de daarmee geassocieerde verschijnselen, maar centraal staat het begrip quantum gemanifesteerd als elektron en foton.

Voorbeeld: Atoommodellen

In de syllabus wordt expliciet aandacht besteed aan het werken met modellen, en aan de werkwijze om met een ruw model te beginnen en hierin verfijningen aan te brengen. Een voorbeeld zijn de beschouwingen over het atoommodel. Er wordt begonnen met een simpel model van een elektron in een doosje. De wiskunde voor dit model is zeer eenvoudig, en in feite bij de leerlingen al bekend: de staande golf in een snaar. Aan de hand van dit model wordt een aantal conceptuele stappen gemaakt: grondtoestand, aangeslagen toestanden, en waarschijnlijkheidsverdeling. Op deze manier kan duidelijk worden gemaakt dat deze verdelingen de vorm van atomen, bijvoorbeeld het waterstofatoom, bepalen. Tevens wordt er gekeken naar de tekortkomingen van het model, en wat ervoor nodig is om het model beter te maken. Deze verbeteringen blijven grotendeels kwalitatief, en worden wiskundig niet verder uitgewerkt.

Voorbeeld: Het Pauli-verbod

Het idee van dualiteit is een conceptuele schok die leerlingen niet onmiddellijk begrijpen en accepteren. Het is belangrijk om te laten zien dat het idee werkt, en gebruikt kan worden bij het verklaren van verschijnselen, liefst direct waarneembare verschijnselen. Bij het leggen van verbanden tussen de micro- en de macrowereld speelt het Pauli-verbod (ruwweg: niet meer dan twee elektronen per quantumtoestand) een vrijwel onontkoombare rol. Het komt dan ook op een aantal plaatsen terug in de leerstof.

Stevigheid van metalen – Het Pauli-verbod wordt geïntroduceerd aan de hand van een beschouwing over de stevigheid van metalen, die bepaald wordt door de

druk van de geleidingslektronen. Aan de hand van een combinatie van het model van het deeltje in een doos en het Pauli-verbod kan hiervan een semi-kwantitatieve beschouwing worden gegeven.



De vorm van atomen en moleculen – Doordat elektronen niet allemaal in de laagste energietoestand kunnen zitten, zijn de meeste atomen niet bolvormig. Hierdoor hebben ook moleculen interessante vormen, hetgeen directe gevolgen heeft voor de stoffeïenschappen, van stevigheid tot kleur. Ook het feit dat de scheikunde niet triviaal is, en bijna alle verdere zichtbare eigenschappen van de materialen om ons heen hangen direct samen met het Pauli-verbod.

Stabiliteit van witte dwergen – Het bestaan van witte dwergen, het toekomstige eindstadium van de zon, berust op de eigenschappen van een gedegeneerd elektronengas. Het model van een quantumdeeltje-in-een-doos, dat al in een eerder hoofdstuk is ingevoerd en gebruikt, wordt gebruikt om een verklaring te vinden voor de stabiliteit van deze extreme vorm van materie.

Via dit soort voorbeelden wordt geprobeerd de leerlingen inzicht te geven in de relaties tussen microscopische en macroscopische verschijnselen, en tevens om leerlingen gevoel te laten krijgen voor modellen, orde van grootte schattingen en kwalitatieve inzichten. Door deze voorbeelden willen we de leerling bovendien overtuigen dat quantumfysica op talrijke gebieden belangrijke inzichten biedt bij het onderzoeken van de eigenschappen van materie.

Afsluiting/discussie

Als reactie op de beide hiervoor gegeven stellingen gaven de deelnemers aan de keuzelezing aan dat ze in het algemeen positief waren over het gepresenteerde materiaal. Ook voor zo ver men kennis had genomen van het totale lesmateriaal op het web, vond men dat het materiaal er goed uit zag en een aantal interessante, nog niet eerder behandelde onderwerpen bevatte. Het werd dan ook zeker de moeite waard gevonden om verder uit te zoeken hoe een en ander in het natuurkundeprogramma opgenomen zou kunnen worden.

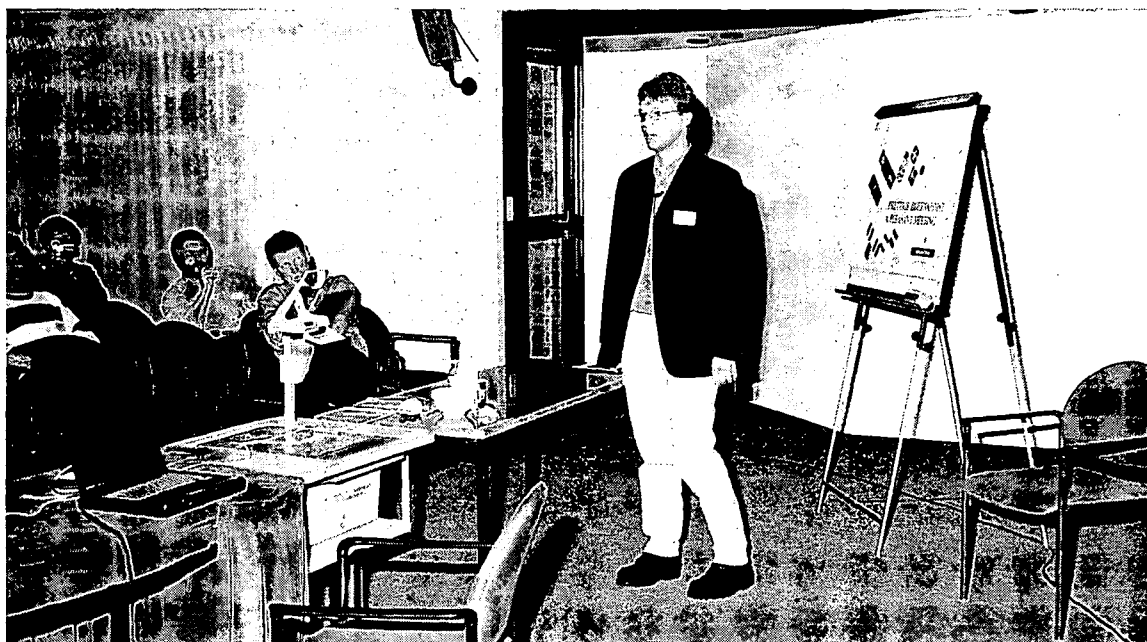
Een aantal mensen was van mening dat dit materiaal zich vooral prima zou lenen voor zoiets als een keuzegroep, of een project in de vrije ruimte. Dit zou voor geïnteresseerde docenten en leerlingen de mogelijkheid bieden om kennis te maken met quantumfysica, zonder veel verplichtingen te scheppen, aangezien het wel volgens veel aanwezigen om een lastig onderwerp gaat. Anderen brachten hier tegen in dat de kans op vrijblijvendheid in zo'n geval erg groot is, waarbij als voorbeeld de tweede keuzegroep werd genoemd die in de jaren tachtig deel uitmaakte van het programma. Als nieuwe onderwerpen serieus een kans willen krijgen, dan moeten ze worden opgenomen in het examenprogramma. Leraren richten zich hier over het algemeen sterk op en laten onderwerpen die niet verplicht zijn schieten. Vaak ook vanuit de ervaring dat het programma overladen is en het deel van het programma dat getoetst wordt op het eindexamen erg groot is. In het verlengde van het fo-

rum over de eindexamens natuurkunde tijdens de conferentie, werd hierbij nog eens opgemerkt dat het wellicht wenselijk zou zijn om een kleiner deel van het natuurkundeprogramma af te vragen in het eindexamen.

Een tweede punt van discussie betrof de toetsbaarheid van dit onderwerp. Sommigen vroegen zich af of een onderwerp als dit zich wel leent voor toetsing in de klassieke zin. Men was bang dat de variatie beperkt zou zijn, omdat de meer interessante en kwantitatieve vragen uit dit vakgebied al gauw veel te moeilijk zouden worden voor VWO-leerlingen. Er zou dus steeds gevarieerd moeten worden op een beperkt aantal eenvoudige kwalitatieve opgaven.

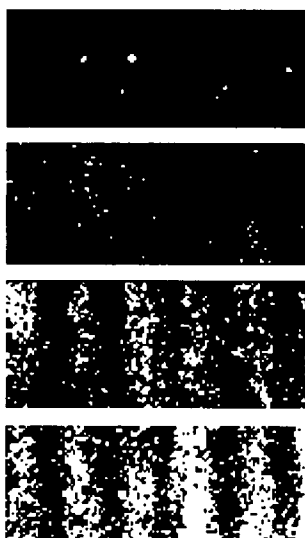
Bovendien waren enkele aanwezigen van mening dat door de gerichtheid op toetsing de aantrekkelijkheid van het onderwerp verloren zou gaan. Juist door het meer vrijblijvende karakter van de bespreking van deze onderwerpen zouden de leerlingen ze als aantrekkelijk blijven beschouwen. De meningen hierover waren verdeeld. Een aantal docenten zag ook wel mogelijkheden voor alternatieve afsluitende opdrachten, zoals het maken van een boekverslag, of het geven van een presentatie, of voorzagen minder problemen met de examineerbaarheid.³

Tenslotte werd door diverse deelnemers opgemerkt dat ze opnieuw flink in de elementaire quantumfysica zouden moeten duiken als ze dit onderwerp zouden moeten behandelen in de les. Bij een peiling bleek dat meer dan de helft van de aanwezigen een nascholing op dit gebied op prijs zou stellen.



³ Inmiddels is er een schoolexamentoets afgenomen op de proefscholen. De opgaven zijn als voorbeeld toegevoegd als appendix bij dit verslag.

Schoolexamen Moderne Natuurkunde



Natuurkunde 1,2 VWO 6

April 2001 (versie 1)

Tijdsduur: 90 minuten

Deze toets bestaat uit 3 opgaven met 13 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden. Na de laatste vraag staat het woord Einde afgedrukt.

Hierna volgen enkele formules die wel tot de stof behoren, maar niet in Binas zijn te vinden. Uit het feit dat ze hier staan mag niet de conclusie worden getrokken dat ze in deze toets ook beslist gebruikt moeten worden.

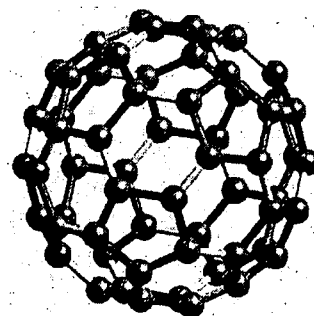
$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$

$$E_k = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$$

Succes !

Opgave 1 Interferentie met buckyballen

Naast diamant en grafiet als zuivere vorm van koolstof is er in 1985 een derde vorm ontdekt: het koolstofmolecuul C_{60} , waarvan een model is te zien in figuur 1. Dit molecuul heeft dankzij zijn aparte vorm al snel de naam voetbalmolecuul gekregen, zie figuur 1. De officiële naam is buckminsterfullereen, maar vrijwel iedereen spreekt over de buckybal. Sindsdien wordt er door wetenschappers allerlei onderzoek gedaan naar de eigenschappen van dit bijzondere molecuul. Zo is ondermeer bepaald dat de diameter van een buckybal $7,0 \cdot 10^{-10}$ m is.



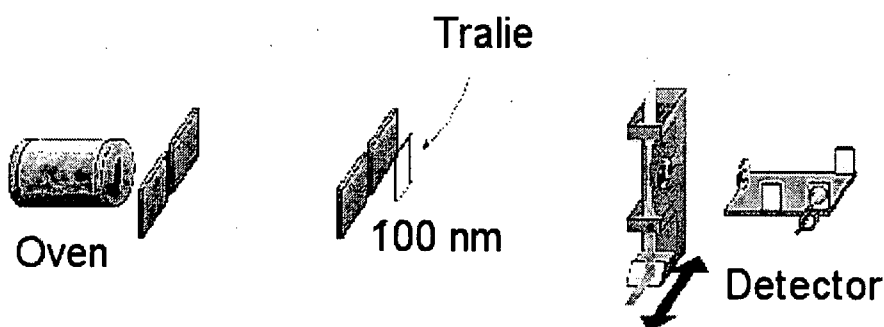
Figuur 1

- 3p 1 □ Toon met behulp van een berekening aan dat de massa van een buckybal $1,20 \cdot 10^{-24}$ kg bedraagt.

Een experiment waarover in oktober 1999 in een tijdschrift voor natuurwetenschappen *Nature* wordt gerapporteerd, is een interferentieproef met de buckyballen. Dit molecuul was tot dat moment het meest massieve en complexe materiële object waarvan het golfkarakter is waargenomen.

De opstelling waarmee de proef werd uitgevoerd is in figuur 2 getekend. De bundel moleculen komt uit een oven en gaat achtereenvolgens door twee enkele spleten om de bundel goed te richten. Hierachter is een tralie opgesteld met een tralieconstante van 100 nm. De spleetbreedte van het tralie bedraagt 50 nm. Op 1,25 m achter het tralie wordt het interferentiepatroon gedetecteerd.

De meest voorkomende snelheid waarmee de moleculen bewegen is 220 m/s.



Figuur 2

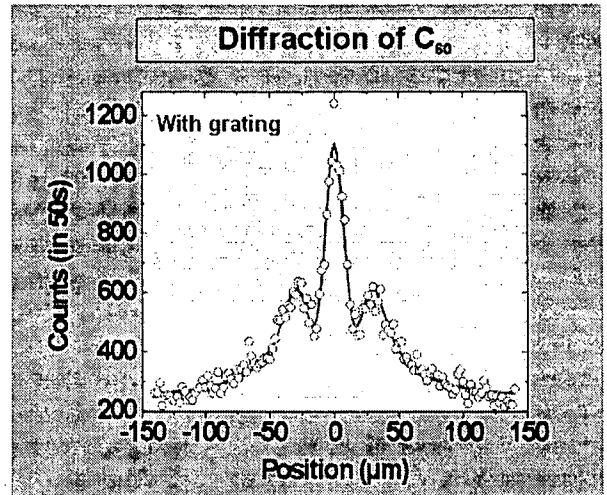
Een bundel moleculen die op het tralie valt is enigszins te vergelijken met het schieten op het doel met een voetbal. Volgens de regels van de wereldvoetbalbond behoort een standaard voetbal een diameter van 22 cm te hebben en het doel een breedte van 732 cm. De verhouding van deze afmetingen blijkt in orde van grootte goed overeen te komen met de verhouding van de relevante afmetingen uit het natuurkunde experiment.

3p 2 Toon dit met behulp van een berekening aan.

2p 3 Licht zonder berekening toe waarom er tijdens het scoren geen rekening gehouden hoeft te worden met het golfkarakter van de voetbal.

3p 4 Bereken de De Broglie golflengte van de buckyballen.

Het interferentiepatroon dat ontstaat is afgebeeld in figuur 3. Het 0° orde maximum en beide 1° orde maxima zijn duidelijk waarneembaar.



Figuur 3

5p 5 Bepaal de De Broglie golflengte van de buckyballen nogmaals, maar nu met behulp van deze resultaten.

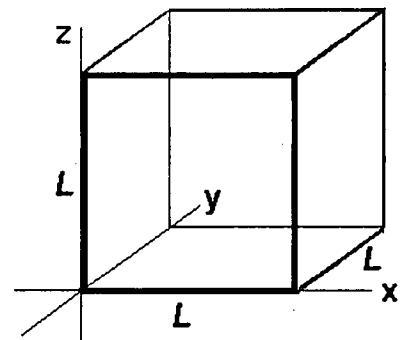
Opgave 2 Het spectrum van langgerekte moleculen

In bepaalde typen organische kleurstoffen kunnen sommige elektronen over een groot deel van de lengte van het molecuul vrij bewegen. De energieniveaus van dergelijke stoffen kunnen met enig succes voorspeld worden met behulp van het model van een quantumdeeltje in een *ééndimensionale* doos. Dit lijkt misschien eigenaardig, omdat de beweging van de elektronen in feite natuurlijk is beperkt tot een weliswaar langgerekte, maar toch zeker *driedimensionale* ruimte. Daarom onderzoeken we waarom het eendimensionale model toch goed voldoet.

We starten met een quantumdeeltje dat wordt opgesloten in een driedimensionale kubus met ribben L , zie figuur 4. Rekening houdend met drie dimensies kan de kinetische energie van een deeltje geschreven worden als:

$$E = (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2) h^2 / 8mL^2$$

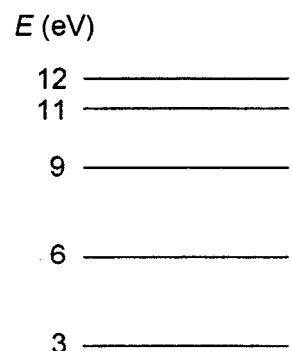
Voor het gemak wordt verder aangenomen dat de factor $h^2 / 8mL^2$ een waarde heeft van 1,00 eV. De energieniveaus kunnen nu gevonden worden door verschillende waarden voor n_x , n_y en n_z in te vullen. In figuur 5 zijn de vijf laagste (verschillende) energieniveaus voor dit systeem getekend.



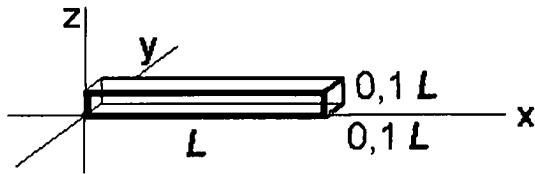
Figuur 4

3p 6 Laat zien met welke waarden van n_x , n_y en n_z de getekende energieën overeenkomen.

3p 7 Leg uit dat het spectrum dat hoort bij deze energieniveaus verschilt van het spectrum van een deeltje in een eendimensionale doos.



Figuur 5



Figuur 6

Een langgerekte doos heeft energieniveaus die duidelijk verschillen van die van een kubus. De doos die nu beschouwd wordt heeft in de x -richting nog steeds dezelfde lengte L , maar in de y - en de z -richting een lengte van $0,100 L$, zie figuur 6. De energie van een deeltje in deze doos wordt nu gegeven door:

$$E = (n_x^2 + 100 n_y^2 + 100 n_z^2) h^2 / 8mL^2$$

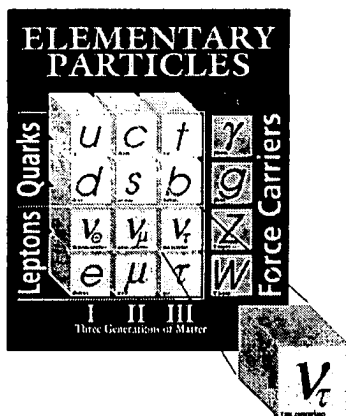
3p **8** Leid deze formule af.

3p **9** Bereken voor dit systeem de energieën van de vijf laagste (verschillende) energieniveaus.

Het model van een quantumdeeltje in een ééndimensionale doos geeft goede voorspellingen voor het berekenen van een deel van het spectrum van sommige langgerekte moleculen.

3p **10** Bereken bij welke minimale frequentie er voor het eerst verschillen optreden.

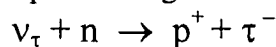
Opgave 3 De ontdekking van het tau-neutrino



Figuur 7

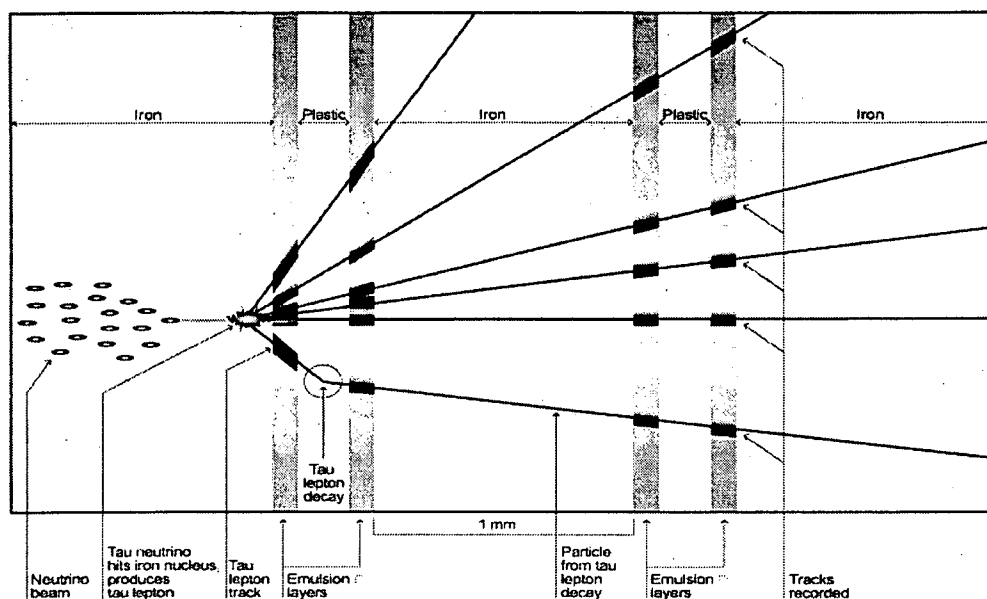
Volgens het standaardmodel van elementaire deeltjes bestaan er drie soorten elektronachtige deeltjes: het elektron e , het muon μ en het tauon τ , zie figuur 7. Belangrijke overeenkomsten tussen deze deeltjes zijn dat ze dezelfde lading hebben en dat ze alledrie een bijpassend neutrino hebben. Het 'gewone' neutrino ν_e hoort bij het elektron. Behalve dit elektron-neutrino bestaan er dus ook het muon-neutrino ν_μ en het tau-neutrino ν_τ .

In juli 2000 werd het tau-neutrino voor het eerst waargenomen. Daarbij maakte men gebruik van het feit dat een neutrino bij de botsing met een atoomkern een kernreactie kan veroorzaken. Hierbij wordt een neutron omgezet in een proton volgens de reactie:



3p **11** Leid uit de bovenstaande reactievergelijking een soortgelijke vergelijking af voor het waarnemen van een *anti*- τ -neutrino ($\bar{\nu}_\tau$) bij een botsing met een atoomkern. Geef hierbij aan welke symmetrieën je gebruikt.

Detecting a Tau Neutrino

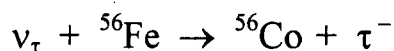


Of one million million tau neutrinos crossing the DONUT detector, scientists expect about one to interact with an iron nucleus.

Figuur 8

De reactie waarbij het ν_τ werd waargenomen, vond plaats door een bundel bestaande uit de drie typen neutrino's op een groot blok ijzer te laten vallen, zie figuur 8. Het τ -neutrino werd herkend door het waarnemen van het tauon dat bij de reactie met de ijzerkern werd gevormd, en waarbij een ijzerkern werd omgezet in een cobaltkern.

De reactievergelijking luidt:



- 4p 12 Bereken hoeveel kinetische energie het τ -neutrino minimaal nodig heeft om deze reactie te laten plaatsvinden.

Cruciaal in dit experiment is de mogelijkheid om geproduceerde tauonen en anti-tauonen te herkennen. Dit moet gebeuren aan de hand van de vervalproducten, met behulp van behoudsprincipes. In de tabel worden enkele reacties gegeven die wel mogelijk zijn en enkele die niet mogelijk zijn.

A:	<i>Wel mogelijk</i>	B:	<i>Niet mogelijk</i>
	$\tau^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\tau$		$\tau^- \rightarrow 2e^- + e^+$
	$\tau^+ \rightarrow \pi^+ + \bar{\nu}_\tau$		$\tau^- \rightarrow \pi^0 + \pi^-$
	$\tau^- \rightarrow \pi^0 + \pi^- + \nu_\tau$		$\tau^- \rightarrow e^- + \gamma$
	$\tau^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu + \bar{\nu}_\tau$		$\tau^- \rightarrow e^+ + 2\pi^-$

- 3p 13 Stel zelf een behoudswet op waaraan de reacties uit tabel **A** wel voldoen, maar die uit tabel **B** niet.

Einde

Techniek in de bètaprofielen? Technisch ontwerpen in de tweede fase

C. de Beurs

AMSTEL Instituut, UvA
Projectleider Techniek 15+



Inleiding

Techniek 15+ is een landelijk project waarin verschillende instituten en een groot aantal technische vervolgopleidingen samenwerken.¹

Hoofddoel van dit samenwerkingsproject is de inbedding van ontwerponderwijs in de tweede fase havo/vwo. We willen havo/vwo-leerlingen hiermee motiveren voor techniek en voor technische vervolgopleidingen/beroepen. In de bètaprofielen vormen de 'techniekkiezers' nog steeds verreweg de grootste groep uitstromers naar bètastudies. Dit is een van de redenen waarom we leerlingen in het voorbereidend onderwijs actief willen laten kennismaken met de wereld van techniek en technische beroepen. Een tweede reden is dat er ondanks de relatief hoge uitstroom nog steeds een groeiend tekort is aan ingenieurs. Een derde reden is de bijdrage die ontwerponderwijs kan leveren aan de ontwikkeling van belangrijke competenties voor het functioneren in een op technologie georiënteerde samenleving.

Om dit doel te bereiken ontplooit Techniek 15+ verschillende activiteiten:

- Ontwikkeling van ontwerpmodulen voor gebruik in de vakken Algemene Natuurwetenschappen, Biologie, Natuurkunde en Scheikunde, aansluitend bij de door de SLO ontwikkelde leerlijn.
- Loopbaanoriëntatie (LOB), gekoppeld aan de ontwerpactiviteiten in de klas.

¹ Het AMSTEL Instituut (UvA) en de SLO in samenwerking met technische vervolgopleidingen: Fontys Hogeschool, Haagse Hogeschool, Hanzehogeschool, Hogeschool van Enschede, Hogeschool Rotterdam, Rijks Universiteit Groningen, Technische Universiteit Eindhoven, Technische Universiteit Delft en de Universiteit Twente.

- Deskundigheidsbevordering van de docenten van de betrokken vakken door het ontwikkelen en aanbieden van regionale nascholing.
- Vorming van een landelijk netwerk van regionale samenwerkingsverbanden tussen vo-scholen, vervolgopleidingen en bedrijfsleven ter ondersteuning en stimulering van de techniekactiviteiten op de scholen.

Vanaf 1998 is door Techniek 15+ gewerkt aan de ontwikkeling van ontwerpmodulen voor gebruik in de vakken Biologie, Natuurkunde en Scheikunde. Daarnaast is een voorlopige Techniek 15+ internetsite² gemaakt voor ondersteuning van leerlingen en docenten bij ontwerpactiviteiten. Het lesmateriaal van Techniek 15+ is verkrijgbaar via de ledenservice³ van de NVON (Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in Natuurwetenschappen).

Onderzoeken versus technisch ontwerpen

Binnen de BINAS-vakken kunnen leerlingen bij het profielwerkstuk kiezen voor een *onderzoekopdracht* of een *ontwerpopdracht*. Ook bij ANW is er aandacht voor onderzoeken en ontwerpen.

Onderzoek is het werkterrein van natuurwetenschappers en ontwerpen van ingenieurs.

Via onderzoeks- en ontwerpactiviteiten maken leerlingen kennis met de voor deze beroepsgroepen kenmerkende werkwijzen en probleembenaderingen. Hierbij wordt een beroep gedaan op verschillende vaardigheden. We bespreken hierna de belangrijkste verschillen en de mogelijke betekenis daarvan voor de ontwerpdidactiek.

² Voorlopig internetadres:

<http://amstel.wins.uva.nl/~dcslob/15plus/>

³ Bestellen/Inlichtingen: Mw. J.A. Huysmans-Janssen, Molenstraat 31, 4841 CA Prinsebeek, tel. (076) 5413522.

Waarin verschilt ontwerpen van onderzoeken? Om te beginnen kunnen we stellen dat natuurwetenschap en techniek een verschillende oriëntatie hebben. Simpel geformuleerd hebben de natuurwetenschappen tot doel de fysische wereld om ons heen te *begrijpen* en heeft de techniek tot doel deze wereld te *veranderen*. Hiermee samenhangend kunnen we opmerken dat de opbrengst van natuurwetenschappelijk onderzoek *kennis* is, terwijl de opbrengst van technische ontwerpactiviteiten een *product* is.

Een belangrijke kwaliteitseis voor de uitkomsten van natuurwetenschappelijk onderzoek is 'correspondentie met de feiten'. Een goede theorie moet verschijnselen betrouwbaar voorspellen!

Wat bepaalt de kwaliteit van een technisch ontwerp? Uitgangspunt voor technische productontwikkeling is altijd een geconstateerde - of op z'n minst vermeende - behoefte. Analoog zou je daarom kunnen zeggen dat een kwaliteitseis voor een ontwerp de 'correspondentie met een opdrachtgever of een probleemhebber' is. Waar we bij onderzoek te maken hebben met objectieve kwaliteitseisen, wordt de kwaliteit van een technisch product dus afgemeten aan waardeoordelen van de doelgroep.

Voor leerlingen weerspiegelen deze verschillen in gerichtheid ook *verschillen in motivatie*. Onderzoekers worden veelal gemotiveerd door nieuwsgierigheid, het werken met generalisaties en de wens een fundamenteel begrip te verwerven van de wereld om hen heen. Ontwerpers laten zich motiveren door doen, het plezier van dingen creëren en de wens om praktische oplossingen uit te werken voor concrete (menselijke) problemen.

Hiermee samenhangend is het interessant om eens te kijken naar de aard van probleemoplossing in beide domeinen. Ter illustratie hebben we in figuur 1 de processen gefaseerd weergegeven.⁴ Hoewel deze afbeelding anders suggereert zijn de verschillen aanzienlijk, vooral in de eerste drie fasen:

- Een ontwerpprobleem start met een *oriëntatie op mensen*: een mismatch tussen de bestaande wereld en de behoeften van een doelgroep of opdrachtgever. Bij probleemanalyse gaat het erom een zo goed mogelijk beeld te krijgen van deze behoeften en de tekortkomingen van beschikbare oplossingen.

Een onderzoeksprobleem start veelal met een *oriëntatie op een verschijnsel*: een mismatch tussen de theorie en de waargenomen feiten. De probleem-analyse concentreert zich op de bestudering van het verschijnsel en het activeren van beschikbare theorie ter verklaring van de waarnemingen.

⁴ De diagrammen worden hier slechts gebruikt als 'kapstok' voor de bespreking van de belangrijkste verschillen. Ze geven geen 'blauwdruk' voor het probleemoplossingproces in deze domeinen (het werkelijke verloop is bijvoorbeeld eerder cyclisch dan lineair).

- In de fase van probleemdefinitie proberen we de probleemstelling zo helder mogelijk af te bakken. Bij een ontwerpprobleem moeten toetsbare ontwerp-eisen worden geformuleerd. Bij een onderzoeksprobleem trachten we de onderzoeksvraag zo scherp mogelijk te definiëren.

Een kenmerkend verschil met onderzoek is dat ontwerpproblemen meestal vaag gedefinieerd zijn. Opdrachtgevers of probleemhebbers hebben incomplete beelden van aanvaardbare oplossingen, en ontwerp-eisen kunnen ontleend worden aan verschillende fasen van de levenscyclus van een product (de Beurs e.a., 1998; Huijs & Frederik, 2000). Een gevolg is dat doelcriteria niet alleen vaag gedefinieerd, maar soms zelfs tegenstrijdig zijn (Middleton, 2000). Een hiermee samenhangend kenmerk van technische probleemoplossing is dat er meerdere aanvaardbare oplossingen zijn. Bij natuurwetenschappelijk onderzoek gaan we ervan uit dat er slechts één juiste oplossing is.

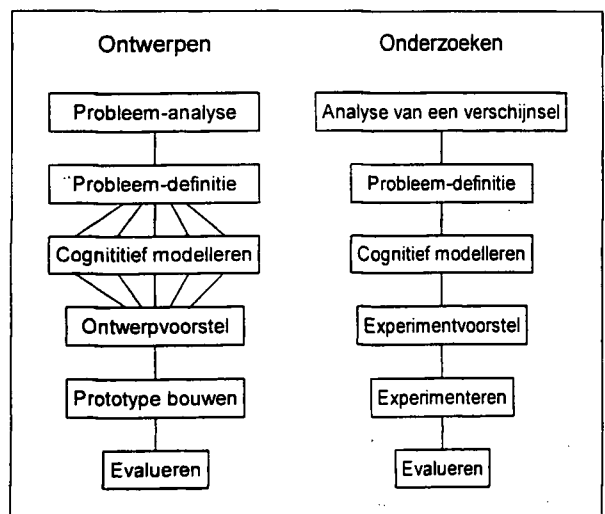


Fig. 1

- Na de definitie van het probleem start een creatief proces van zoeken naar mogelijke oplossingen. We duiden deze fase aan met de term 'cognitief modelleren'. Dit proces speelt zich voor een belangrijk deel af in het domein van de geest en maakt gebruik van beschikbare kennis en ervaring. De kennisbasis bij onderzoek is voornamelijk disciplinair (natuurwetenschappen) en bij ontwerp in hoge mate multidisciplinair van aard (bijvoorbeeld natuurwetenschappen, techniek, psychologie, ergonomie en economie).

Bij *onderzoek* formuleren we bijvoorbeeld hypothesen en gebruiken we bestaande (school)theorie om modellen af te leiden, waarmee we de waargenomen feiten kunnen verklaren. Theoretische modellen worden gebruikt om uitkomsten te voorspellen voor experimentele verificatie of falsificatie.

Bij *ontwerp* is de speurtocht naar mogelijke oplossingen complex. Waar het onderzoek zich baseert op een bestaande theorie en een bestaande en observeerbare wereld, richt het ontwerp zich op een (nog) niet bestaande en niet direct observeerbare wereld

(Roozenburg & Eekels, 1996). In feite zijn er vele werelden mogelijk en weten we nooit zeker welke oplossing het beste correspondeert met de behoeften. We moeten betrouwbare voorspellingen doen over het toekomstig 'gedrag' van te ontwerpen producten en we weten nooit zeker of we niet een betere oplossing over het hoofd zien.

In de volgende fasen (zie figuur 1) lijken de verschillen in probleembenadering minder groot. In deze fasen gaat het vooral om 'verticale' activiteiten als planning, constructie en het testen van ideeën.

Gevolgen voor ontwerpdidactiek?

Gebaseerd op bovenstaande analyse zouden we bij ontwerponderwijs vooral accenten moeten leggen bij de eerste fasen van het ontwerpproces. Hier vinden we immers de grootste verschillen met natuurwetenschappelijk onderzoek.

In de fase van de probleemanalyse moeten leerlingen in de gelegenheid worden gesteld zich te identificeren met de ontwerpopdracht en antwoorden te vinden op vragen als 'wat is het probleem?', 'wie heeft het probleem?' en 'wat willen we met een mogelijke oplossing bereiken?'.

Aandacht hiervoor weerspiegelt niet alleen de professionele ontwerppraktijk, maar leidt ook tot kwalitatief betere ontwerpen. Bovendien werkt identificatie met het probleem motivatieverhogend. Het ontdekt de techniek van het 'Willy Wortel'-imago en zet technische probleemoplossing neer als *mensgerichte activiteit*. Het is een oriëntatie die ook meisjes aanspreekt!

In de fase van cognitief modelleren moeten leerlingen gestimuleerd worden meerdere oplossingen te bedenken voor het ontwerpprobleem.

Het vinden van veelbelovende oplossingen vereist 'divergent denken'. Soms wordt dat ook wel creativiteit genoemd. Bij technisch ontwerpen gaat het evenwel om een vorm van creativiteit die zowel *originele* als *toepasbare* uitkomsten oplevert. Het criterium van toepasbaarheid (of bruikbaarheid) is hier van belang. Creatief denken wordt daarom in de literatuur vaak opgevat als een synthese tussen divergent en verticaal denken (Barak & Doppelt, 1999). Divergent denken speelt een centrale rol in de eerste fasen van het ontwerpproces, als de aandacht is gericht op de rijkdom aan ideeën en het zoeken van originele oplossingen voor ontwerpproblemen. Verticaal denken vindt plaats bij het testen van ideeën, het kiezen van optimale oplossingen, planning en het bouwen van prototypen. *Het bevorderen van creatief denken wordt wel gezien als een van de belangrijkste uitdagingen van het moderne techniekonderwijs.*

Een interessante vraag is hoe creativiteit gestimuleerd kan worden. Onderzoek hiernaar staat nog in de kinderschoenen.

Creativiteit in het ontwerpproces heeft te maken met iets nieuws bedenken dat zowel waardevol als toepasbaar is en dus voldoet aan de behoeften van de

doelgroep. In het stadium van het genereren van ideeën moet je je dan zo goed mogelijk los kunnen maken van de 'gevangenis van het bestaande' en met een open geest de problemen benaderen. Hiervoor zijn in de praktijk verschillende strategieën beschikbaar (De Bono, 1986). Daarnaast blijft het belangrijk dat we in staat zijn de gegenereerde ideeën 'in gedachten' te beoordelen op bruikbaarheid voor de beoogde doelgroep. Pereira suggereert daarom dat originaliteit eerder haar oorsprong vindt in de wijze waarop we problemen kunnen herkennen en gevolgen kunnen voorspellen, dan in de manier waarop we oplossingen kunnen genereren. De eerste klaservaringen met de ontwerpmodulen van Techniek 15+ lijken dat min of meer te bevestigen.

Binnen het project Techniek 15+ gebruiken we functieanalyse en de ideeëntabel voor het genereren van ideeën (de Beurs e.a., 1998; Huijs & Frederik, 2000). Hierbij worden voor een te ontwerpen systeem meerdere systeemfuncties onderkend en bij elke functie alternatieve uitwerkingen bedacht. In een tabel uitgezet vormen de functies en bijbehorende uitwerkingen dan een matrix van mogelijke oplossingen. Dit soort hulpmiddelen zijn in principe bruikbaar op voorwaarde dat leerlingen daar open voor staan ... en daar wringt dan ook de schoen!

In de praktijk blijkt de neiging groot om het eerste de beste ogenschijnlijk bruikbare idee gelijk maar uit te werken. Dat geeft tenminste de zekerheid dat een mogelijke oplossing binnen de beschikbare tijd kan worden uitgewerkt en bovendien is het resultaat vaak achteraf nog wel naar het programma van eisen toe te praten. Leerlingen zijn daar heel inventief in. Ideeëntabellen worden ingevuld omdat de docent dat wil en niet als hulpmiddel om tot betere ontwerpen te komen.

Eén van de oorzaken ligt bij een zwakke probleemanalyse en de afwezigheid van een echte probleemhebbert. Hoe vager het probleem gedefinieerd is, hoe gemakkelijker er gesjoemeld kan worden. Als je de wensen van de probleemhebbert of opdrachtgever zelf kunt verzinnen, kun je er in de praktijk immers alle kanten mee op.

De echte ontwerppraktijk is anders. Hier is er een directe communicatie tussen de opdrachtgever/probleemhebbert en de opdrachtnemer/ontwerper. Een programma van eisen wordt in overleg met de opdrachtgever gedefinieerd en ook tijdens de 'rit' wordt er regelmatig teruggekoppeld. Doel van dit proces is immers een product op te leveren waar de klant tevreden mee is.

In de klassensituatie zou iets dergelijks ingebouwd kunnen worden door tijdens het ontwerpproces gebruik te maken van een *bevraagbare probleemhebbert*. Als een echte niet voorhanden is zou bijvoorbeeld een TOA deze rol op zich kunnen nemen. Een andere mogelijkheid is een probleemhebbert op Internet. Binnen Techniek 15+ wordt met deze werkvorm geëxperimenteerd.

In dit rollenspel is het belangrijk dat de 'probleemhebber' vooraf goed geïnstrueerd is. In de fase van de probleemdefinitie zoeken leerlingen contact bij het opstellen van een programma van eisen. De fictieve probleemhebber laat niet direct het achterste van zijn tong zien. Onderdeel van het 'spel' is dat leerlingen de eisen die vanuit de gebruiker aan het eindproduct gesteld worden zo goed mogelijk boven tafel krijgen. Het is verstandig ze toetsbaar te formuleren, zodat er later ook op afgerekend kan worden.

In de ideeënfase speelt de probleemhebber een belangrijke rol bij de toetsing van aangeboden alternatieven. Hiermee ontstaat een natuurlijke prikkel voor leerlingen om te blijven zoeken naar nieuwe ideeën. Divergent denken wordt bevorderd en ook de bereidheid om werkelijk gebruik te maken van beschikbare hulpmiddelen als een ideeëntabel.

In de evaluatiefase kan de probleemhebber een rol spelen bij de kwaliteitsbeoordeling van het resultaat.

Dit jaar zullen we binnen scholennetwerken van Techniek 15+ experimenteren met deze werkvorm. Hoewel we een aantal praktische problemen voorzien, lijkt het ons een uitdaging de mogelijkheden in de lespraktijk nader te onderzoeken.

Regionale netwerken

Klaservaringen met het reeds door Techniek 15+ ontwikkelde materiaal wijzen uit dat leerlingen gemakkelijk te motiveren zijn voor ontwerpactiviteiten (de Beurs e.a., 1998). Docenten blijken grote behoefte te hebben aan ondersteuning bij de voorbereiding en uitvoering van ontwerplessen in de klas.

Daarom heeft de projectgroep Techniek 15+ op vier plaatsen in het land regionale samenwerkingsverbanden opgezet. In een regio wordt samengewerkt door scholen, vervolgopleidingen en het regionale bedrijfsleven:

- Docenten krijgen ondersteuning via netwerk- en nascholingsbijeenkomsten op de vervolgopleidingen.
- Leerlingen gebruiken internet bij (technische) vragen over ontwerp opdrachten. Daartoe zijn inhoudsdeskundigen 'standby' op vervolgopleidingen. Ze kunnen ook hun werkstukken op internet etaleren en daar via internet met leerlingen van andere scholen over communiceren.
- Aanvullend op de ontwerplessen worden voor leerlingen ook activiteiten georganiseerd in het kader van loopbaanoriëntatie.
- In sommige gevallen worden studenten techniek ingezet als adviseur/begeleider van groepjes leerlingen bij technische ontwerp opdrachten.
- Vervolgopleidingen stellen werkplaatsen (profielwerkstuk) beschikbaar om het voorzieningsprobleem te kunnen oplossen. Soms worden scholen direct geholpen met practicummaterialen (uitleen).

Samen met docenten van scholen wordt regionaal lesmateriaal ontwikkeld voor gemeenschappelijk gebruik in alle regio's. Vertrekpunt daarbij is de door de SLO ontwikkelde leerlijn voor technisch ontwerpen in de tweede fase. SLO-medewerkers begeleiden de auteursteams bij de ontwikkeling van lesmateriaal en docentenhandleidingen.

In de toekomst wil Techniek 15+ toewerken naar een fijnmaziger landelijk netwerk van regionale samenwerkingsverbanden. Dit betekent dat zowel gestreefd wordt naar een uitbreiding van het aantal bij bestaande regio's betrokken netwerkscholen als naar de oprichting van nieuwe regio's. Er zijn voorlopig vier regio's gevormd waarbinnen hogescholen en universiteiten in overleg met havo/vwo-scholen en het bedrijfsleven een regionaal ondersteuningsaanbod uitwerken.

Regio	Samenwerkende Instituten
West	Haagse Hogeschool Hogeschool Rotterdam Technische Universiteit Delft
Zuid	Fontys Hogeschool Technische Universiteit Eindhoven
Oost	Universiteit Twente Hogeschool Enschede
Noord	Rijks Universiteit Groningen Hanze Hogeschool

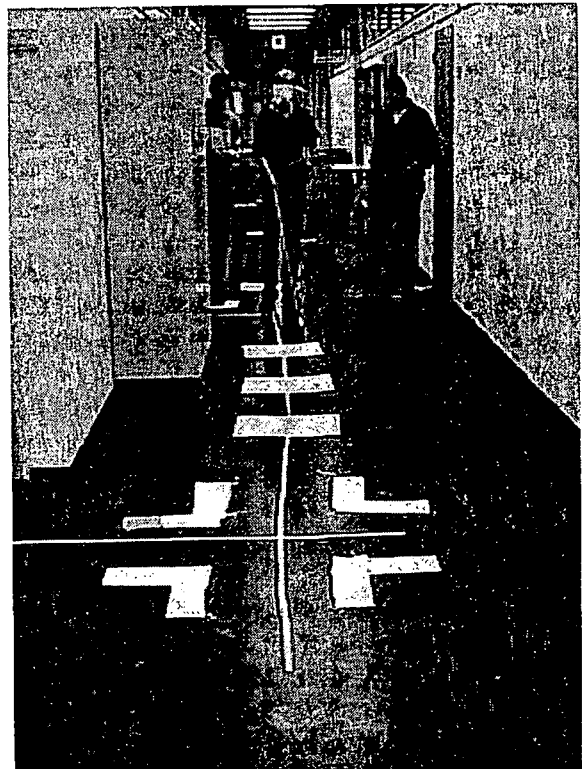
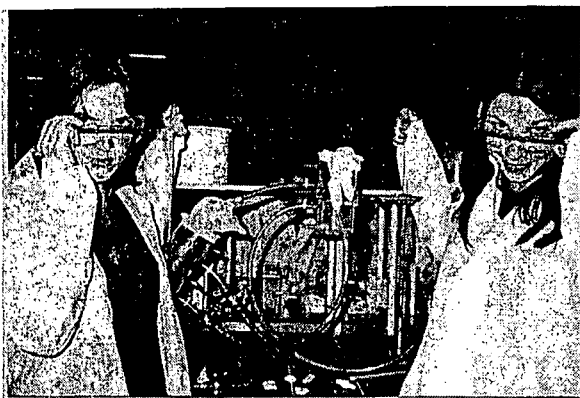
Als u wilt meedoen in een van deze netwerken of behoefte heeft aan nadere informatie over de activiteiten van Techniek 15+, kunt u zich wenden tot één van de in de bijlage genoemde contactpersonen.

Literatuur

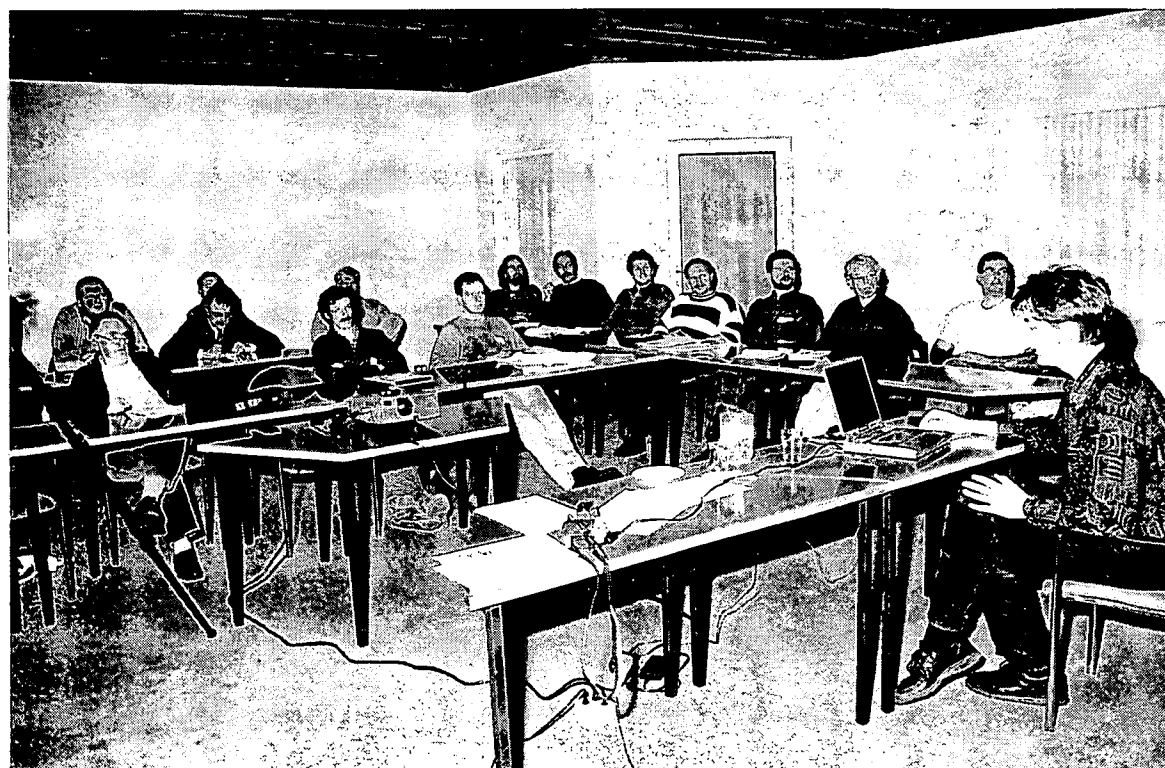
- Middleton, H. (2000), Design and Technology: What is the problem? In Richard Kimbell (ed), (pp. 12-17). DATA 2000. Warwickshire: Design and Technology Association.
- Roozenburg, N.F.M. en J. Eekels (1996), *Productontwerpen, structuur en methoden* (blz. 101 e.v.). Utrecht: Lemma.
- Barak, M. en Y. Doppelt (1999), Promoting Creative Thinking within Technology Education. In Proceedings of the International Working Seminar of Scholars for Technology Education, Washington DC (pp. 183-187), Braunschweig Ames.
- De Bono, E. (1986), *The CoRT Thinking program* (2nd Edition). Oxford: Pergamon Press.
- Pereira, L.Q, Divergent thinking and the design process.
- De Beurs e.a. (1998), Technisch ontwerpen in de tweede fase. *NVOX 23* (6).
- Huijs, H. en I. Frederik (2000), Technisch ontwerpen: klein beginnen. *NVOX 25* (10).
- De Beurs, C., A. van Osch en P. Over (1998), Automatische Systemen, Technisch ontwerpen bij Natuurkunde. *NVOX 23* (9).

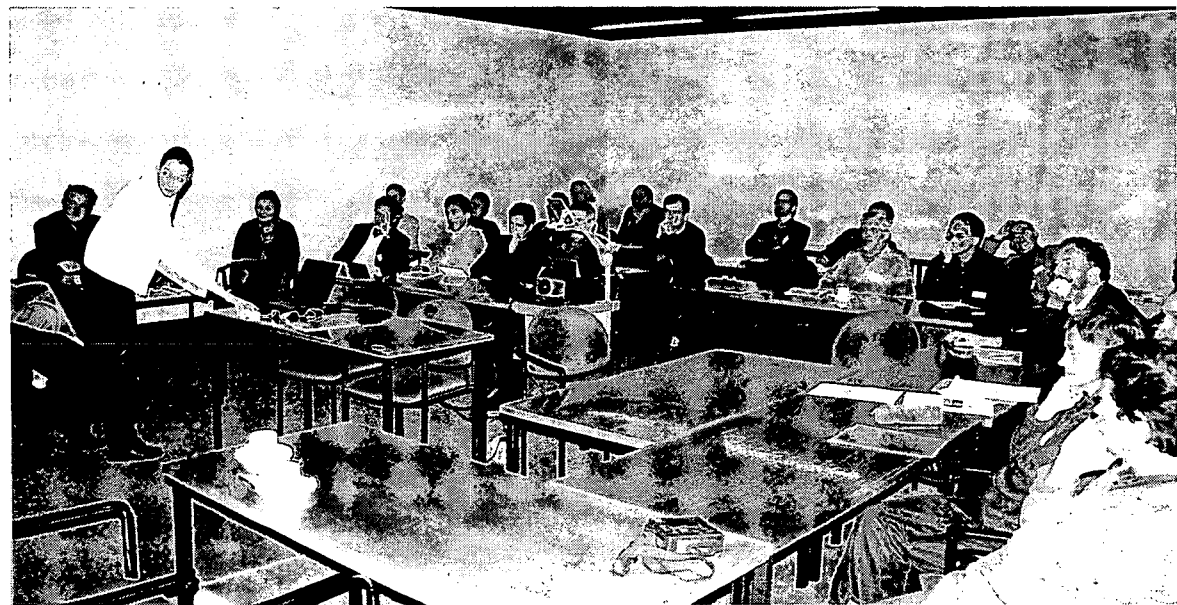
Inlichtingen over Techniek 15+

<p>Interregionaal Ir. C. de Beurs Universiteit van Amsterdam AMSTEL Instituut Kruislaan 404 1098 SM Amsterdam Tel: 020-5255964 Fax: 020-5255866 E-mail: debeurs@wins.uva.nl http://amstel.wins.uva.nl/~dcslob/15plus/ (voorlopig)</p>	<p>Interregionaal lesmateriaalontwikkeling Drs. H.A.M. Huijs SLO Postbus 2041 7500 CA Enschede tel: 053-4840553 fax: 053-4307692 E-mail: h.huijs@slo.nl http://www.slo.nl/~ontwerpen/leerplan.html http://www.slo.nl/~ontwerpen/</p>
<p>Regio West Drs. J.H. Koole Hogeschool Rotterdam & Omstreken. Dienst BBD Postbus 25035 3001 HA Rotterdam Tel: 010-2414568 Fax: 010-2414360 E-mail: j.h.koole@hro.nl</p>	<p>Regio Zuid Ir. P.K.J. van Aarle Technische Universiteit Eindhoven OSC Postbus 513 5600 MB Eindhoven Tel: 040-2473449/2772 Fax: 040-2468268 P.K.J.v.Aarle@tue.nl</p>
<p>Regio Noord Drs. A. van Arragon Rijks Universiteit Groningen Dienst onderwijs, onderzoek en planning Bureau RUG Postbus 72 9700 AB Groningen Tel: 050-3636643 E-mail: a.van.arragon@bureau.rug.nl</p>	<p>Regio Oost Dr. C. Terlouw Universiteit Twente Onderwijskundig Centrum Postbus 217 7500 AE Enschede Tel: 053-4892047 Fax: 053-4893183 E-mail: c.terlouw@oc.utwente.nl</p>



Werkgroepen





Uitgewerkte vraagstukken, op internet en in OPUCE- formaat

Werkgroep 1

I. de Bruijn

Universiteit Twente, lerarenopleiding

Inleiding

Het verstrekken van vraagstuk-uitwerkingen is al enige tijd gebruikelijk. Bij de komst van de vernieuwde Tweede Fase heeft het een extra noodzaak gekregen: leerlingen moeten kunnen nagaan of de oplossing van een vraagstuk, dat ze zelf gemaakt hebben, juist is. De oplossing wordt verstrekt via op school aanwezige 'mappen' of via uitwerkingenboekjes, die met de gebruikte methode meegeleverd worden. In het eerste geval heeft de docent nog enig zicht op het gebruik van de uitwerkingen, in het tweede geval niet. Overigens geven leerlingen in enquêtes steeds aan dat zij de uitwerkingen bewust gebruiken, dus zelden of nooit snel ernaar grijpen als ze het vraagstuk niet kunnen of als ze geen zin hebben het zelf op te lossen.

De vorm van de uitwerking

Over de vorm waarin de uitwerking kan worden gegoten het volgende.

Door docenten of door auteursteams gemaakte uitwerkingen zijn meestal kort. Het bestaat veelal uit een enkele tekening en de noodzakelijke berekeningen, maar weinig redenering. Wij hebben geëxperimenteerd met allerlei uitwerkingen, eerst in schriftelijke vorm, daarna op de computer en recentelijk via internet. De versies met de computer zijn veel uitgebreider en bevatten meestal zowel een lange als een samengevatte vorm. Verder worden vragen toegepast, waarmee de uitwerking meer interactief wordt gemaakt en de leerling minder kans heeft de informatie klakkeloos over te nemen. Uit evaluaties bleek dat dergelijke uitwerkingen door leerlingen positief worden gewaardeerd, hoewel een extra leereffect nog niet kon worden aangetoond. De vorm waarin de leerling goed kan nagaan hoe ver hij/zij is, waarbij dus de structuur en de stappen in de oplossing duidelij-



lijk naar voren komen, wordt het meest op prijs gesteld.

Wat je ervan leert: inhoud en systematiek

De bedoeling van vraagstukken maken is tweeledig: door het maken leren en verwerken de leerlingen de leerstof beter en verder leren ze hoe ze nieuwe problemen in het leerstofdomein het best kunnen aanpakken. In het verleden werd dat een *systematische* probleemaanpak genoemd, ook wel 'SPA' genoemd. Deze term heeft een wat nare bijmaak gekregen, onder andere omdat sommigen hiervan een karikatuur menen te moeten maken: de foute gedachte kan postvatten dat je dat systeem gewoon moet leren of, erger nog, dat dat 'erin geramd' moet worden. Dat komt misschien door het woord *systeem*. Het gaat er echter om dat leerlingen vertrouwen krijgen in het principe van leren-op-langere-termijn. Na het maken van vier vraagstukken over een onderwerp sta je sterker in je schoenen bij het vijfde vraagstuk, omdat je het systeem in de opgaven begint te zien. Je ontwikkelt, naast meer kennis over de leerstof, ook een analytisch vermogen voor vraagstukken binnen dit domein. Met een *strategische* probleemaanpak verhoog je de kans dat je dat vermogen ontwikkelt, en daarmee word je gewoon beter in een vak als natuurkunde. Maar dat vereist wel dat je een vraagstuk zelf probeert, de uitwerking uitgebreid doordent en je bezint op je eventuele dwaalwegen.

Helaas zijn er veel leerlingen - en ook veel ouders - die denken dat je vooral *veel* vraagstukken moet maken, omdat je dan bij de toetsing een grotere kans hebt dat je 'zoets al eens gezien hebt'. Wie daarin gelooft wil het vraagstuk snel af hebben en wil desnoods de oplossing wel overschrijven.

Wat moet je nu doen om aan die ongewenste leerstijl minder voeding te geven? In elk geval niet die korte uitwerking in stenografische stijl geven! Aan de op-

lossing moet je kunnen zien dat er een 'worsteling' met het probleem plaatsvindt. Een groot voordeel van uitwerkingen op de computer of internet is ongetwijfeld dat hiermee de strategische benadering beter kan worden overgebracht.

Een stappenplan in de uitwerking

Een andere manier om de strategische benadering te ondersteunen is het aanbieden van de uitwerking volgens een stappenplan. Dat spoort dan goed met een eventueel ander doel, namelijk om de leerlingen dat zelfde stappenplan ook te leren gebruiken. Zo'n stappenplan zou kunnen bestaan uit Oriëntatie, Planning, Uitvoering, Controle en Evaluatie – veel gebruikt wordt het acronym OPUCE. De belangrijkste fasen voor de strategie zijn Oriëntatie en Planning, hoewel Evaluatie ook niet kan worden gemist. Het uitvoeren van deze drie stappen zorgt er vooral voor, dat het analytisch vermogen wordt ontwikkeld.

De vraagstukken waarop dat in praktijk wordt gebracht, mogen voor leerlingen niet te gemakkelijk zijn: het moet een 'echt probleem' zijn. Daarom dient in een klassesituatie een reeks problemen beschikbaar te zijn van verschillende moeilijkheidsgraad. Slimmere leerlingen oefenen het oplossen met het stappenplan dus op een moeilijker vraagstuk, minder slimme leerlingen doen het op een wat eenvoudiger probleem. Het probleem dient in alle gevallen wel meer dan één denkstap te bevatten.

Voor een goed begrip is het nuttig om de fasen oriëntatie en planning goed te benoemen. Wij gebruiken de volgende aanduidingen:

Oriëntatie: een eigen beeld krijgen van het probleem

Planning: een weg zoeken om het probleem op te lossen.

De kunst is nu deze fasen in uitwerkingen ook zichtbaar te maken, zo mogelijk op een interactieve manier. De vraag aan de deelnemers van de werkgroep was dan ook: Formuleer een *vraag*, die sturend is voor de oriëntatiefase/planfase. Er werden enkele vraagstukken uit gebruikelijke leergangen verstrekt, naar aanleiding waarvan deze vraag kon worden geformuleerd.

Een 'gelukt' voorbeeld

Bij de methode *Newton* zijn inmiddels enkele vraagstukken van een uitwerking op internet voorzien. Het adres van de entree-pagina is:

<http://www.tn.utwente.nl/mech/vwo/index.htm>

(alleen met Internet Explorer 4.0 of hoger goed te bekijken). Met name het vraagstuk uit hoofdstuk 2 is volgens de voorgenomen opzet ingericht, aan de andere vraagstukken wordt nog gewerkt.

Activiteiten tijdens de werkgroep

In de werkgroep hebben de deelnemers, zoals gezegd, enkele oefeningen gedaan met het opstellen van uitwerkingen, of werkbladen, waarin met name de stappen oriëntatie en planning worden ondersteund. Het ging er met name om een vraag te bedenken voor die eerste twee stappen.

De ervaring was dat docenten nogal gefixeerd zijn op de natuurkundig/inhoudelijke aspecten van een oplossing. Zij vroegen zich vooral af welke formules van toepassing zijn en hoe je leerlingen aangeeft waar ze moeten beginnen. Dit levert hier en daar een geschikte vraag op voor de planfase. Bij het maken van een uitwerking moet je echter meer op het *proces* van de leerling zijn gericht. In de oriëntatiefase komt dan bijvoorbeeld een vraag in aanmerking over de opzet van de tekening, die je bij dit probleem gaat maken. Een andere oriënterende vraag zou kunnen gaan over de compleetheid van gegevens en of je alle gegevens kunt interpreteren. Bij de planfase vraag je bijvoorbeeld naar aspecten van het probleem, die de toepassing van een bepaalde formule suggereren.

Enkele resultaten van onderzoek

Met de uitwerkingen op internet en op stand-alone computers zijn een aantal onderzoeken uitgevoerd, zowel in het voortgezet onderwijs als in het eerste jaar van de universiteit. Onder meer werden de volgende resultaten gevonden:

- Studenten en leerlingen zeggen dat ze de 'strategie' met dit materiaal wel leren (VWO, Univ.)
- De zeer volledige uitwerking, en de gelegenheid deze rustig en in detail te kunnen bekijken, wordt door een aantal leerlingen zeer op prijs gesteld. Vrijwel steeds vinden we dat dit 30 à 40% van de groep betreft, en meisjes zijn in die groep oververtegenwoordigd (VWO)
- In situaties waar computerversies en geschreven uitwerkingen beide beschikbaar zijn, heeft ca. 30% een voorkeur voor de computerversie, omdat deze meer stimuleert tot actief bestuderen (VWO, Univ.)
- Er kan niet vastgesteld worden of degenen die deze uitwerkingen op prijs stellen betere of slechtere resultaten boeken op bijvoorbeeld proefwerken of tentamens. (VWO, Univ.)
- Een klein aantal leerlingen en studenten heeft in het algemeen een afkeer van computer-materialen, en wil deze uitwerkingen daarom ook niet gebruiken. Dit betreft minder dan 10% van de groep; maar zelfs bij een technische universitaire studierichting komen deze studenten voor.

Naar aanleiding van deze resultaten nemen we het standpunt in, dat computer-uitwerkingen voor een zekere groep nuttig zijn, ofwel aansluiten bij hun leerstijl. Om aan verschillen tussen leerlingen tegemoet te komen, kan dus het aanbieden van deze faciliteit een middel zijn. Het zou niet juist zijn dit als enig middel voor feedback op vraagstukken-maken te gebruiken.

De faciliteit is wel duur. Het maken van een volledige uitwerking kost een ervaren auteur, die optimaal gebruik maakt van voorgestructureerde sjablonen, tien tot vijftien uur. Het is daarom nauwelijks te verwachten dat uitgevers uitgewerkte vraagstukken op internet zullen ontwikkelen, mede gezien het feit dat dit dan niet te gelde is te maken.

Speelse opvang van een cultuurschok

Werkgroep 4

H. Biezeveld & L. Mathot

In onze werkgroep hebben we laten zien hoe we in onze lessen proeven en proefjes laten zien en doen, ondanks het feit dat daar in het Studiehuis veel minder tijd voor is dan vroeger.

Het is niet te doen hier aan alle (ruim 100) proeven aandacht te besteden. Bovendien staan de meeste op een of andere manier beschreven in *Scoop*. Mocht u vragen hebben over de manier waarop zo'n proef moet worden uitgevoerd, schrijf ons dan:

Hubert.biezeveld@planet.nl

l.mathot@wanadoo.nl.

Een paar voorbeelden van de proeven die we lieten zien.

- De spin die op geluid reageerde boven de ingang moest worden afgezet omdat hij bij iedere stoel die werd aangesleept naar beneden kwam.
- Een weekijzeren buisje zweefde mysterieus boven een ringmagneet (fig. 1 en 2). We kregen deze proef van een Tsjech op de conferentie Physics On Stage in Genève. Het (houten) stokje heeft alleen als functie het zijdelings wegschieten van het buisje te verhinderen. Als je het buisje omlaag duwt, gaat het toch weer omhoog (fig. 1); als je de opstelling op de kop houdt, valt het buisje niet. We komen hier binnenkort in het tijdschrift *periScoop* op terug.
- Van de Ieren leerden we hoe je een bijna leeg bierblikje onder 60 graden kunt laten balanceren.
- Een spectaculaire demonstratie van traagheid levert een zware roterende ketting op. Op de kop van een zware boormachine is een houten schijf met een achterwand bevestigd; om de schijf is vrij strak passend een ketting gelegd. Als de schijf op toeren is, wrik je met een stukje hout voorzichtig de ketting los die er daarna snel vandoor gaat. De proef lukt het best op een vloer die met tapijt bedekt is (fig. 3).

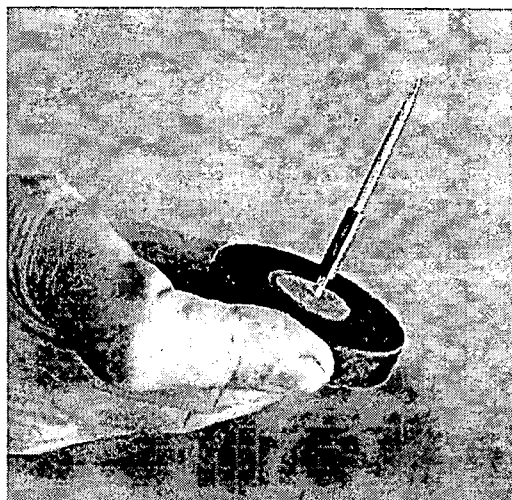


Fig. 1

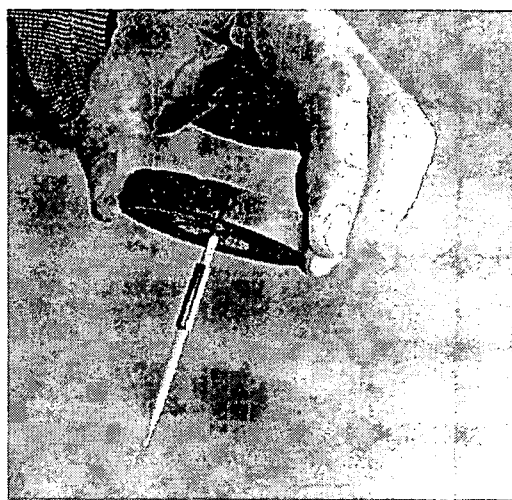


Fig. 2



Fig. 3

- Een geel balletje stuitte bijna volledig veerkrachtig, maar bleek volledig inelastisch te plakken toen het tegen de muur gegooid werd. Ook de regen van kogeltjes die lang geleden op het examen HAVO te zien waren, deed het nog best (fig. 4).

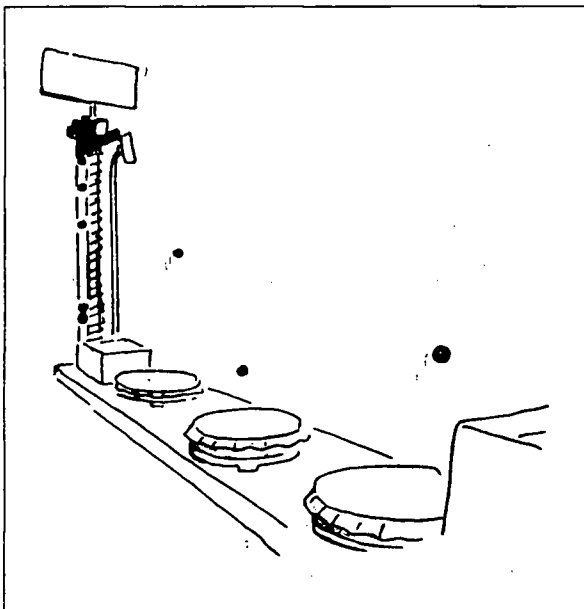


Fig. 4

- We lieten de nieuwste variant zien van de valsensor waarmee eindelijk bewezen kan worden dat g de waarde $9,8 \text{ m/s}^2$ heeft. Deze sensor staat beschreven in *periScoop 12* en hij wordt onder andere verkocht door CMA. Het resultaat van zo'n meting is hierbij afgedrukt (fig. 5 en 6).
- Een rommelpot onweerde vervaarlijk door dispersie in de veer en veranderde van toon als de bovenkant werd afgedekt. Een aluminium staaf van 76 cm piepte afgrijselijk met 3300 Hz toen hij met hars aan de vingers werd aangestreeken, vertoonde en passant

het dopplereffect en klonk een octaaf hoger toen hij op een kwart van zijn lengte werd vastgehouden (fig. 7).

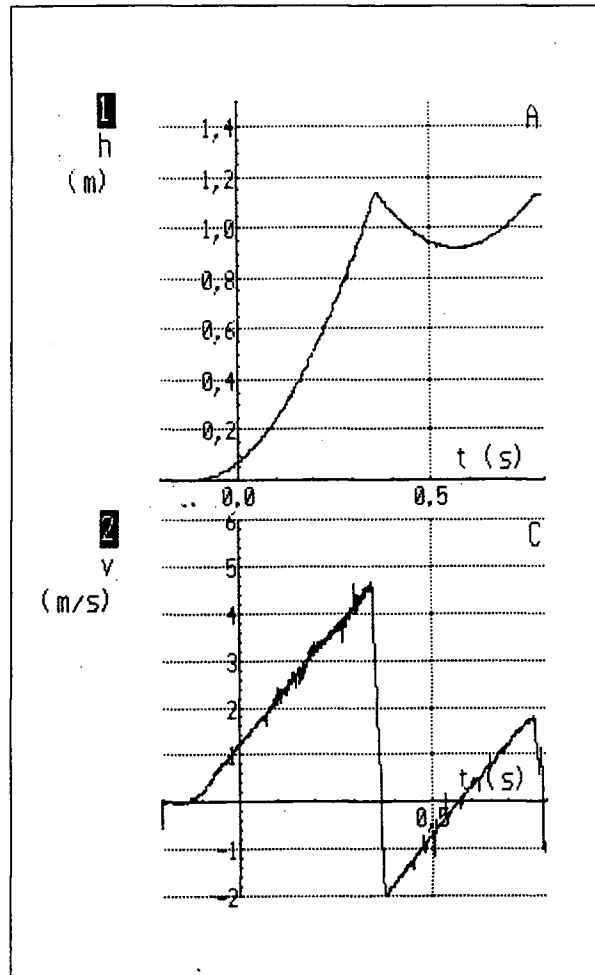


Fig. 5

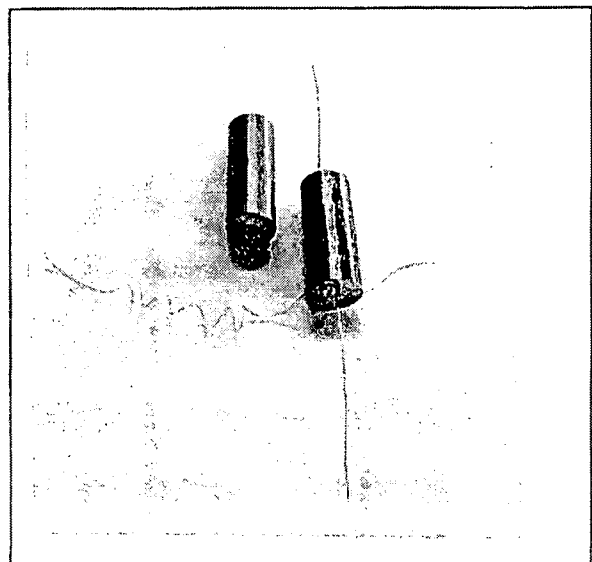


Fig. 6

- Het speelgoedtreintje hield tijdens het rijden een balletje in de lucht (fig. 8)

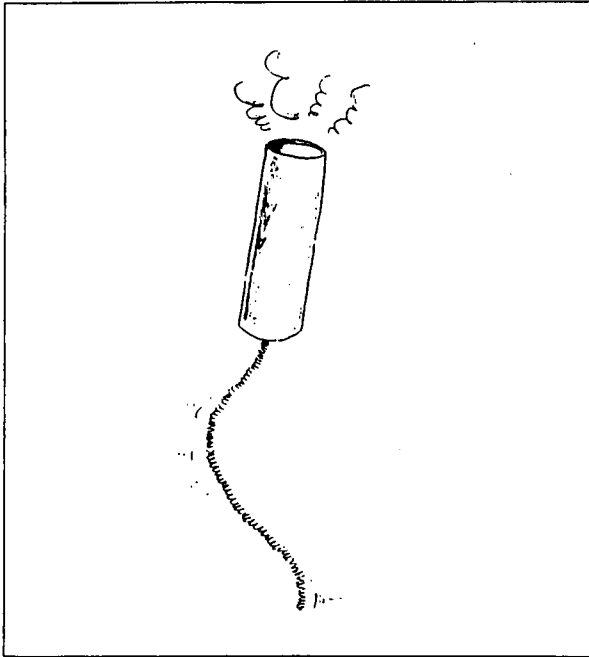


Fig. 7

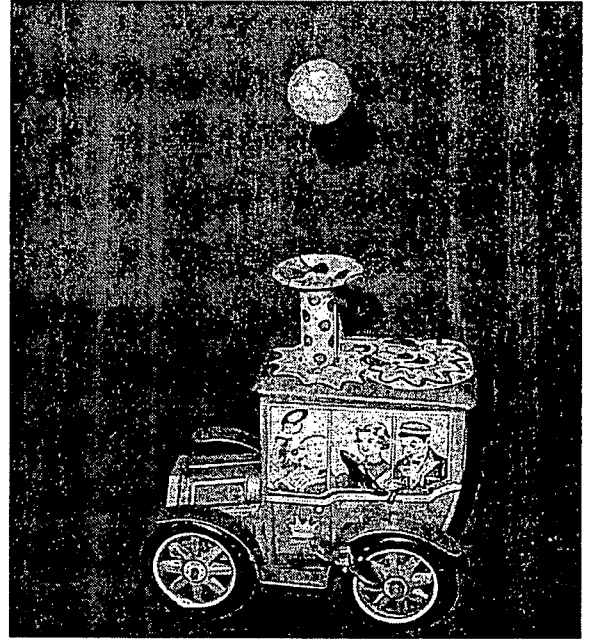
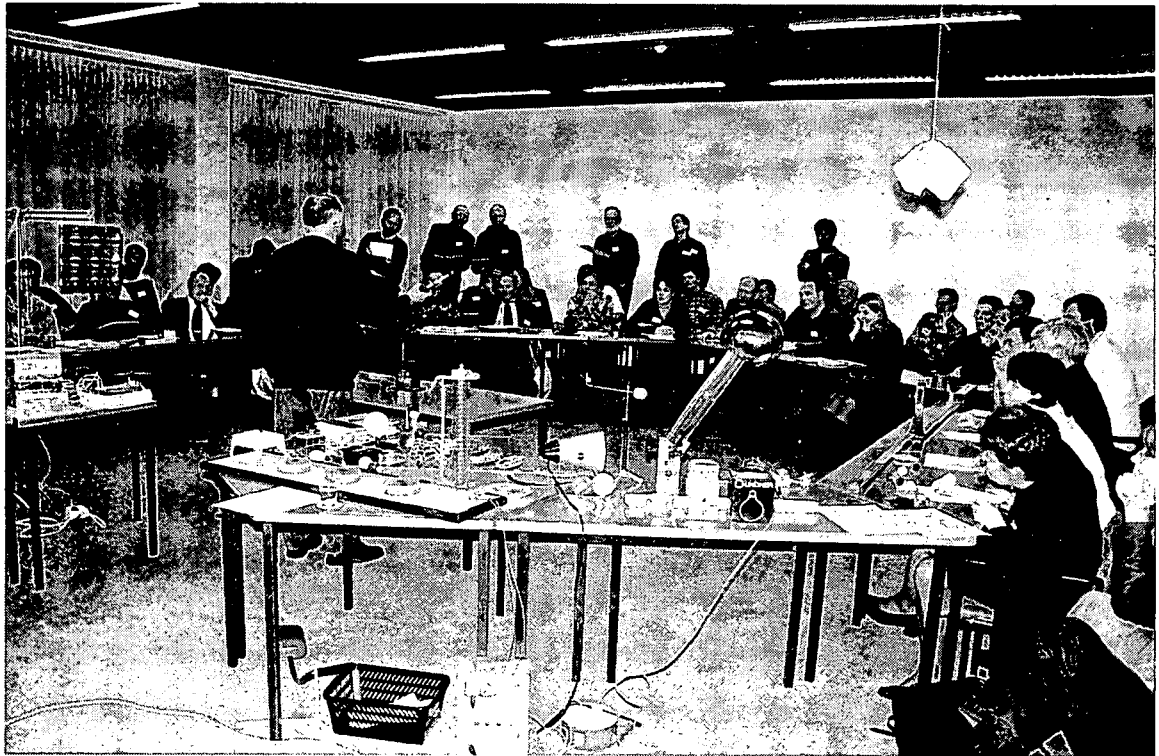


Fig. 8



Natuurwetenschappen + wiskunde + Coach → aantrekkelijke praktische opdracht

Werkgroep 5

A. Heck & A. Holleman

AMSTEL Instituut/Bonhoeffer College, Castricum

Inleiding

Elk schoolvak legt een eigen accent op de ICT-gereedschappen waarmee leerlingen zelfstandig hun werkzaamheden in het studiehuis kunnen uitvoeren. Voor de natuurwetenschappelijke vakken zijn dit ICT-gereedschappen om metingen te doen, gegevens te verwerken, computermodellen op te stellen en simulaties uit te voeren. Bij techniek gaat het om het combineren van meten van gegevens en aansturen van apparaten. Wiskunde heeft behoefte aan rekenfaciliteiten – exact, numeriek en grafisch – om gegevens mee te manipuleren of statistisch te verwerken, om te kunnen werken op de computer met wiskundige modellen en om simulaties uit te kunnen voeren. Voor alle vakken geldt dat Internet als onderwijsplek, informatiebron en communicatiemiddel voor leerling en docent zijn intrede doet.

Bij wiskunde-onderwijs is in Nederland de grafische rekenmachine ingevoerd. Ook worden enkele domein-specifieke pakketten zoals voor meetkunde, statistiek en dynamische systemen ingezet. Een visie op het gebruik van computeralgebra en andere wiskundige software is groeiende. Bij natuurkunde, scheikunde, biologie en techniek wordt op de meeste scholen Coach gebruikt bij practica. Deze leeromgeving biedt diverse wiskundige faciliteiten omdat experiment en waarneming meestal gepaard gaat met wiskundige presentatie en analyse van gegevens.

Met de invoering van de profielen Natuur & Gezondheid en Natuur & Techniek kan op het VWO aan de wenselijkheid om bèta-vakken inhoudelijk beter op elkaar af te stemmen gevolg gegeven worden. Deze samenhang zou je ook graag terug zien bij de hulpmiddelen voor leerlingen en docenten. De behoefte aan een gemeenschappelijke ICT-leeromgeving voor alle exacte vakken neemt toe, al is het alleen maar om een aanzienlijke tijdsbesparing te krijgen door het gebruik van dezelfde gebruiksinterface. Voor de hand liggend is dat de integratie met COACH wordt nagestreefd.



In de werkgroep komen drie problemen aan bod die door leerlingen in een praktische opdracht of profielwerkstuk met Coach onderzocht kunnen worden:

- Hoe hangt een ketting?
- Hoe groeit de gemiddelde Nederlandse jongen en meisje?
- Wat is de beste manier om een vrije worp bij basketbal te nemen?

Wiskunde en natuurwetenschappen worden in deze opdrachten niet als abstracte vakken ten toon gespreid, maar als vakken die ergens over gaan en vormgegeven zijn in uitdagende opdrachten.

Wij hopen dat deze voorbeelden u inspireren voor vakoverstijgende opdrachten waarin wiskunde en natuurwetenschappen hand in hand gaan.

Kettingen

Hoe hangt een ketting? – Overall kom je wel hangende kettingen, touwen en kabels tegen, bijvoorbeeld halskettingen, hoogspanningskabels en kabels waar een brugwegdek ‘aan hangt’. Hangen al deze kabels volgens dezelfde wiskundige vorm? De eerste gedachte van menig leerling zal zijn: dat zal allemaal wel volgens een parabool zijn. Met Coach kun je dat gemakkelijk nameten. Het blijkt dan dat de parabool inderdaad voorkomt, bijvoorbeeld bij hangbruggen, maar dat een gewone halsketting niet volgens een parabool hangt.

Modellen – Bij een hangbrug zijn de kabels waar het wegdek ‘aan hangt’ op onderling gelijke afstanden bevestigd. Daarom lijkt het een goed idee om als theoretisch model een gewichtloze draad met daaraan op de juiste afstanden gelijke puntmassa’s te nemen. In de figuur moet dus bijv. $EF = FG = GH$ (fig. 1). Het is niet al te moeilijk om dit model praktisch te realiseren: een dunne ketting met een aantal gelijke gewichten zal goed voldoen.

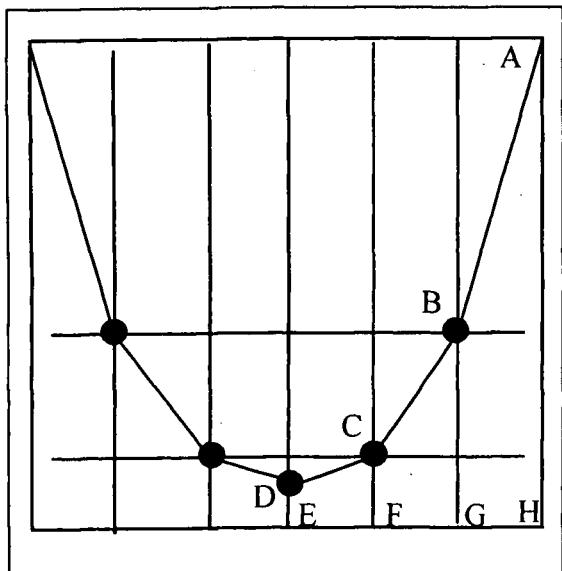


Fig. 1

Een gewone ketting is homogeen. Daarom nemen we hierbij als theoretisch model weer de gewichtloze draad, maar nu met de puntmassa's op gelijke afstanden op de draad. In de figuur moet dan bijv. $AB = BC = CD$.

De puntmassa's hangen we symmetrisch en in oneven aantal, dus met één middenonderaan.

Metten – Vandaag zullen we meten aan de hand van een video-opname. Hierbij hangen de gewichten als in het tweede model, dus op gelijke afstanden op de ketting.

Wat te meten? Bijvoorbeeld de hoeken die DC, CB en BA met de horizontale richting maken? De helling van de lijnstukken DC, CB en BA?

Tussen hellingen lijkt een eenvoudig verband te bestaan, namelijk de verhouding $1 : 3 : 5$.

Ditzelfde verband is er als de gewichten worden opgehangen volgens het eerste model. (Om dit voor elkaar te krijgen kun je het best uitgaan van de paraboelvorm om de onderlinge afstanden te berekenen.)

Reflectie – In figuur 2 is de situatie van de paraboelvorm geschetst. We herkennen de kwadraten: $1, 1 + 3, 1 + 3 + 5$, enzovoort. Geen verrassende uitkomst dus.

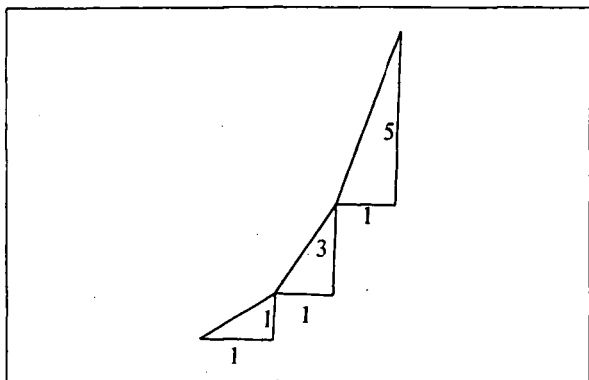


Fig. 2

Bij het eerste model krijg je een andere situatie. Nu zijn niet de horizontale rechthoekszijden, maar de schuine zijden even groot. Daarom kan de vorm van de hangende ketting geen parabool zijn.

Theorie – Enerzijds past het meetresultaat wonderwel bij de parabool, anderzijds is het misschien wel te mooi om waar te zijn. Daarom zal een theoretische onderbouwing gezocht moeten worden.

Met behulp van evenwicht van krachten bij de verschillende puntmassa's krijg je, na enig rekenwerk, inderdaad het verwachte resultaat. Het blijkt daarbij dat de onderlinge afstanden van de puntmassa's er niet toe doen. Met enige sturing kunnen leerlingen in de hogere klassen deze afleiding zelf wel aan, denken wij.

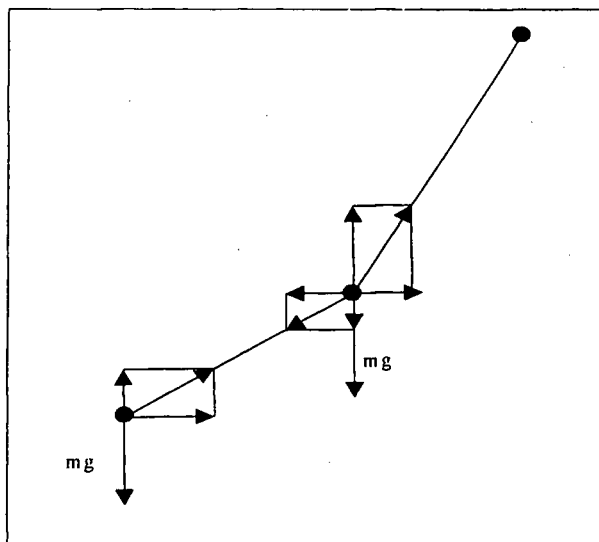
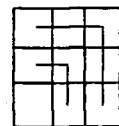


Fig. 3

Nader onderzoek – Allereerst de parabool. Een bewijs of een beredenering van de stelling: de som van de eerste k oneven getallen is gelijk aan k^2 .

Dit kan zowel meetkundig (zie hiernaast) als algebraïsch via

$$(n+1)^2 - n^2 = 2n + 1.$$



$$1+3+5=3^2$$

Bij de standaardparabool $y = x^2$ is het verband tussen de opeenvolgende oneven getallen en de grafiek natuurlijk duidelijk. Maar is de verhouding $1 : 3 : 5 : 7$ enz. ook te ontdekken bij gelijke horizontale stappen die niet gelijk aan 1 zijn? Hierbij kan de tabeloptie van Coach (of de Grafische Rekenmachine) hulp bieden. Is een eventueel vermoeden ook te bewijzen? Maar als die verhouding er ook met kleinere stappen in zit, waarom is de grafiek bij de top dan zo plat vergeleken met de verdere grafiek?

De modelleeromgeving van Coach biedt nog meer mogelijkheden. Is het mogelijk om de grafiek van een parabool, dus van een hangend koord met gewichten, te laten benaderen met behulp van verticale stapjes in

de verhouding 1 : 3 : 5 : 7 ... ? En is de lengte van het koord te berekenen?

Kun je Coach de vorm laten tekenen waarin een koord met bijvoorbeeld 11 gewichten en een lengte van 50 cm gaat hangen? Heb je hierbij nog te maken met de horizontale afstand van de beide eindpunten?

Tenslotte de kettlijn. Wiskundig gezien is de kettlijn heel wat ingewikkelder dan de parabool: er zijn e-machten nodig of hyperbolische functies. Het hangt er dus vanaf hoe ver en hoe slim de leerling is of hier op in gegaan kan worden. Maar misschien is het wel mogelijk om de vorm van een hangend koord van bijvoorbeeld 55 cm met 11 gewichten te laten tekenen.

Zo zijn er nog wel meer vragen te bedenken. Sommige zullen moeilijk of niet te beantwoorden zijn, andere kunnen verrassende inzichten geven.

Groei van Nederlandse jongens en meisjes

Wat is normaal? – Menige scholier vraagt zich wel eens af ‘ben ik te dik of te dun?’, ‘ben ik lang of kort in vergelijking met leeftijdgenoten’, ‘waarom zijn meisjes in de brugklas gemiddeld genomen langer dan jongens’, ‘hoe lang zal ik vermoedelijk worden?’.

Deze vragen veronderstellen dat er zoiets bestaat als een normaal gewicht, een normale lengte en een normale groei en ontwikkeling van het menselijk lichaam.

Om antwoorden te vinden moet je de cijfers van laatste Nederlandse groeistudies onder de loep nemen. Met deze echte gegevens en gebruikmakend van ICT-hulpmiddelen als Coach en de grafische rekenmachine kun je interessante resultaten behalen. Een hoogtepunt: een betrekkelijk eenvoudig wiskundig model beschrijft de gemiddelde lengtegroei van Nederlandse jongens en meisjes van 0 tot 21 jaar tot op de centimeter nauwkeurig.

Wiskundige begrippen – Lengtegroei en gewichtstoename van jongens en meisjes kom je regelmatig in wiskunde schoolboeken tegen. Bij de behandeling van veranderingsbegrippen zoals toenamendiagram, differentiequotient en helling, en bij statistische begrippen als normale verdeling, gemiddelde, mediaan en percentielen.

Jammer genoeg kom je wel veel verzonden contexten tegen, voorgeschoteld als reële context, maar alleen bedoeld als omlijsting of als ideale illustratie van een wiskundig begrip. Wat te denken van een opgave over een 15-jarige jongen van 175 cm die klein van stuk genoemd wordt, maar in feite de gemiddelde lengte van Nederlandse jongens op deze leeftijd heeft. Of wat te denken van een opgave waarin een 12-jarige jongen 115 cm lang is (39 cm onder het landelijke gemiddelde) en een eindlengte bereikt van 191 cm, ruim boven het landelijke gemiddelde.

Met de echte gegevens in de hand kunnen leerlingen zelf verbanden tussen gewicht, lengte, leeftijd en andere biometrische gegevens onderzoeken en wiskundige begrippen in praktijk met een duidelijk doel toepassen.

KKP-model – Er bestaan verschillende modellen om de lengtegroei wiskundig te beschrijven. Deze modellen hebben weinig klinisch nut, maar zijn vooral van wetenschappelijk belang.

In het zogenaamde KKP-model worden drie groeifasen onderscheiden die elk hun eigen wiskundige beschrijving hebben:

- *Kleutertijd* (0-3 jaar): geremde groei, waarbij lengtetoeename vanaf de geboorte exponentieel afneemt. De groei in deze fase is vooral gerelateerd aan voeding. De bijpassende formule is

$$L_1 = a_1 - b_1 e^{-c_1 t} \quad (t \text{ is hier als symbool voor leeftijd gebruikt})$$

- *Kindertijd*: lengtetoeename neemt lineair af en leidt tot de formule

$$L_2 = a_2 t^2 + b_2 t + c_2$$

De groei in deze fase wordt vooral gestimuleerd door groeihormoon.

- *Pubertijd*: logistische groei voor de bijdrage van de pubertijdspurt, met als formule

$$L_3 = \frac{a_3}{1 + e^{c_3 - b_3 t}}$$

Deze fase wordt veroorzaakt door de geslachtssteroiden.

Zoals u ziet, stuk voor stuk wiskundige modellen die in de wiskundeles aan bod komen. Een uitzondering dat een wiskundig model dat in wetenschappelijk onderzoek echt gebruikt wordt ook door leerlingen te bevatten is.

Resultaten – Voor wie het KKP-model voor de Nederlandse situatie wil weten, geven we de formules (lengte L in cm, leeftijd t in jaren):

Jongens:

$$L_1 = 76,4 - 19,4e^{-1,56t}$$

$$L_2 = -0,235t^2 + 9,5t - 4,7$$

$$L_3 = \frac{16,1}{1 + e^{16,4 - 1,2t}}$$

Meisjes:

$$L_1 = 74,3 - 18,7e^{-1,65t}$$

$$L_2 = -0,256t^2 + 9,8t - 4,8$$

$$L_3 = \frac{8,6}{1 + e^{12,4-1,1t}}$$

Het KKP-model voor Nederlandse jongens werkt heel netjes (fig. 4).

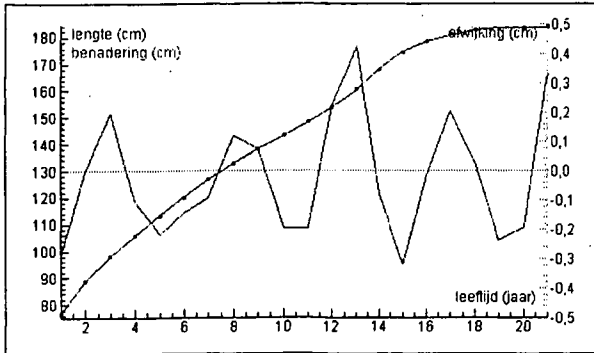


Fig. 4

Je gebruikt in Coach de regressie-tool en de model-omgeving voor het empirische onderzoek. Hieronder is een schermafdruk van een handmatige bepaling van de kromme voor groei in de kinderperiode voor jongens (fig. 5).

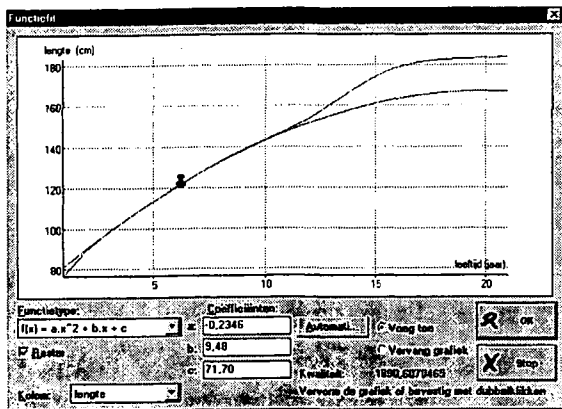


Fig. 5

Nader onderzoek door leerlingen – Landelijke groeistudies zijn mooi, maar zeker zo interessant is de situatie in de klas of op de hele school. Als leerlingen dit gaan onderzoeken lopen ze vanzelf tegen allerlei onderzoeksproblemen aan, en niet alleen wiskundige problemen. Hoe pak je zo'n onderzoek eigenlijk aan? Ga je zelf meten of ga je lengte- en gewichtgegevens van leerlingen opvragen? Welke andere vragen stel je en hoever mag of kun je hierin gaan? Hoe ga je met de persoonsgegevens om? Wat te doen als veel scholieren weigeren mee te werken aan het groeionderzoek? Maak je onderscheid tussen allochtone en autochtone leerlingen en is dit nodig en/of ethisch verantwoord? Hoe presenteer je de onderzoeksresultaten?

En zo kunnen we nog wel een tijdje doorgaan.

Er komt veel kijken bij zo'n onderzoek en dat geeft een goed beeld van wat echt onderzoek en verslaglegging inhoudt.

Vrije worp bij basketbal

Metten aan videoclips – Voordelen van videometing voor de wiskundeles zijn:

- je hoeft zelf geen proefopstelling op te bouwen
- processen die zich minder goed lenen voor directe metingen kun je toch bestuderen
- je hoeft niet van tevoren tot in detail te bedenken wat precies gemeten gaat worden.
- metingen zijn gemakkelijk te doen, achteraf nog eens te verifiëren en indien nodig te corrigeren.

Een voorbeeld: vrije worp bij basketbal (fig. 6).

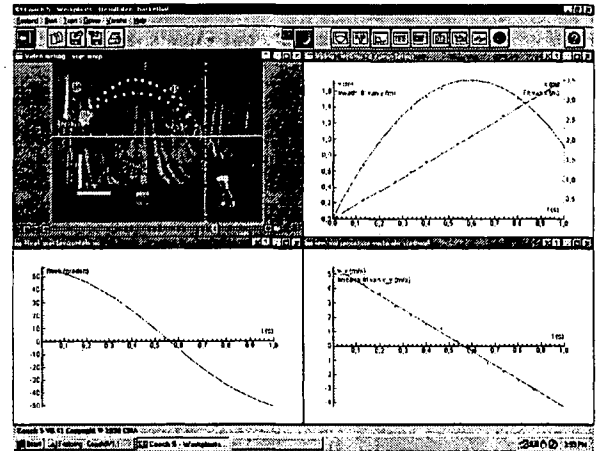


Fig. 6 Een schermafdruk van een meting en analyse van een vrije worp bij basketbal

De formules bij verwaarlozing van luchtweerstand met beginsnelheid v en hoek van weggooien α :

$$x = (v \cos \alpha)t$$

$$y = (v \sin \alpha)t - \frac{1}{2}gt^2$$

Oftewel de parabool:

$$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} x^2$$

Differentiëren levert de helling in elk punt van de baan op.

Voor de hoek van inval β bij de basketring op afstand L geldt:

$$\tan \beta = \tan \alpha - \frac{gL}{v^2 \cos^2 \alpha}$$

Met deze formules kun je ook banen uitrekenen bij worpen met andere beginsnelheden of hoeken en in de videoclip tonen.

Uitdagende onderzoeksvragen – Bij gegeven hoek van weggooien: in hoeverre mag de snelheid variëren om toch nog een punt te scoren?

Bij gegeven beginsnelheid: hoe mag de hoek van weggooien variëren om toch nog een punt te scoren?

Ben je als lange speler in het voordeel bij een vrije worp t.o.v. een kleinere speler?

Levert een bovenhandse vrije worp een hogere kans op een score op dan een onderhandse worp?

Waarom worden bij korfbal vrije worpen altijd onderhands genomen en bij basketbal door professione-

le spelers bovenhands? Is daar vanuit de wiskunde en natuurkunde een verklaring voor te geven?

Nemen meisjes een vrije worp anders dan jongens en zo ja wat is het verschil?

André Holleman werkt in het kader van het NWO-programma 'Leraar in Onderzoek' één dag per week op het AMSTEL Instituut in het project *ICT-toepassingen bij wiskundige en vakoverstijgende opdrachten*.

Modellen in Coach 5: werkelijkheid in een doosje

Werkgroep 6

P. Uylings

AMSTEL Instituut/Bonhoeffer College, Castricum

Inleiding

Tweede fase, beperkt aantal contacturen, praktische opdrachten: bekende kreten waar een natuurkunde docent het wel eens benauwd van krijgt.

Opdrachten die zelfstandig thuis (of in de mediatheek op school) uitgevoerd kunnen worden, voorzien denk ik in een behoefte: het vereist geen constante aanwezigheid van docent of TOA, en evenmin de beschikbaarheid van practicummateriaal. Veel leerlingen vinden werken met computers 'leuk', het is weer eens wat anders.

Het aangename kan eenvoudig met het nuttige verenigd worden: in de vier bekende vensters van Coach 5 kan de docent heel wat tekst en uitleg, opdrachten, illustratieve plaatjes of video's kwijt (fig. 1), als hij al niet onder de Internetknop wil verwijzen naar sites met meer achtergrond informatie of fraaie applets (zoals <http://home.planetinternet.be/~poolly/>, www.webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html, enz.) met betrekking tot het onderwerp.



Daarnaast kan zo'n praktische opdracht gedeeltelijk reguliere lesstof vervangen: kennis kun je ook opdoen door het uitproberen van verschillende parameters in het model (al dan niet geleid door opdrachten), het proberen te begrijpen van de resultaten die meteen zichtbaar zijn in grafiekvorm, het nadenken over het hoe en waarom van de ingevoerde formules voor bijvoorbeeld de kracht, enz.

Hoe werkt de leerling met modelomgeving? Grofweg op drie manieren:

- Nadruk op het resultaat, afhankelijk van startparameters. In Coach 5 heet deze werkwijze simulatie. Overeenkomst met applets, Interactive Physics en andere simulatieprogramma's.
- Nadruk op de techniek van het maken van een model, het programmeren en vervolgens zo duidelijk mogelijk presenteren van de resultaten.
- In het ideale (want meest leerzame) geval: een combinatie van de bovenstaande twee punten.

Handig of juist veel werk, effectief of omslachtig, er is (ook gezien de opkomst van meer dan veertig liefhebbers) een brede interesse voor dit onderwerp.

Horizontaal of verticaal leren?

Zonder ons teveel in filosofie te verliezen, kan men opmerken dat het in de huidige opzet van het onderwijs steeds moeilijker wordt om 'alle' natuurkunde al dan niet concentrisch te bestrijken. Of er moeten stevige concessies aan de diepgang gedaan worden, of men moet zich – zoals op de universiteit al meer dan een eeuw gebeurt – beperken tot het uitkiezen van enkele onderwerpen om je verder in te verdiepen. Vanuit zulke geselecteerde leerelementen of 'leer-atomen' pakt de leerling steeds ook wat 'omliggende' kennis mee.

Het idee is dus om horizontaal leren, een globaal en minder diepgaand overzicht van de stof, te combine-

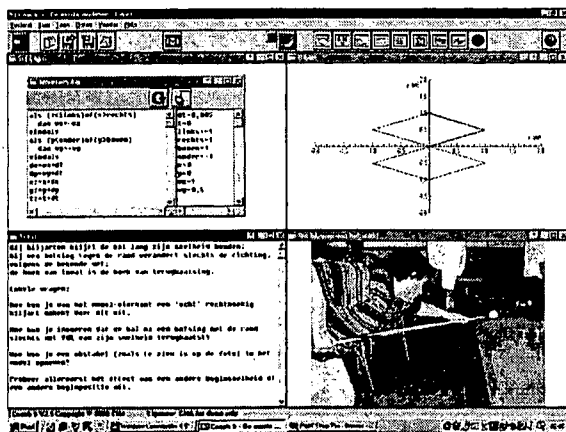


Fig. 1

ren met verticaal leren, het zich verdiepen in keuzeonderwerpen bijv. aan de hand van zelfstandige opdrachten. Het maken, bestuderen en (vaardigheden!) presenteren van modellen biedt een goede gelegenheid tot zulke verdieping. Waarom zou in dat kader het actief produceren van leerelementen minder leerzaam of minder goed te beoordelen zijn dan het meer passief reproduceren?

Eerste stappen in de modellenwereld

Wat de reguliere examenstof betreft zit het maken en toepassen van modellen alleen in N2. Als het echter om de uitkomsten en dus alleen het gebruik gaat, bijvoorbeeld het wel en wee van Rutherford verstrooiing (fig. 2), kunnen modellen ook heel goed in V4 en V5/6 bij N1 gebruikt worden. Naast de variatie in werkvorm, kunnen de eigenschappen van het behandelde onderwerp met modellen snel en makkelijk zichtbaar gemaakt worden. In V4 is het niet meteen nodig daar zelfstandige opdrachten van te maken, maar een groot aantal – zo niet alle – mechanica-vraagstukken kunnen er moeiteloos mee opgelost worden.

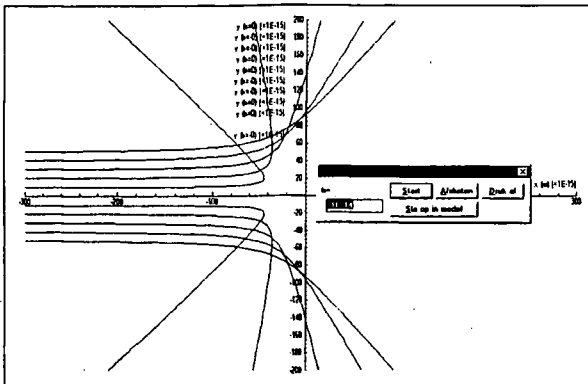


Fig. 2

In N2 (V5) zijn modellen een zelfstandig onderwerp. Bij de introductie blijken grafische modellen het makkelijkste te begrijpen (fig. 3). Na het maken van zo'n grafisch model steeds even overschakelen naar de overeenkomstige tekst (fig. 4) helpt het gewenningsproces. In het totaal moet men iets van 3 lessen aan het leren programmeren besteden: 1 à 2 lessen voor de grafische vorm, daarna de tekstuele met de extra mogelijkheden (bijv. als ... dan, eindals). Een zelfstandige opdracht met tweetallen: maak een model voor een beweging in twee dimensies met lucht-wrijving en lever dit op floppy in, werkt goed in VWO 5. Als leerlingen een thuislicentie hebben, (CD-roms voor leerlingen gebaseerd op de schoollicentie, iets van f 7,50) is het hierbij nuttig het bestand c5mona04.exe bij www.cma.science.uva.nl, Nederlands-ondersteuning-Coach5-natuurkunde-modellen] te downloaden. Met de optie 'bewaars resultaat als' kunnen de leerlingen dan een volledig project op floppy opslaan.

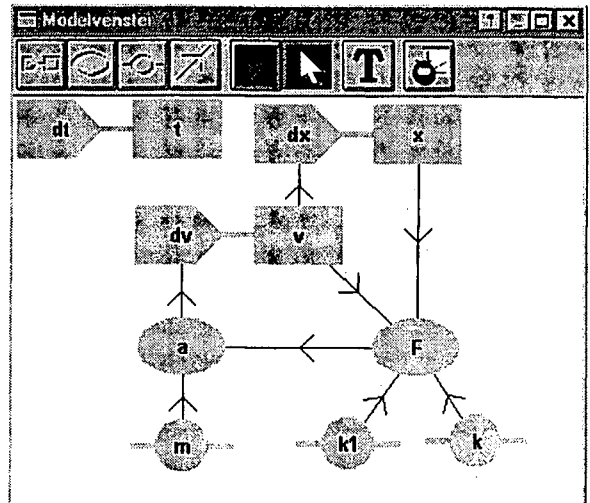


Fig. 3

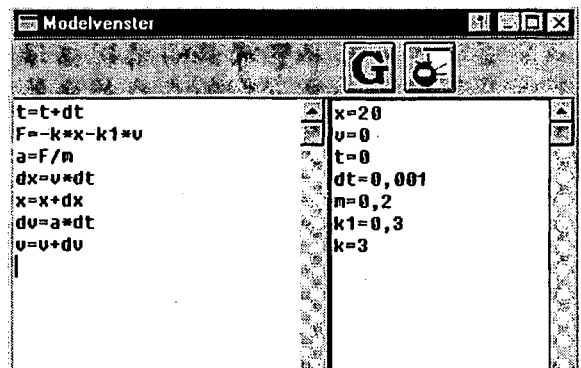


Fig. 4

Complex examen VWO 2000

In het afgelopen jaar 2000 is op drie proefscholen een experimenteel computerexamen afgenomen. Naast de 2/3 reguliere stof werd 1/3 van de tijd, een uur dus, besteed aan de onderwerpen modelleren en videometen. Deze examens zijn in pdf formaat te vinden op de sites van de School van Morgen en het CI-TO. Na het presenteren van het onderdeel modelleren (fig. 5), ontstond er een kleine groepsdiscussie:

- Zou u zo'n examen op school willen hebben?
- Wat is de meerwaarde ervan, in het verlengde van de recente kritiek op de inhoud van het huidige examen?
- Welke moeilijkheden, al dan niet op korte termijn oplosbaar, voorziet u op uw school?

Hierbij valt te denken aan zowel het aanleveren als het opslaan, gebruik van netwerk met server of stand-alone computers, beveiliging tegen 'elektronisch afkijken' e.d.
- Is dit de kant die we op willen?

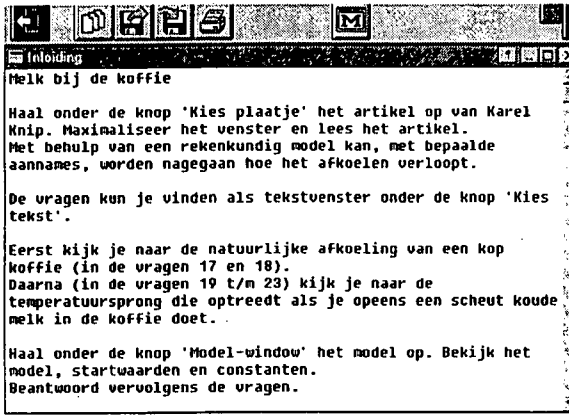


Fig. 5

Er kan meer dan u wellicht denkt!

Veel mensen hebben het idee dat modellen niet veel meer dan het onderwerp mechanica aankunnen. Coach 5 biedt de mogelijkheid tot het modelleren van zowel elementaire natuurkunde als (interessanter!) zaken die net niet meer makkelijk 'met de hand' te doen zijn. Gelukkig hoeft men zich daarbij niet al te zeer in de onderwerpen te beperken. Hieronder een

lijstje van mogelijkheden, waarvan er een aantal in de werkgroep gedemonstreerd is:

- *Licht: dubbelspleet (fig. 6), tralie, breking (fig. 7), regenboog*
- *Elektromagnetische velden: veldlijnen, Helmholtz-spoelen, E & B velden*
- *Warmte, trillingen e.d.: van Foucault tot CV-leiding; applets*
- *Getijden. Gebruik van rekenvel bij de analyse: Fourier 'met de hand'*

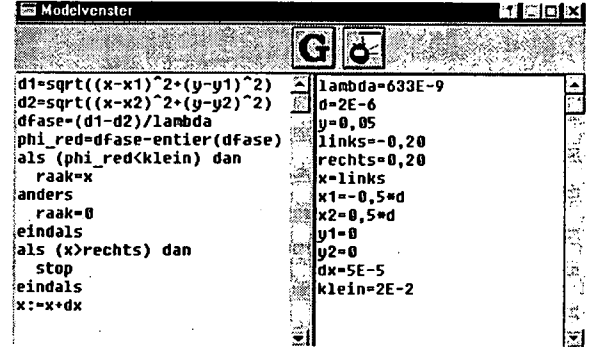


Fig. 6

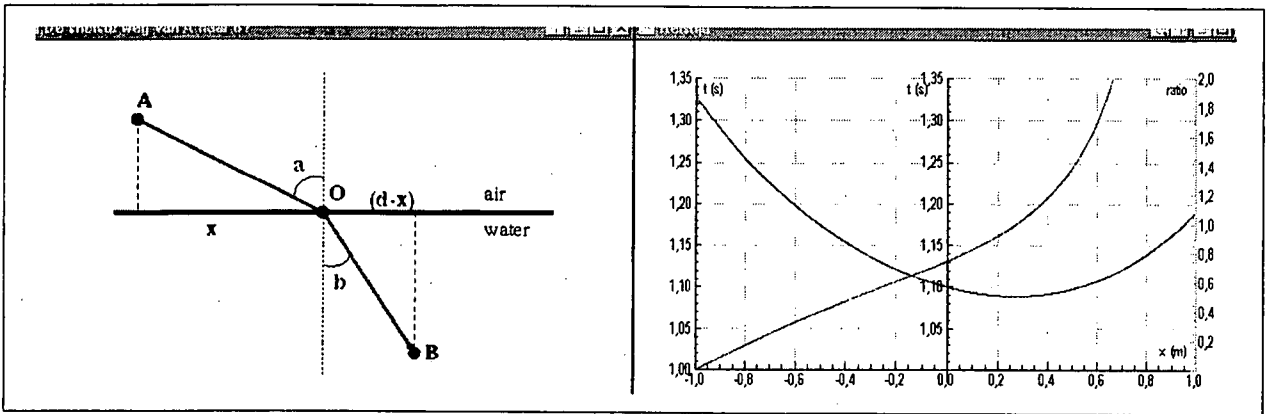


Fig. 7

Kunnen mijn Coach 4 modellen nog?

Hoe bestaande Coach 4 modellen te importeren in Coach 5 werd kort aan de hand van een paar modellen die door Thieme bij de leergang Newton geleverd zijn getoond.

- *Ophalen van modellen uit IP Coach 4 (fig. 8)*
- *Wél nieuwe grafieken maken!*
- *De 'zege' van de schaalknop*
- *Extra tekst, plaatjes ed?*



Fig. 8

Verdergaande mogelijkheden

Tot slot nog een aantal voorbeelden van modellen die wat verder gaan en goed te gebruiken zijn als vervolg (of voor zover het alleen de resultaten betreft, in een eerder stadium, natuurlijk!). Met name als u (en de klas) het werken met modellen positief ervaart, is het prettig om wat achter de hand te hebben.

De quantum wereld

- Radioactief verval (fig. 9)
- Atoommodel van Bohr
- Rutherford verstrooiing
- Planck en zijn formule

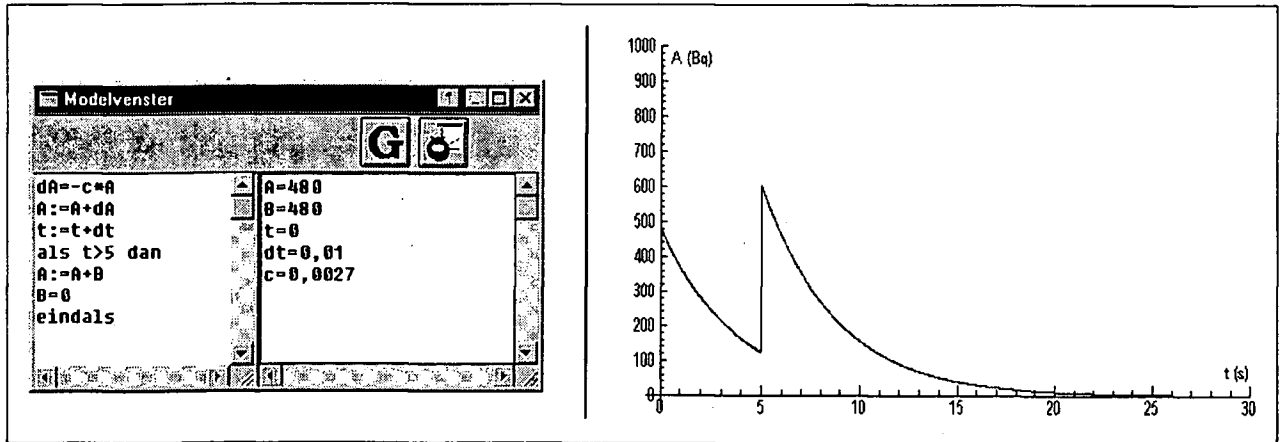


Fig. 9

De lucht in

- Een zeppelin
- Parachutist
- Ontsnappingsnelheid
- Raketten, satellieten
- Luchtdruk, cyclonen, jet-streams (fig. 10)
- Edgar Allan Poe

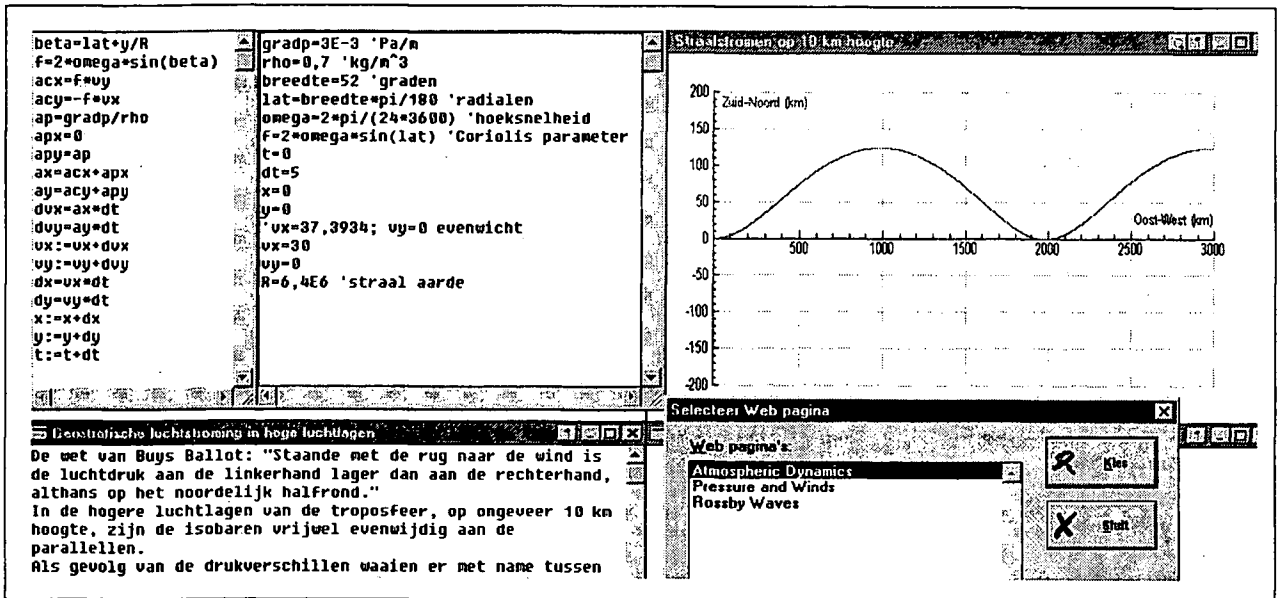


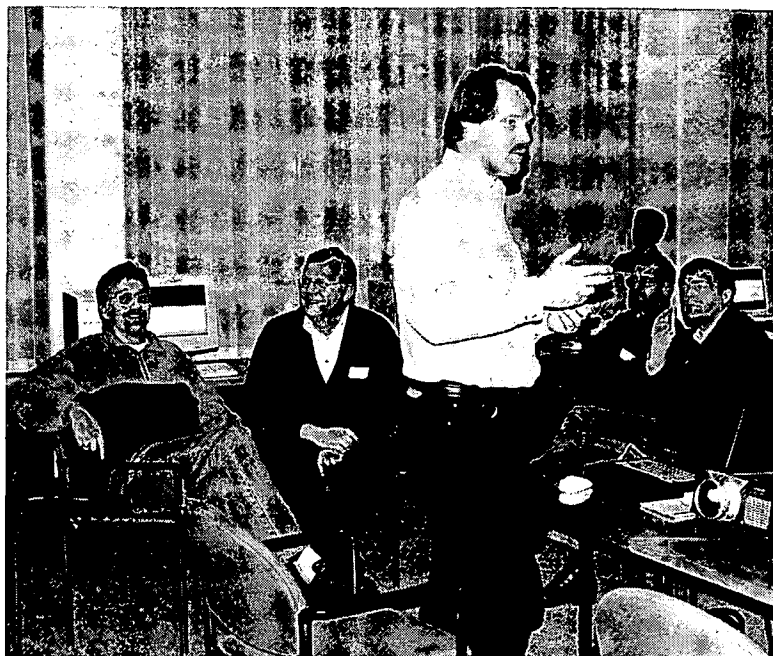
Fig. 10

Crocodile Physics

Werkgroep 7

A.H.C. Arfman

Fontys Lerarenopleiding Sittard



Inleiding

Crocodile Physics is de opvolger van Crocodile Clips. In de versie 3.x van dit laatste waren al een aantal mechanica-componenten opgenomen. Door een uitbreiding van de mogelijkheden voor mechanica en het opnemen van een behoorlijk complete optica-set is de naamswijziging gerechtvaardigd. Nieuw is ook de mogelijkheid om de simulaties op te nemen in interactieve werkbladen met meerkeuze- en open vragen.

Open en gesloten simulatiesoftware

Een belangrijk onderscheid bij simulatie-software is het open of gesloten karakter. Een pakket als 'Open Physics' (NVOX, november 1999) is, ondanks de naam, een voorbeeld van gesloten software: het bestaat uit een vast aantal simulaties, die niet gewijzigd kunnen worden. Met de gesloten pakketten kan men meteen aan de slag, maar men moet ze nemen zoals ze zijn, inclusief de vaak Engelstalige tekst. Meestal zal het nodig zijn voor de leerlingen (papier) werkbladen te maken.

Open simulatie-software, zoals 'Interactieve Natuurkunde' (o.a. NVOX, juni 1997) en 'Crocodile Physics', kan men zien als een soort bouwdozen, waarmee simulaties naar eigen wens en inzicht kunnen worden samengesteld. Ook is het mogelijk om begeleidende teksten en opdrachten op het scherm en in de eigen taal te presenteren. Doordat de software hiervoor een stuk complexer is, beperken deze programma's zich meestal tot een kleiner deel van de natuurkunde dan bijvoorbeeld bij 'Open Physics' het geval is. Met de open simulatie-software wordt meestal ook een ruim aantal kant en klare simulaties meegeleverd, maar de kracht van deze pakketten zit toch vooral in de flexibiliteit alles aan te passen aan een bepaald onderwijstype, de gebruikte methode en eigen wensen.

In Crocodile Physics kan men kiezen tussen vier verschillende werkbalken:

- Electronics Symbols
- Electronics Pictures
- Motion and Force
- Optics

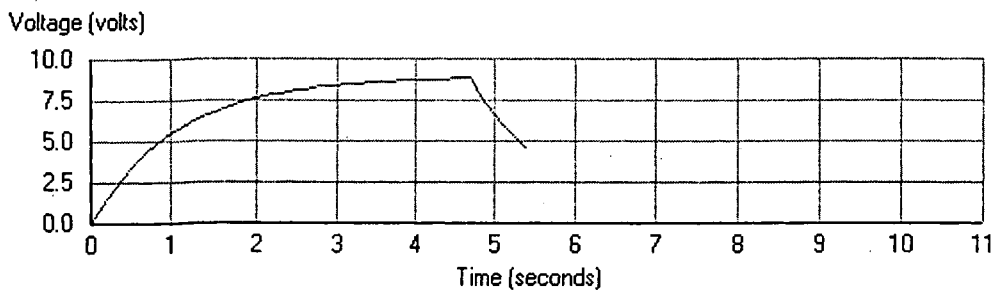
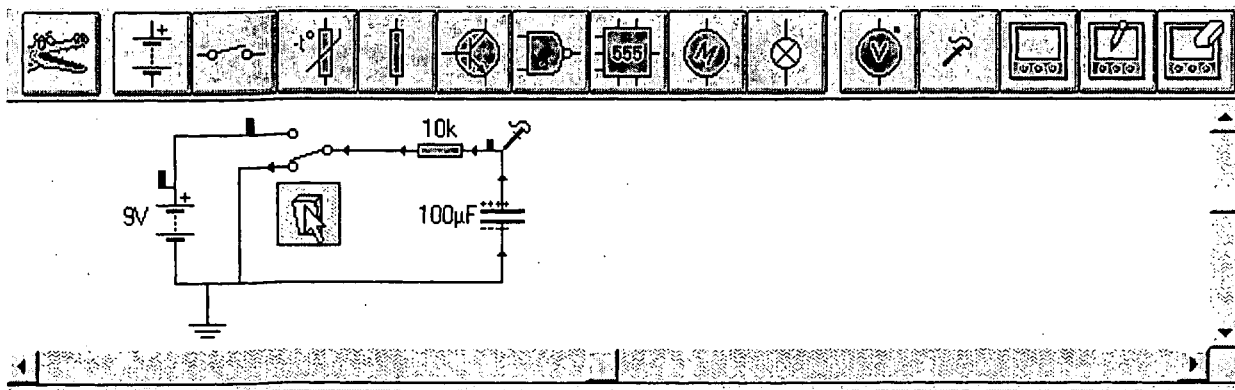
Electronics Symbols

Bij elektriciteitsleer vallen leerlingen vaak terug op het manipuleren met formules, zonder een begrip te hebben van de achterliggende processen. Het programma 'Crocodile Physics' kan hier uitkomst bieden. In real-time simulaties van schakelingen worden potentiaal, stroom en lading zichtbaar gemaakt. Daarbij gaan lampjes oplichten, motoren draaien, zoemers geluid produceren, relais schakelen, enz.

In de schakeling in figuur 1 is de schakelaar met een muisklik om te zetten. De op- of ontladstroom wordt met pijltjes aangegeven. De verandering van de lading op de condensator is zichtbaar, terwijl de potentiaal van de verbindingsdraden met indicatoren wordt aangegeven.

Als de potentiaal toeneemt, wordt dit weergegeven door een aangroeiend rood/zwart geblokte kolom. Bij een potentiaal van negen volt of hoger is de indicator in zijn geheel rood. Negatieve potentialen worden op dezelfde manier weergegeven door een blauw/zwarte indicator, naar beneden aangroeiend (zie figuur 2).

Door deze animaties kan een leerling het proces van op- en ontladen volgen, terwijl tegelijkertijd het oscilloscoopbeeld getekend wordt. De waarden van spanning, weerstand en capaciteit zijn eenvoudig te wijzigen, om de invloed hiervan op het proces te bestuderen. Het is ook mogelijk de weerstand te vervangen door een regelbare weerstand, waardoor de waarde tijdens het verloop van de simulatie met een schuifregelaar (te bedienen met de muis) te veranderen is.



For Help, press F1

Fig. 1 Bij het op- en ontladen van een condensator wordt de grafiek getekend terwijl het proces in de schakeling te volgen is

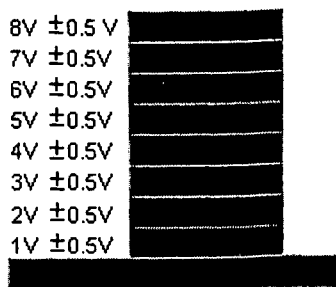


Fig. 2 Uitvergroting van een potentiaalindicator

Ook de temperatuur van een NTC-weerstand en de belichting van een LDR zijn met een schuifregelaar in te stellen. In de schakeling zijn dan de verandering

van de weerstand en de veranderde spanningsverdeling te volgen (figuur 3).

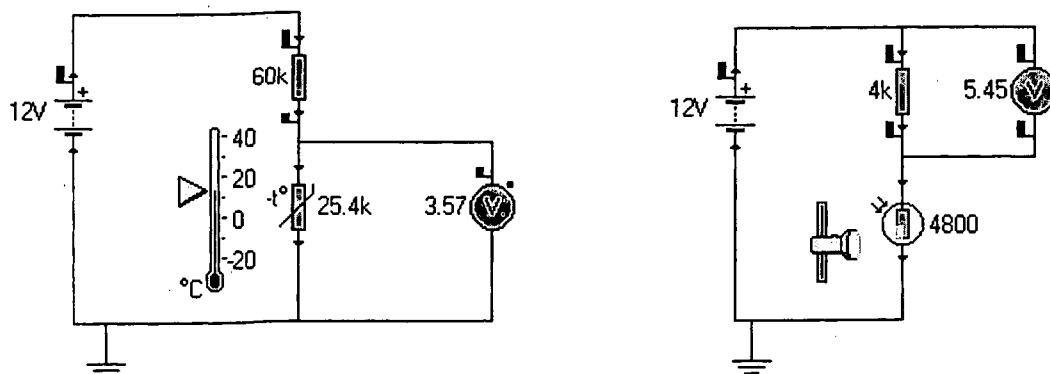


Fig. 3 Sensorschakelingen met NTC-weerstand en LDR

Gloeilampjes gaan sterker oplichten als de stroomsterkte erdoor toeneemt. Wordt de spanning over het lampje te groot, dan 'explodeert' het lampje. Dit gebeurt ook met andere componenten (weerstanden, transistoren, enz.) die overbelast worden. Deze kunnen dan eenvoudig vervangen worden, door de vernielde component met 'crocyc' weg te happen (figuur 4). In een venstertje wordt dan de maximale waarde van spanning of vermogen voor de betreffende component weergegeven. Via een menu-optie is ook te kiezen voor onverwoestbare componenten.

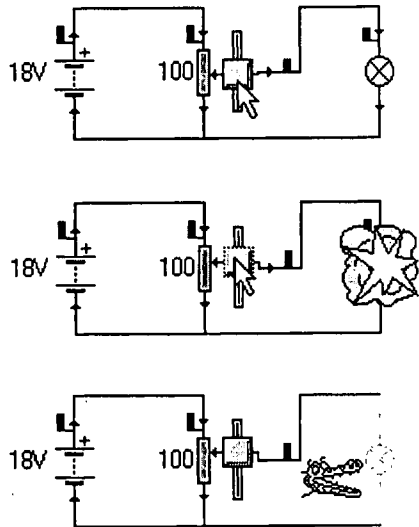


Fig. 4 Overbelaste componenten 'exploderen' en kunnen eenvoudig verwijderd of vervangen worden

Het toevoegen van componenten gaat eenvoudig door ze van de werkbalk naar het werkblad te slepen. Met de muis zijn daarna de verbindingdraden makkelijk te tekenen. Aanklikken van een knop op de standaardwerkbalk levert een nieuwe werkbalk voor een bepaalde groep van componenten.

De totale componentenbibliotheek is zeer ruim en voor het voortgezet onderwijs meer dan voldoende:

- spanningsbronnen: constante en variabele, aarding, sinus- en blokgolfgenerator
- schakelaars: enkel- en dubbelpolig, maak- en verbreek-drukschakelaars
- invoer: NTC, LDR, regelbare weerstand, potentiometer, zekering
- passieve componenten: weerstand, condensator, spoel, transformator
- halfgeleidercomponenten: npn- en pnp-transistor, diode, zenerdiode, thyristor
- logische poorten: alle standaard poorten, sommige ook met meervoudige ingangen, kloksignaal, logische in- en output
- IC's: RS-, D- en JK-flipflop, verschillende tellers, decoder, 555-timer, opamps
- elektromagnetische outputs: motor, relais, zoemer
- lichtgevers: gloeilamp en LED's in drie kleuren
- volt- en ampèremeters: vast of automatisch meetbereik is in te stellen.

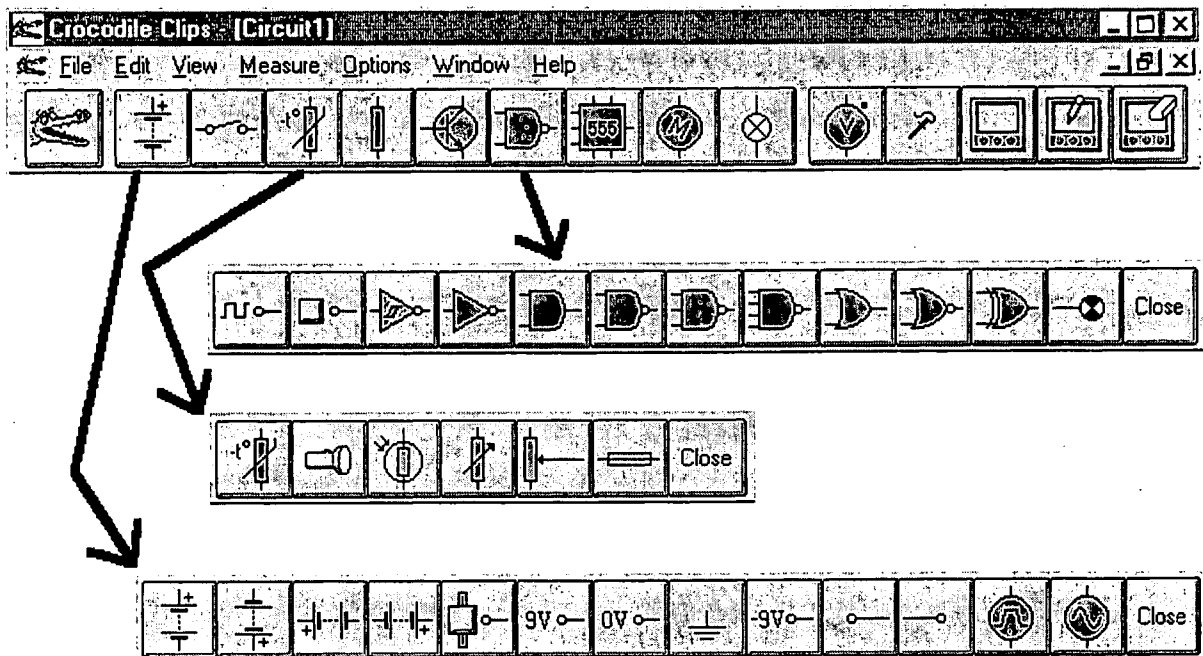


Fig. 5 Onder iedere componentenknop van de standaardwerkbalk gaat een nieuwe werkbalk met componenten schuil (dit schermbeeld is nog van de voorloper 'Crocodile Clips', maar het principe is hetzelfde in 'Crocodile Physics', alleen zijn er meer componenten en is de ordening iets anders)

De oscilloscoop kan vier verschillende signalen gelijktijdig meten. Meetsonden kunnen net als de componenten vanaf de werkbalk naar de schakeling geslept worden. De sonden hebben vier verschillende kleuren die overeenkomen met de kleur van de getekende grafiek. Normaal wordt gemeten t.o.v. een aardpunt, maar er is ook verschilmeting (tussen twee sonden) mogelijk. Er zijn verschillende triggeropties instelbaar.

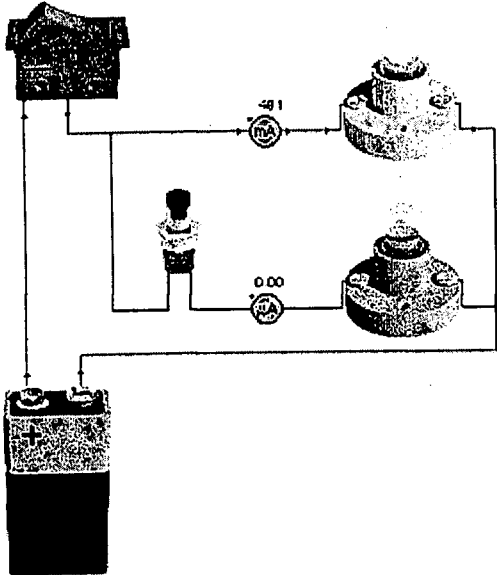


Fig. 6 Electronics Pictures, gecombineerd met Electronics Symbols (ampèremeters) in één schakeling

Electronics Pictures

Met deze werkbalk is het mogelijk om een (beperkt) aantal elektrische componenten ook in de vorm van realistische afbeeldingen weer te geven. Hierdoor is voor leerlingen een goede overgang te maken van het denken in reële componenten naar de abstractie van schakelingen met symbolen. Schakelingen met af-

beeldingen en schakelingen met symbolen kunnen in één werkblad (schermbeeld) gecombineerd worden, zelfs in één schakeling.

Motion and Force

Met behulp van de mechanica werkbalk zijn een vijftal kant en klare ('gesloten') simulaties op te roepen: botsende kogels, kogelbaan, slinger, hellend vlak en massa-veer systeem. Met twee volgende knoppen kunnen onderliggende werkbalken voor rotatie mechanica en lineaire mechanica worden opgeroepen (figuur 7). De motor (M) en de generator (G) kunnen met elektrische componenten gecombineerd worden. Daarmee zijn bijvoorbeeld simulaties over energieomzettingen mogelijk (figuur 8). Als (elektrische of mechanische) componenten of verbindingen met de muis worden aangewezen verschijnt een kadertje met daarin de waarden van relevante grootheden.

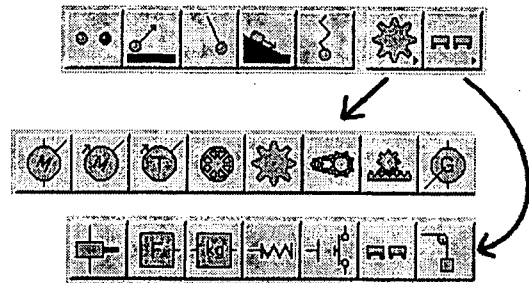


Fig. 7 Motion and Force werkbalk

Door meetsondes op de componenten te plaatsen kunnen grootheden ook in grafieken worden uitgezet. Dit geldt voor zowel elektrische als mechanische componenten.

De mogelijkheden op het gebied van mechanica zijn lang niet zo groot als bij 'Interactieve Natuurkunde', maar daar staat tegenover dat de simulaties makkelijker zijn op te bouwen.

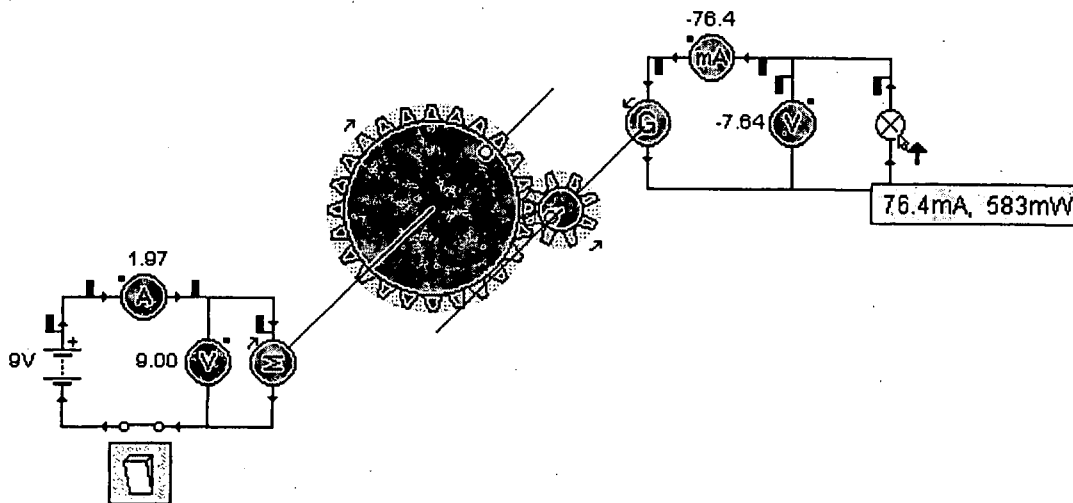


Fig. 8 Combinatie van elektrische en mechanische componenten

Optics

Helemaal nieuw ten opzichte van Crocodile Clips is het optica-onderdeel. Een complete opticaset met lenzen, lichtbronnen met verschillende lichtbundels

en verschillende kleuren (golflengtes), spiegels, prisma's en verdere benodigdheden staat ter beschikking. Daarnaast kunnen nog linialen en gradenbogen in de simulatie geplaatst worden (figuur 9).



Fig. 9 De Optica-werbalk

Men kan experimenteren met breking, reflectie, refractie, glasvezeloptiek en verschillende golflengtes van het licht. Er zijn modellen op te bouwen van de camera, het oog, microscopen en telescopen. De breking door het prisma is kleurafhankelijk, een witte straal of bundel wordt in componenten ontbonden (figuur 10). Van de planparallelle plaat is de brekingsindex in te stellen.

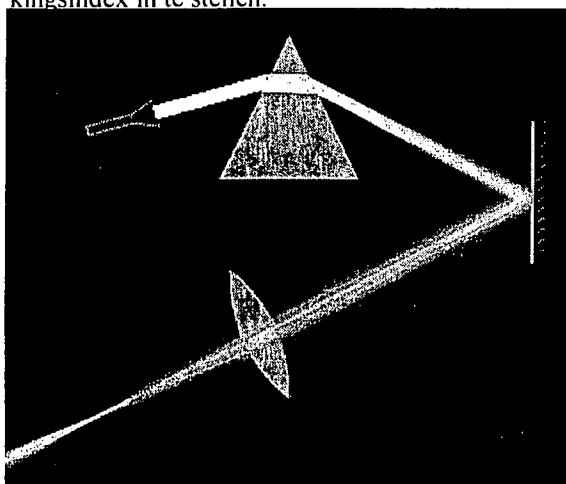


Fig. 10 Verschillende optische componenten in de optische ruimte (zwart) geplaatst

De leerlingen kunnen in de simulatie de componenten verplaatsen of roteren, brandpuntsafstanden aanpassen, de kleur van het licht variëren enz. Bij de meegeleverde simulaties zit een model van het oog. Daarmee kunnen leerlingen zien wat de invloed van een positief of negatief brillenglas is, simpelweg door een lens op te pakken en voor het oog te slepen (figuur 11).

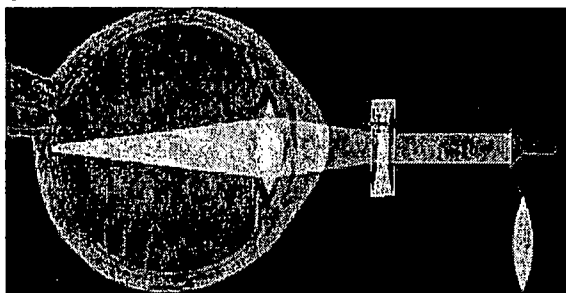


Fig. 11 Model van het oog, waar verschillende corrigerende lenzen voor geplaatst kunnen worden

Elektronisch leerboek met interactieve werkbladen

In de afgelopen jaren hebben enkele studenten van onze lerarenopleiding, in het kader van hun afstudeerwerk, lesmateriaal met Crocodile Clips 2.5 ontwikkeld en uitgeprobeerd. De begeleidende teksten en opdrachten werden gemaakt in de vorm van webpagina's, van waaruit ook de simulaties op te starten waren. Alhoewel de ervaringen en de reacties van de leerlingen over het algemeen positief waren, werd het door de leerlingen toch als nadelig ervaren dat ze heen en weer moesten klikken tussen het scherm met de tekst en opdrachten en het simulatiescherm. Met Crocodile Physics is het nu mogelijk alles binnen één omgeving te houden. In het simulatiescherm kunnen nu ook complete teksten met opmaak opgenomen worden. Ook is het mogelijk afbeeldingen (in bmp-formaat) toe te voegen. De verschillende simulatiebestanden (pagina's) kunnen met navigatieknoppen aan elkaar gekoppeld worden, waardoor een interactief elektronisch boek ontstaat.

Een extra dimensie wordt toegevoegd door de mogelijkheid vragen op te nemen waarop de leerlingen kunnen reageren via meerkeuzeknoppen of invulvakken. Naar keuze is daar het volgende voor in te stellen:

- Directe feedback op het gegeven antwoord binnen het werkblad.
- Verzamelen van de antwoorden (van verschillende werkbladen) op een overzichtspagina. Naar wens kunnen hierbij de juiste antwoorden en een score worden weergegeven (voor een zelftoets) of alleen de gegeven antwoorden. Dit antwoordblad kan eventueel uitgeprint en ingeleverd worden.

Overige ervaringen en inzetbaarheid

Omdat het aantal studenten op onze lerarenopleidingen natuurkunde en techniek de afgelopen jaren zeer gering was, en het voortbestaan van de opleidingen erg onzeker, is Crocodile Physics maar beperkt ingezet. Maar bij een cursus 'Digitale techniek' bleek het illustreren van complexere digitale schakelingen met simulaties zeer verhelderend. De werking van AD- en DA-omzetters was bijvoorbeeld veel sneller duidelijk te maken. Ook gebruikten sommige studenten het programma om de door hen, in het kader van het afstudeerwerk, ontworpen schakelingen eerst uit te testen en te verbeteren, alvorens deze daadwerkelijk te

bouwen. Dit heeft heel wat tijd en componenten bespaard!

Nu er in Sittard een doorstart wordt gemaakt met de opleidingen natuurkunde en techniek zijn er plannen om, in samenwerking met scholen uit de regio, interactief lesmateriaal met Crocodile Physics te ontwikkelen en uit te proberen. In eerste instantie zal dit materiaal zijn voor de basisvorming, maar mogelijk op termijn ook voor tweede fase en beroepsonderwijs. Zodra hier ervaringen mee zijn zal ik hierover in NVOX berichten.

Vervanging van het practicum?

Met 'Crocodile Physics' is het mogelijk bijna alle elektrische schakelingen en veel mechanica- en optica-voorbeelden, die in een leerboek of practicum voorkomen, op de computer te simuleren. De situaties uit een leerboek op deze manier visualiseren levert nagenoeg altijd een meerwaarde. Maar in hoeverre het zinvol is practicumproeven te vervangen door deze simulaties is minder duidelijk. Een leerling zal moeten leren echte schakelingen op te bouwen en er aan te meten. De wet van Ohm controleren in een simulatie is ook vrij zinloos: deze wetmatigheid is natuurlijk gewoon in het programma vastgelegd. Maar bij gebrek aan tijd en materialen kan 'Crocodile Physics' wel zeker een zinvolle aanvulling van het practicum vormen.

De discussie aan het eind van de werkgroep spitste zich ook hierop toe. Gesuggereerd werd dat mogelijk toch veel practica, die tot doel hebben de begripvorming te verbeteren, en niet direct de praktische vaardigheid te verhogen, beter met een programma als Crocodile Physics kunnen worden uitgevoerd. Vaak treden bij echte schakelingen problemen op als draadbreek, slechte contacten, kapotte componenten enz. Dat kan frustrerend zijn voor de leerling en het opsporen van de oorzaak van de storing kan veel tijd kosten. Bovendien wordt de aandacht afgeleid van de leerstof waar het om gaat: het gedrag van een bepaalde schakeling.

Vooraf bij digitale schakelingen levert het gebruik van de computer voordelen ten opzichte van een 'gewoon' practicum. Met de computersimulaties is er geen beperking door aantallen logische poorten of kabeltjes. Men kan via het menu van 'Crocodile Physics' omschakelen tussen potentiaalindicatoren of logische waarden. De logische waarde van iedere in- en uitgang is zo meteen zichtbaar, waardoor de werking van de schakeling veel inzichtelijker wordt. Ik zie niet in welke extra waarde het maken van verbindingen met kabeltjes op een paneel met poort-symbolen heeft t.o.v. het maken van deze verbindingen op een computerscherm. Het gaat in beide gevallen om het maken van de juiste verbindingen tussen in- en uitgangen van logische poorten, die met symbolen zijn weergegeven. Bij de computersimulatie is dit bovendien veel overzichtelijker te doen.

dingen op een computerscherm. Het gaat in beide gevallen om het maken van de juiste verbindingen tussen in- en uitgangen van logische poorten, die met symbolen zijn weergegeven. Bij de computersimulatie is dit bovendien veel overzichtelijker te doen.

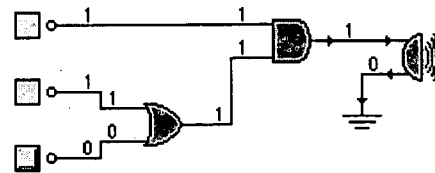


Fig. 12 Alle logische waarden in een digitale schakeling zijn zichtbaar. Als de zoemer geactiveerd wordt is dit hoorbaar via de pc-luidspreker

Alleen als men reële grootheden wil meten met sensoren en een echte motor of een verwarmingselement wil aansturen, dan blijft het systeembord (of een gelijksoortig systeem) onmisbaar. Een reëel werkend regelsysteem is met 'Crocodile Physics' niet te maken. Het is (nog) niet mogelijk het programma te koppelen met in- en uitvoer van de computer. Maar voor alle situaties waar het gaat om het ontwerpen van het verwerkingsdeel verdient 'Crocodile Physics' mijns inziens de voorkeur.

Ontwerpen en testen

Met 'Crocodile Physics' kunnen leerlingen kennis maken met de hedendaagse manier van ontwerpen en testen van elektrische schakelingen, zoals die ook in het bedrijfsleven wordt toegepast. Dit past uitstekend in modern onderwijs, zeker als de leerlingen in het 'studiehuis' te maken krijgen met eigen onderzoek en technisch ontwerpen. Helemaal mooi is het om dan ook nog de print-lay-out door de computer te laten genereren. Er zijn speciale programma's hiervoor, waarvan er enkele ook 'Crocodile Physics'-schakelingen kunnen inlezen. Welke dit zijn vindt men op de Internet-site van de firma 'Crocodile Clips'.

Meer informatie over Crocodile Physics en een demoversie zijn te vinden op de website van de firma Crocodile Clips: <http://www.crocodile-clips.com>

In Nederland wordt het programma geleverd door: Eurofysica b.v. (<http://www.eurofysica.nl>)
Moeskampweg 2

5222 AW 's-Hertogenbosch

Hier is ook een demoversie met een Nederlandstalige Snelstart, een overzicht en een handleiding in de vorm van Crocodile Physics werkbladen te verkrijgen.

SAW-ANW

Science across the World bij ANW?

Werkgroep 10

H. van Lubeck & L. Schoen

SCIENCE ACROSS EUROPE

PART OF SCIENCE ACROSS THE WORLD

Science across Europe was (1990) een initiatief van de Engelse A(ssociation) for S(cience) E(ducation) teachers). Het project werd en wordt gesponsord door B(ritish) P(etroleum). Deze samenwerking staat garant voor kwaliteit: uitstekende onderwijzers (Nuffield Curriculum Projects) die geld krijgen om mooie dingen te ontwikkelen. Er zijn tien projectjes (topics) (4-5 lessen) klaar en er staan er drie (waarvan één voor het basisonderwijs) op stapel.

SAW en Bredero

Het Bredero College (voorheen Lyceum) en Science across zijn oude bekenden van elkaar. Zo'n zeven jaar geleden participeerde Bredero in het 'Metropolisproject', een officieel samenwerkingsverband tussen Russische en Nederlandse scholen. De samenwerking vond eerst plaats bij het vak Engels. Toen de projectleiding dit wilde uitbreiden met natuurwetenschappen waren de Science across topics, na vertaling in het Russisch, uiterst bruikbaar. De verschillen in uitwisselingsformulieren varieerden per topic. Soms een grote overeenkomst (Wat heb je gegeten...?), soms nauwelijks overeenkomst (Broeikasewerking, Energiegebruik thuis). Interessant materiaal!

Het uitproberen van 'Leven met chemie' leverde voor drie leerlingen (en hun docent!) in november 1998 een reisje naar London op. In de statige bibliotheek van de Royal Chemical Society presenteerde het Brederoteam, overigens verreweg het jongste team, een op school gemaakte video over de zeepbereiding, een verhaal over de geschiedenis van zeep en een voordracht over de gang van zaken bij de topic.



Tenslotte: de topic Zonne-energie luistert tot op de dag van vandaag de lessen ANW op.

Inhoud

De titels van de topics (met daarachter geschikt(e) vak(ken) en de aanbevolen/geschikte leeftijd van de leerlingen) zijn:

1. Zure regen over Europa (N/S 14-16)
2. Energiegebruik thuis (N/S 14-15)
3. *Vernieuwbare energiebronnen* (16-17)
4. Drinkwater (N/S 11-13)
5. Wat heb je gegeten ...? (B 11-13)
6. *Broeikasewerking* (17-18)
7. Huishoudelijk afval (14-15)
8. Verkeersveiligheid (N/S 13-14)
9. Blijf gezond (B 14-15)
10. Leven met chemie (N/S 13-14)
11. Eten en drinken (basisonderwijs)
12. *Zonne-energie* (ANW)
13. *Biodiversiteit* (ANW)

De topics gaan altijd over 'wetenschap' als activiteit van mensen. De nadruk ligt op het uitwisselen van leefomstandigheden en meningen: de culturele dimensie.

De inhoud van de topics sluit aan bij de kerndoelen van de Basisvorming. Er is veel ruimte voor het oefenen van vaardigheden. Daar de onderwerpen deel uitmaken van de leerplannen van de vakken, is het benodigde practicummateriaal vaak op school. Er zijn veel open opdrachten, zodat op verschillend niveau gewerkt kan worden. De docent kan een topic in plaats van een deel van het boek gebruiken. Uit het boek kunnen eventueel aanvullingen komen.

Het lesmateriaal kan bij natuurwetenschappen, zeker bij ANW, uitgevoerd worden. Samenwerking met andere vakken is natuurlijk ook mogelijk.

'Huishoudelijk afval' is zeer geschikt voor een interdisciplinair project, waaraan veel vakken kunnen meedoen. De (*cursiefgedrukte*) topics 6 en (in minde-

re mate) 3 zijn te moeilijk in de Basisvorming. Zij kunnen beter in de *Tweede Fase* havo/vwo bij de betreffende vakken uitgevoerd worden. De nieuwe topics *Biodiversiteit* en *Zonne-energie* zijn uitstekend in te passen in de lessen *ANW*. De eerste experimenten zijn succesvol verlopen. Het ontbreken van een stringent examenprogramma lijkt hier heilzaam te werken ...

Internationalisering via e-mail en Internet

Science across the World biedt mogelijkheden om kleinschalig te starten met internationale samenwerking via e-mail en Internet. Belangrijke pijlers van het project zijn:

- *gestandaardiseerd uitwisselingsformulier voor de resultaten van de opdrachten en onderzoekjes*
Alle topics worden in proefversie uitgetest in verschillende scholen. Leerlingen weten precies wat er uitgewisseld moet worden.

- *databank met wereldwijd ruim 2000 deelnemende docenten en scholen*

In de centrale databank wordt geregistreerd: naam van de school en van de docent(e), leeftijd van de leerlingen, favoriete topics, maand(en) van het jaar waarin de topic uitgevoerd wordt en de uitwisselingstaal. De resultaten kunnen op deze manier heel gericht naar geschikte klassen gestuurd worden. Omdat de deelnemende docenten elk jaar (gratis) opnieuw geregistreerd worden, raakt de databank niet vervuld.

- *afsluitende les met discussievragen, zodat vergelijking met de ontvangen uitwisselingformulieren uit de andere landen mogelijk is*

Als de resultaten van de andere klassen ontvangen zijn, worden deze in een afsluitende les vergeleken met eigen resultaten.

- *Website met extra actuele informatie en links: www.scienceacross.org*

Via de Website (ongeveer 2000 hits per maand) kan de databank met geregistreerde scholen geraadpleegd worden. Ook is het mogelijk het uitwisselingsformulier online in te vullen en te versturen naar scholen

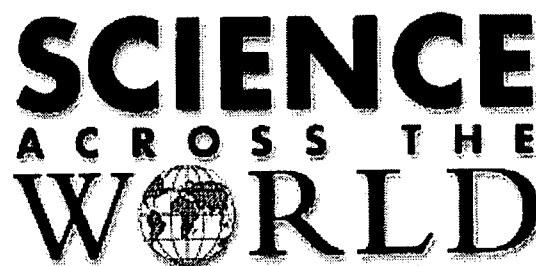
met een e-mailadres of een fax. De Website geeft actuele aanvullingen bij de topics.

Op de Website staat verder de rubriek News met 'good practises'. In de artikelen in deze elektronische nieuwsbrief worden ook relevante links naar homepages van deelnemende scholen opgenomen. De inhoud van de Website is beschikbaar in zes talen.

Docentenhandleiding

Elke topic bevat naast het kopieerbare leerlingmateriaal en het uitwisselingsformulier een docentenhandleiding. Deze docentenhandleiding is vertaald uit het Engels en aangepast aan lokale omstandigheden. Hierin staat de vereiste voorkennis van de leerlingen, wat je nodig hebt, een mogelijke werkwijze, antwoorden op de vragen en extra, vaak lokale, informatie en mogelijkheden. Vaak worden ook actuele kaarten en statistische gegevens meegeleverd.

Science across the World



Science across Europe is inmiddels getransformeerd tot *Science across the World*. De laatst voltooide topic: 'Leven met Chemie' werd wereldwijd ontwikkeld en is nu al vertaald in 14 talen. De topic wordt uitgevoerd met scholen over de hele wereld. In 'Leven met Chemie' moeten leerlingen of de hele klas samen een 'chemisch' product maken. 'Biodiversiteit' en 'Zonne-energie' worden ook wereldwijd getest.

Sommige topics komen uit andere regio's: 'Plants in our Lives' en 'Dwellings' uit Afrika en 'Tropical Forest' en 'Disappearing Wetlands' uit Oost Azië.

Scholen in Nederland kunnen desgewenst samenwerken met scholen in de andere regio's. Contacten tussen twee Vietnamese scholen met het Bredero College (Amsterdam) en SG Brokledde (Breukelen) hebben geleid tot een interessante uitwisseling bij respectievelijk 'Broeikaseneffect' en 'Keeping Healthy'.

ICT

Meedoen aan het project biedt allerlei *mogelijkheden voor gebruik van ICT*.

Tekstverwerken bij het verslag (ook in een moderne vreemde taal), een spreadsheet voor de grafische presentatie en statistische bewerking van de gegevens, een programma voor een elektronische presentatie (met aandacht voor lay-out), een homepage voor de schoolwebsite en e-mailcontact met deelnemende leerlingen in het buitenland. Informatie over Science

across the World op de schoolwebsite kan gelinkt worden naar de SAW website.

Samenwerken met talentdocenten

Voordat de onderzoeksgegevens uitgewisseld kunnen worden, moeten ze meestal vertaald worden. Het project is daarom uitermate geschikt voor een samenwerking tussen docenten talen en natuurwetenschappen. Op de website staat een aantal voorbeelden:

- In de vestiging Berlage van de Esprit Scholengroep (Amsterdam) startte een docente Duits met de topic 'Was hast Du gegessen...?'. Zij zocht samenwerking met een collega Biologie en met een collega CKV. De laatste hielp bij het maken van mooie posters en een toepasselijke lay-out voor o.a. verslagen.
- In SG Broklede (Breukelen) startte, na deelname van een biologe aan een Europese cursus over SAW in Barcelona, een groot deel van het team tegelijk met 'Keeping healthy'. Er werd samengewerkt met

Engels en Gymnastiek (voor een soort Coopertest). Broklede experimenteert nu binnen ANW met Biodiversity in de originele Engelse tekst.

Voor scholen is een brochure beschikbaar: *Language through Science* (APS).

Kosten en registratie

De topics kosten 12 Euro per stuk en zijn te bestellen bij het APS. Het materiaal mag vrij gekopieerd worden. Door het eenmalig aanschaffen van een topic worden de gegevens van de docent/school opgenomen in de centrale databank.

Algemeen Pedagogisch Studiecentrum (APS) voor inlichtingen over deelname, bestelling en registratie:
Andrea Poorterman, e-mail A.Poorterman@aps.nl,
tel. 030 2856712

Yvette Wagemans, e-mail Y.Wagemans@aps.nl, tel.
030 2856618.

Videometen: onderzoek de gefilmde werkelijkheid

Werkgroep 12

V. Dorenbos & P. Geerke

AMSTEL Instituut, UvA

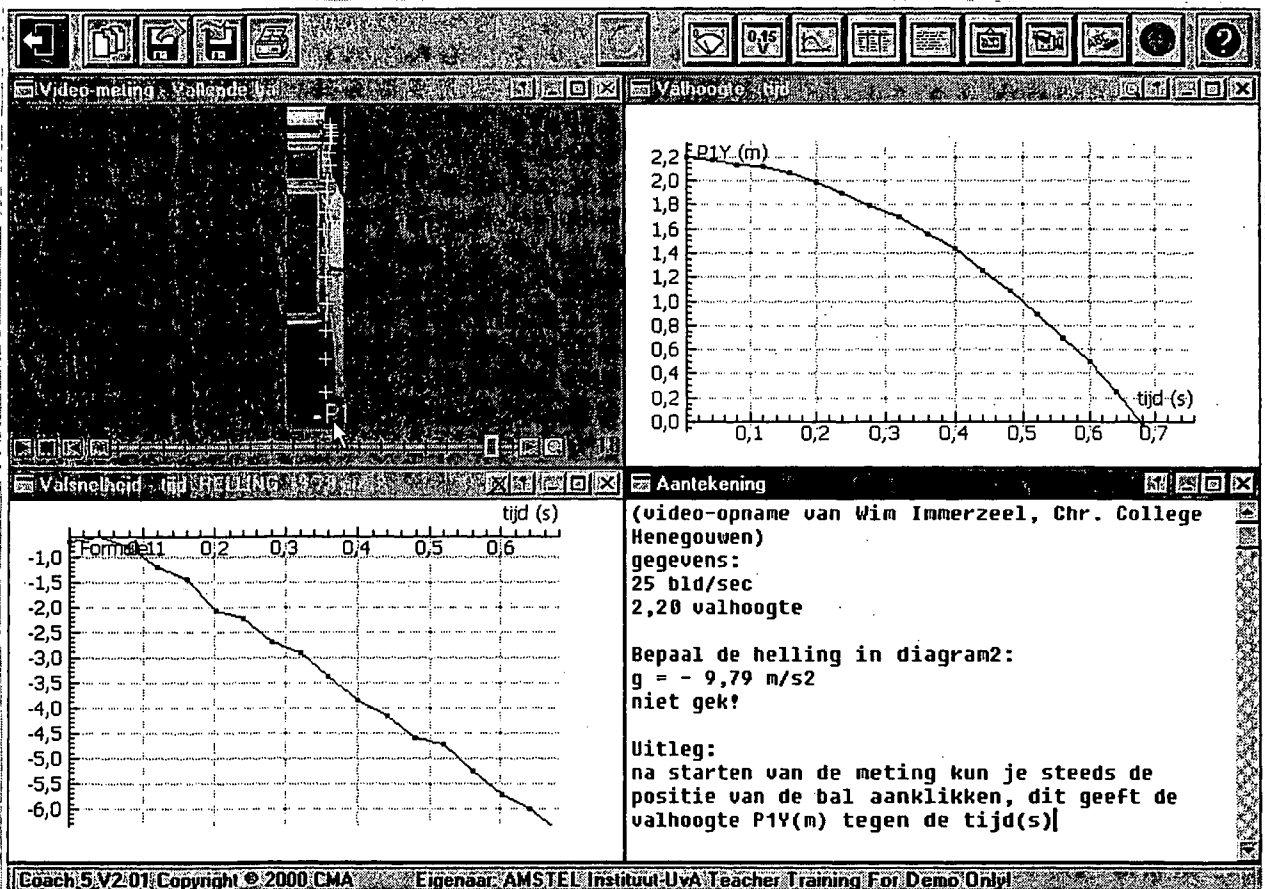


Gereedschap en mogelijkheden

Met de module Videometen voor het programma-pakket Coach 5 (meten/sturen/analyseren van experimenten) kunnen videofilmjes geanalyseerd worden op de pc. Zo maakt u van bijvoorbeeld het informaticalokaal een practicumruimte waar iedere leerling zijn/haar eigen onderzoeksopdracht uitvoert aan de hand van de gefilmde werkelijkheid. Wat is er motiverender dan onderzoek aan bewegingen in je eigen

omgeving, bijv. in het verkeer of in de sport? Of aan een voorwerp dat valt op de maan, of een sprong van een kikker? Kortom, onderzoek aan alledaagse bewegingen die niet 'gewoon' te meten zijn.

Met Videometen in Coach 5 is dergelijk onderzoek nu mogelijk. Met Videometen wordt in de beeldjes van een videoclip één voor één punt gemarkeerd, bijvoorbeeld de neus van een trampolinespring(st)er tijdens een oefening. Meerdere punten in een beeldje



markeren kan ook, bijv. bij botsingen van twee auto's. Deze punten leveren een meetserie die op de gebruikelijke manier in Coach 5 een diagram en tabel opleveren van de plaats tegen de tijd. Hieruit kunnen de snelheid en versnelling bepaald worden. De videoclip kan vervolgens 'realtime' worden afgespeeld, waarbij de ook de ingestelde diagrammen 'realtime' verschijnen.

Voor meer informatie: <http://www.cma.science.uva.nl>

Er is een toenemend aantal videofilmjes op internet beschikbaar die u rechtstreeks in Coach 5 kunt binnenhalen en bekijken. Enkele links naar pagina's met videoclips voor Videometen zijn:

- Site of the Physics Education Department of the University of München:
<http://www.fysik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/DAVID/video.htm>
- Physics Site of North Carolina School of Science and Mathematics:
<http://phywww1.ncssm.edu/physics/video.htm>
- World in Motion Site:
<http://members.aol.com/raacc/wim.html>
- Site of Physics Department of New Hampshire Community Technical College:
<http://webphysics.tec.nh.us/vidshell/clips.html>
- Modellus & videomeasurement:
<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>

U of uw leerlingen kunnen ook eigen video-opnames maken. Met een digitale video-camera gaat dat moeiteloos, en veel digitale fotocamera's hebben ook de mogelijkheid om een korte video-clip op te nemen (meestal is dan het aantal beeldjes per sec. beperkt tot 15, voor de vele toepassingen is dit echter voldoende). De videoformaten die Coach5 Videometen herkent zijn AVI en MOV, aan MPEG wordt gewerkt.

Overzicht van hardware en software-mogelijkheden om zelf videoclips op te nemen

Digitale fotocamera – Prijs camera: ca. f 1500,- tot f 2000,-. Sommige digitale fotocamera's hebben de mogelijkheid om (beperkt) filmjes op te nemen. Bijv. de Nikon Coolpix E990.

Eenvoudig aan te sluiten op USB poort. Software (meegeleverd) herkent de camera automatisch en haalt het filmje op in MOV-formaat. # Beeldjes/

sec.: 15, wat voor veel bewegingen genoeg is. Bestands grootte: klein: orde van 0,5 – 2 MB. Beeldresolutie (is MPEG-1 standaard): 320x240. (maximum ca. 10 sec. video, is genoeg voor de meeste Videomeet doeleinden. Bovendien is het geheugen middels geheugenkaartjes uit te breiden).

Digitale videocamera – Prijs camera: ca. f 2000,- tot f 4000,-. Prijs videokaart (bijv. Firewire) ca. f 150,- (inclusief software) (digitaal formaat). Prijs extra video software (bijv. Adobe Premiere): ca. f 1000,- - f 2000,-. # Beeldjes/sec.: 25 (PAL) (locatie-afhankelijk Europa meestal PAL; VS: NTSC; camera is óf het één, óf het ander). Beeldresolutie (is PAL-kwaliteit = MPEG-2 televisiekwaliteit) ca. (640x480).

Analoge videocamera – Aansluiten via video-out bus op speciale video- capture kaart. Prijs Video-capture kaart: ca. f 500,- tot f 2000,- (vaak inclusief software). Wij hebben een Miro (f 1500,-), inclusief Adobe Premiere). Prijs extra software: bijv. Adobe premiere: ca. f 1000,- tot f 2000,-. # Beeldjes/sec.: tot 30. (te verlagen met software). Je kan ook direct van VCR opnemen. Bestands grootte: afhankelijk van CODEC. CODECS: Compressiealgoritmen. Geïmplementeerd in software die dan bijv. AVI, MOV of MPG ervan maakt.

Coach 5 kan goed overweg met CODECs van *Cinepak* en *Indeo* (maar niet met de Sorenson CODEC van MacIntosh (Quicktime), die redelijk populair is). Beeldresolutie: MPEG-2 (televisiekwaliteit) iets boven VGA (640x480) (Hi-8) MPEG-1 (videokwaliteit) ca. 320x240 (Video-8).

Conclusie – Voor conversie naar een bruikbaar format is de gebruikte CODEC van belang.

De digitale fotocamera is simpel en (relatief) goedkoop, maar het aantal beeldjes per seconde kan een belemmering zijn voor sommige bewegingen. Voor de digitale en analoge videocamera moet je minimaal 1 GB diskruimte vrij hebben, en minimaal over een snelle Pentium II of III machine met een snelle harddisk beschikken.



De drijsijs - Huis, balkon en straatonderzoek

Werkgroep 15

*J. Buning, F. van Liempt
& Th. van Welie*

Vrije Universiteit, Amsterdam

Inleiding

Het doen van open onderzoek is niet vanzelfsprekend en roept veel vragen op. Niet alleen voor de leerling maar ook voor de docent. Eén van de - voor de leerling - moeilijkste aspecten van het doen van zelfstandig onderzoek is het kiezen van een onderzoeksonderwerp en het formuleren van een concrete onderzoeksvraag. Daarnaast hebben ook docenten vragen over de manier waarop zij leerlingen efficiënt en effectief kunnen begeleiden bij het proces van onderzoek doen. Eén van de vragen is hoe de begeleiding van de leerlingen reeds in de aanloopfase zo in te richten, dat ze uiteindelijk zelf hun keuze maken. Dit zal de leerling zeker stimuleren bij de uitvoering van zijn/haar onderzoek.

Een strategie voor begeleiden

In de werkgroep is een strategie geoefend om het onderzoeksproces richting te geven, zowel voor de leerling als voor de docent.

De strategie maakt gebruik van twee elementen:

- Het gebruik van *associatienetwerken*. Dit element wordt ingezet in het samenspel van leerling en docent om tot een concrete onderzoeksvraag te komen. Associatienetwerken zijn gericht op:
 - het vergroten van mogelijkheden voor ideeën
 - het meer grip te krijgen op het proces van onderzoeken
 - het op weg helpen van aarzelende leerlingen.
- Het gebruik van vier *sleutelvragen* die in elke fase van het onderzoek de begeleiding door de docent kunnen worden gebruikt. Deze vragen zijn erop gericht de karakteristieke kenmerken van onderzoek doen aan de orde te stellen bij de leerlingen. Naar ons idee wordt het doen van (experimenteel) onderzoek bepaald door een viertal sleutelactiviteiten. Door de leerling steeds aan te spreken op deze activiteiten



wordt de leerling uitgedaagd om ook echt onderzoek te doen.

Als een leerling komt met een op het eerste gezicht haalbaar idee, dan ligt het voor de hand dat deze eerst zelf de benodigde informatie bijeen zoekt en zelf een onderzoeksvraag formuleert.

Aan de andere kant van het spectrum bevindt zich de leerling, die geen idee heeft van wat hij/zij wil en hoogstens stamelend mompelt: 'ik wil iets met ...'. De docent heeft in dit geval de taak om de leerling naar een onderwerp toe te gidsen.

Als oefening is het voorbeeld van de drijsijs genomen. Eén van de werkgroepleiders woont aan een Amsterdamse gracht en ziet daar vanaf zijn balkon allerhande drijsijsjes¹ zwemmen. 'Daar moet een natuurkundig onderzoek aan te doen zijn', zo bedacht hij.

Stap 1: verkenning van het onderwerp – In dit stadium is het functioneel om het zwemgedrag van een eend te observeren. Daarvoor kunnen leerlingen een filmpje maken van wat zich allemaal zo afspeelt in de vijver.

Maak aan de hand van de observaties samen met de leerling(en) een associatienetwerk om op mogelijke ideeën voor een onderzoeksvraag te komen.

- Beperk je in eerste instantie tot interessegebieden. Zet deze in een eerste ring rondom het nog vage idee.
- Zet in een ring daaromheen de natuurkundige begrippen die al associërend daarbij opkomen.

In figuur 1 is dit uitgewerkt voor het voorbeeld: *ik wil iets met een eend die zwemt in het water*.

N.B. Het is een voorbeeld. Er kunnen natuurlijk ook andere begrippen in voorkomen met hun onderlinge relaties, afhankelijk van de leerling en docent.

¹ Voor niet-Amsterdammers: alles wat in de grachten zwemt en vliegt.

Bepaal vervolgens samen met de leerling in dit associatienetwerk het eigenlijke onderwerp van onderzoek. In ons geval is dat: *Hoe zit het met de golven die een zwemmende eend maakt?*

Stap 2: verkennen van de natuurkunde – De vraag is nog te vaag en te weinig natuurkundig. Daarvoor maken we een tweede associatienetwerk waarin de nodige natuurkunde in kaart wordt gebracht. Zie figuur 2.

Als zo de natuurkunde in kaart is gebracht, kan de vraagstelling verder beperkt worden. Zo kan gekozen worden voor het onderzoeken van de relatie tussen de eend, de snelheid, de (vorm van de) golven en de energie. In ons geval zijn we verder gegaan met de vorm van de golven, de snelheid van zowel de eend

als de golven. De eend zwemt sneller dan dat de golven zich voortplanten. Dat bepaalt de vorm van de golven. Interessant!

Zo komen we op de *concrete onderzoeksvraag*: *Is het mogelijk om uit de V-vorm van de golven de snelheid van de eend te bepalen?*

De rol van het associatienetwerk is het bespreekbaar maken van het onderwerp en zicht krijgen en houden van mogelijke verbanden.

Stap 3: uitwerken van de onderzoeksvraag – Bij het uitwerken van de vraag tot een uit te voeren onderzoek zijn er aantal keuzemomenten.

Een eerste keuze is: waar richt ik mij op? Op de theorie achter het verschijnsel, of op het verschijnsel zelf en het meten en precies vaststellen wat er gebeurt?

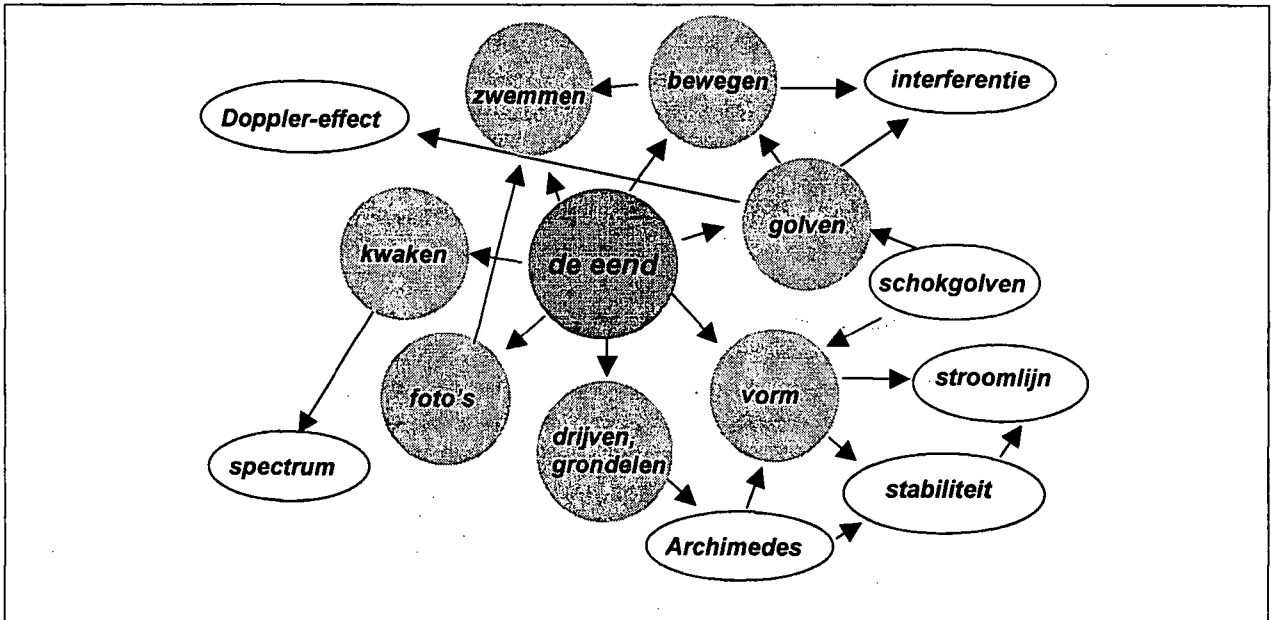


Fig. 1

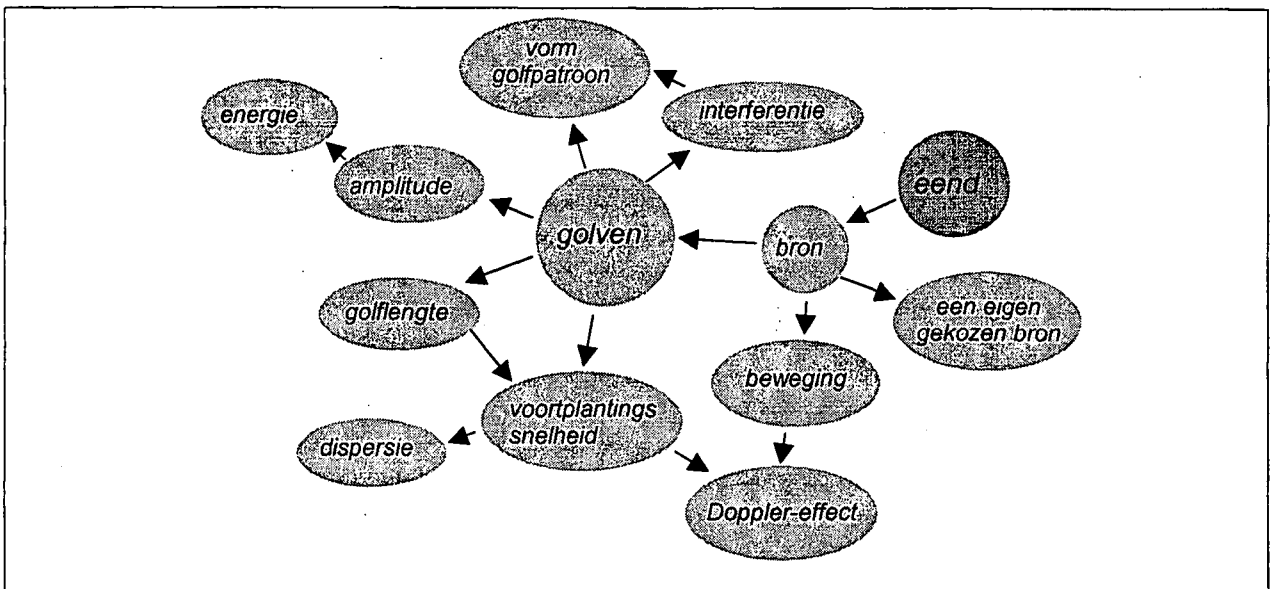


Fig. 2

Er zijn dan twee mogelijke richtingen: een *theoretische* en een *experimentele* richting.

Theoretische richting met vragen als:

- Welke grootheden beschrijven het verschijnsel?
- Wat is de betekenis van die grootheden?
- Hoe hangen ze samen?
- Wat weet ik wel, wat niet?
- Hoe kan ik daar achter komen?

Experimentele richting met vragen als:

- Wat zie ik allemaal?
- Wat kan ik allemaal meten?
- Hoe meet ik dat (het beste)?
- Kan ik wat variëren?
- Wat is de afhankelijke en de onafhankelijke variabele?

Beide richtingen zijn de moeite waard. Het kenmerkende van onderzoek doen is echter dat de theorie op de praktijk wordt betrokken ('als dit geldt dan verwacht ik dat te zien') en andersom ('hé, blijkbaar is de beweging niet eenparig versneld'). Afhankelijk van de stijl van de leerling zal het accent op één van beide richtingen liggen, maar op een zeker moment zullen beide kanten in meer of mindere mate op elkaar moeten worden betrokken wil het tot een 'echt' onderzoek komen.

In ons geval kiezen we ervoor eerst enige theoretische kennis te mobiliseren (op het niveau van wat de leerlingen aankunnen!). Wat we weten over de snelheid van de eend en de snelheid van de golf is aangegeven in fig. 3. Kunnen we met deze kennis iets voorspellen over de golven dat lijkt op het verschijnsel wat we hebben waargenomen? Ja, dat kan: zie fig. 4. In de meeste middelbare schoolboeken is dit voorbeeld netjes uitgewerkt voor geluid. Zo mogelijk kan je de leerlingen daar naar verwijzen of in een gesprekje hen dat zelf laten afleiden. Dit mobiliseren zal in het algemeen een interventie van de docent vragen. Zo kunnen de leerlingen een *hypothese* opstellen over de verhouding van de snelheid van de eend en die van de golf.

Vervolgens kunnen de leerlingen zich richten op de experimentele kant van het onderzoek. Hoe gaan we meten? Kiezen we voor de echte vijver, of proberen we wat uit in de badkuip thuis?

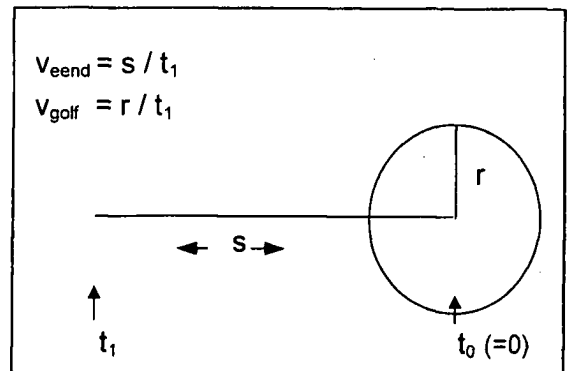


Fig. 3 Mobiliseren van de beschikbare kennis

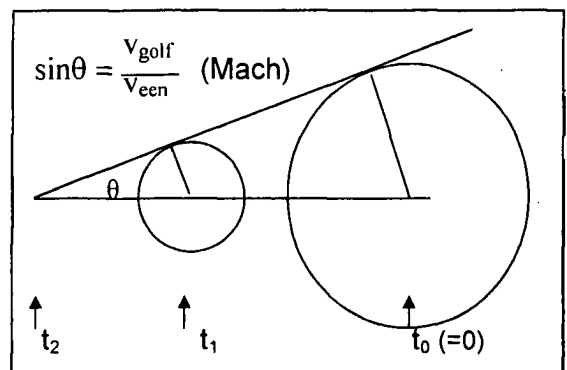


Fig. 4 Hoe het verschijnsel te verklaren?

De begeleiding en een viertal sleutelvragen.

In dit proces van onderzoeken is de rol van de docent degene die vragen stelt en de leerlingen laat verantwoordelijk maken voor wat zij doen of van plan zijn te doen. Een belangrijk aspect van onderzoeken is namelijk dat men zijn onderzoeksactiviteiten weet te onderbouwen. De vragen van de docent moeten daarop gericht zijn. Daarvoor zijn een viertal sleutelvragen bruikbaar behorende bij vier sleutelactiviteiten van het doen van onderzoek.

activiteit	vraag
1. Mobiliseer de nodige kennis (van theorie en experimentele procedures)	Wat houdt 'het' in? Waar heb je het over? Wat betekent ...?
2. Betrek de theorie op de praktijk	Wat verwacht je dan te zien/meten? Zijn er consequenties voor je meetopstelling?
3. Betrek de praktijk op de theorie	Wat zeggen die resultaten/beelden jou? Kloppen ze met jouw ideeën?
4. Onderbouw/verantwoord je handelen en denken	Waarom doe je dat zo? Waarom denk je dat dat zo is?

Deze vragen kunnen in elke fase het onderzoek richting geven. In ons geval zal blijken dat de hypothese niet klopt. Het blijkt namelijk dat de hoek van de V in het water 'altijd' hetzelfde is.

Nu is dat voor het onderzoek niet erg. Integendeel. Het is dan wel zaak dat de leerling zijn activiteiten kan onderbouwen en zo de discrepantie tussen theorie en resultaten kan verantwoorden.

Nauwkeurige observatie zal aangeven dat het golfpatroon ingewikkelder en dus ook interessanter is (zie fig. 5). Een zoektocht in de literatuur heeft hier een verklaring voor (Minnaert en Feynmann). De docent kan dit in zijn 'achterzak' houden voor de leerling die zich niet wil neerleggen bij de geconstateerde discrepantie.

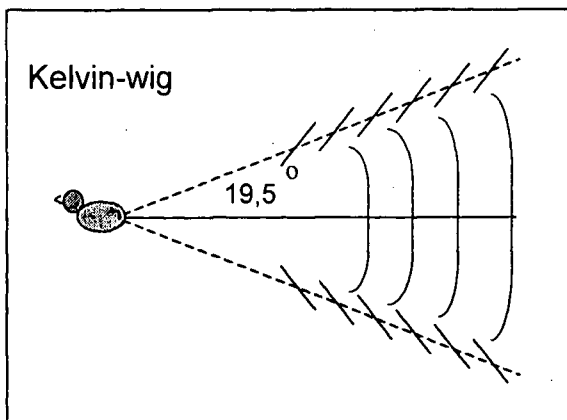


Fig. 5 De werkelijke golven die een zwemmende eend veroorzaakt. Een parallelle serie golfjes langs een V-vorm (de Kelvin-wig). Daar tussenin een serie evenwijdige golven loodrecht op de zwemrichting.

De werkgroepeliders kunnen intussen niet meer langs een vijver lopen zonder allerhande nieuwe natuurkunde te 'zien'.

Literatuur

Minnaert, Natuurkunde van het vrije veld. Deel 3, 152-184.

The Feynmann Lectures on Physics. Deel 1, 51-54.



SLO-project Palet

Werkgroep 16

F. Gravenberch

SLO

Tijdens de workshop over het project Palet hebben Frits Gravenberch (SLO) en Jos Smits (Fontys Sittard/SLO) de ca. 15 deelnemers geïnformeerd over de opzet en de inhoud van een Cd-rom waarmee docenten hun leerlingen zelfstandig kunnen laten werken aan een praktische opdracht over het onderwerp 'kracht en beweging', en over de resultaten van een aantal praktijkbeproevingen in klassen 4 en 5 vwo. Zo is duidelijk gedemonstreerd hoe de leerlingen op interactieve wijze hun kennis over de newtonwetten kunnen toetsen en uitbreiden met behulp van o.a. computersimulaties en videometen en hoe zij aan de



hand van een stappenschema op weg worden geholpen om een praktisch experimenteel onderzoek voor te bereiden, uit te voeren, te rapporteren en te evalueren.

De deelnemers hebben zeer nuttig commentaar geleverd wat betreft de algehele opzet van de lessenserie en verschillende aanwijzingen voor verbetering gegeven.

Afgesproken is dat het commentaar zoveel mogelijk zal worden verwerkt in een versie 1.3, die degenen die zich daarvoor hebben aangemeld zo spoedig mogelijk zal worden toegestuurd.

Creatief met het fysicapracticum

Werkgroep 17

S. Daems



Inleiding

In de eindronde van de Vlaamse Fysica Olympiade worden twee practicumopgaven voorgelegd aan de kandidaten. Eén van de opgaven is steeds een creatieve practicumopgave waarbij de kandidaten moeten bewijzen dat ze op een originele manier met een practicum kunnen omgaan. Enkele van deze practica worden voorgesteld en door de toehoorders uitgevoerd.

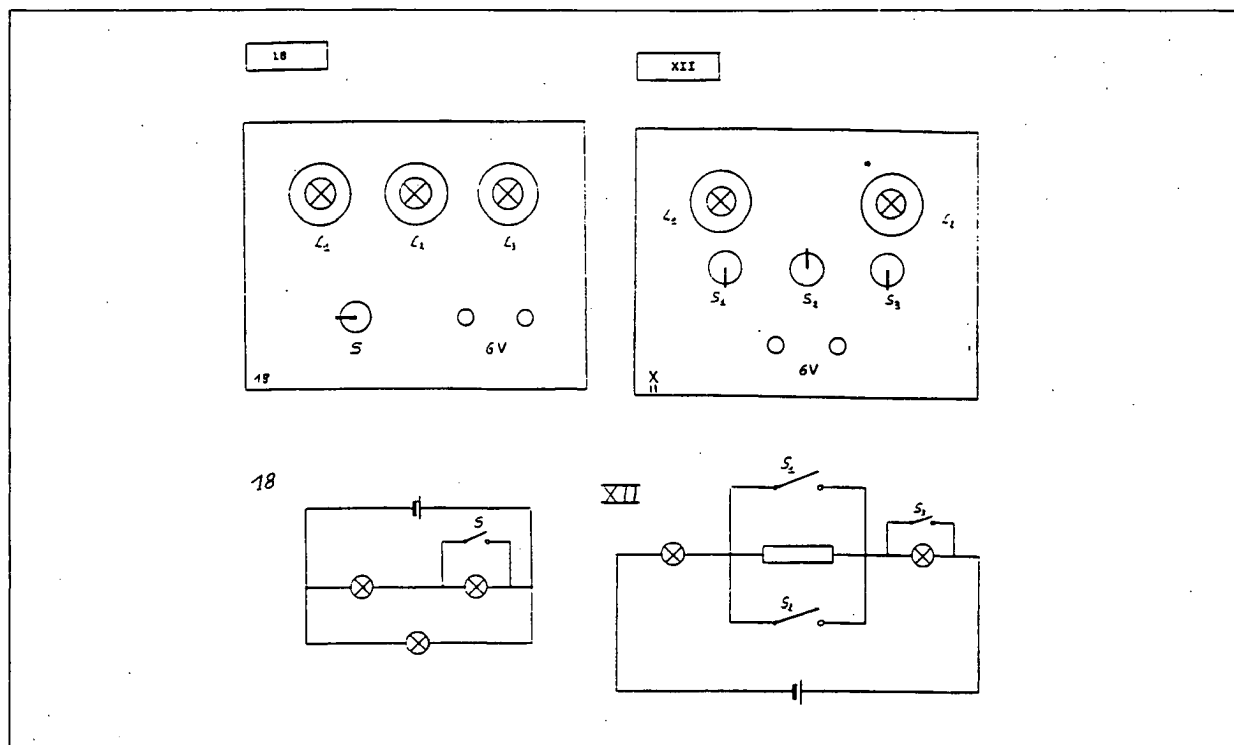
Creatieve proeven Fysica Olympiade 1989-2000

1989 – Aan een soepele veer hangt een onbekende massa die niet mag verwijderd worden. Je beschikt over 5 ijkmassa's, een meetlat en een chronometer. Bepaal de waarde van de onbekende massa.

1990 – Met volt- en ampèremeter wordt de weerstand gemeten van een 6V-gloeilampje. Men maakt met de resultaten een $I-U$ grafiek en een $R-U$ grafiek. In de $I-U$ grafiek worden twee raaklijnen getekend nl. in het punt 0V en in het punt 6V. Welke grootheid wordt er voorgesteld door de richtingscoëfficiënt van de raaklijnen?

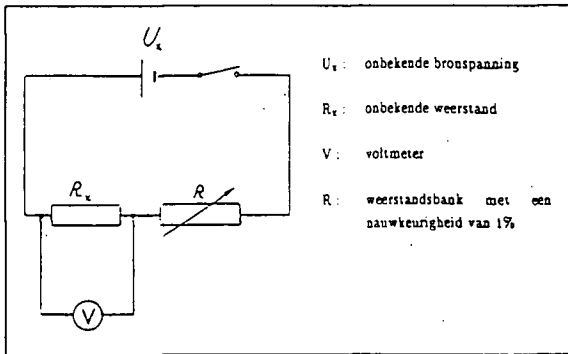
Tenslotte wordt met een multimeter de weerstand van het lampje gemeten.

1991 – De leerlingen krijgen twee black boxen ter beschikking (genoemd 18 en XII). 18 is bedoeld als kennismaking en is dus wat eenvoudiger. De opdracht is het achterhalen van het schema van de schakeling.



1992 – Meting van de inwendige weerstand van een batterij. Naast de batterij beschikt men over twee weerstanden ($R_1 = 10,0 \pm 0,1 \Omega$ en $R_2 = 100 \pm 1 \Omega$) en een ideale voltmeter en verbindingssnoeren.

1993 – Meting van een onbekende bronspanning en van een onbekende weerstand. De schakeling op volgende figuur staat er beschikking.



U_x en R_x moeten bepaald worden. Geen enkel schakelement in de kring mag van plaats veranderen. U_x en R_x moeten uit een grafiek worden afgeleid.

1994 – Meting van de veerconstante van een soepele spiraalveer. Men beschikt over 5 ijkmassa's van 10,0 g, één ijkmassa van 50,0 g en een chronometer. (Men beschikt niet over een meetlat om de verlenging te meten!) Men moet de veerconstante dynamisch meten. De opgave ging verder ook over de invloed van de eigen massa van de veer.

1995 – Valt het niet dan drijft het wel. Een smalle buis drijft verticaal in het water van een brede buis. Men moet de factoren opnoemen die een invloed hebben op de periode T van het trillend buisje. Men moet één van de opgegeven factoren experimenteel onderzoeken. Op het smalle buisje is een schaalverdeling in cm aangebracht. (De 0 valt samen met de onderzijde.) De beschikbare stalen kogels hebben elk een massa van 4,08 g. Men beschikt ook over een chronometer.

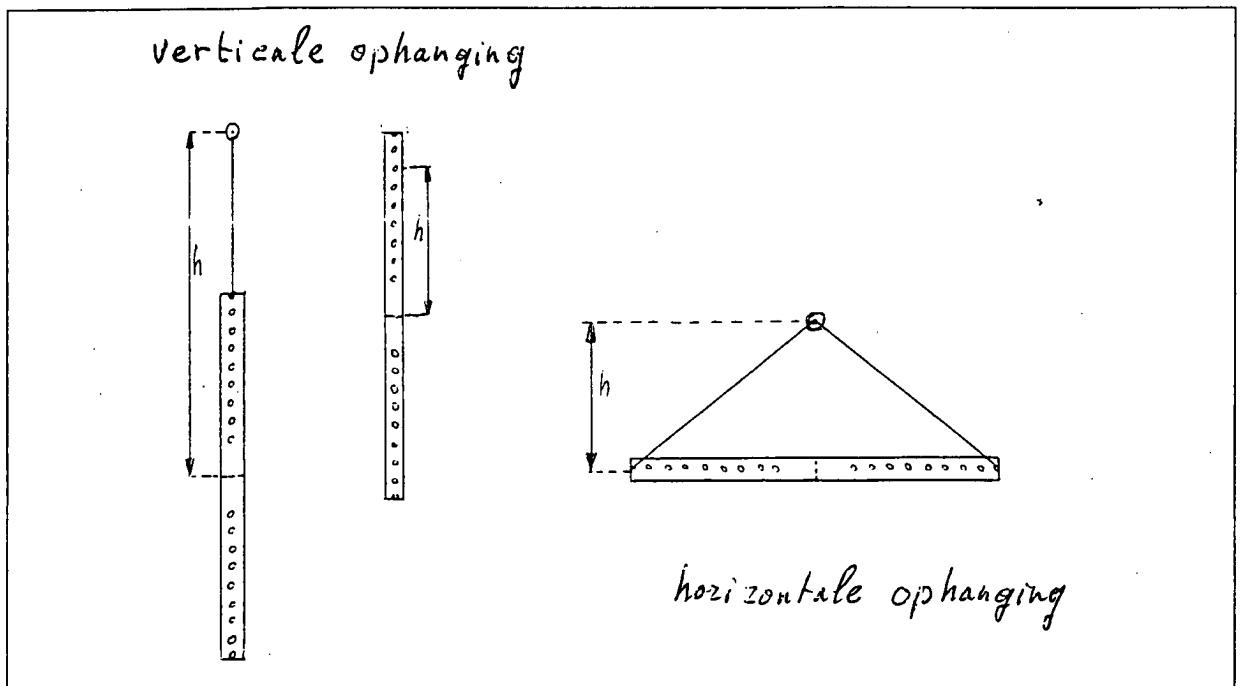
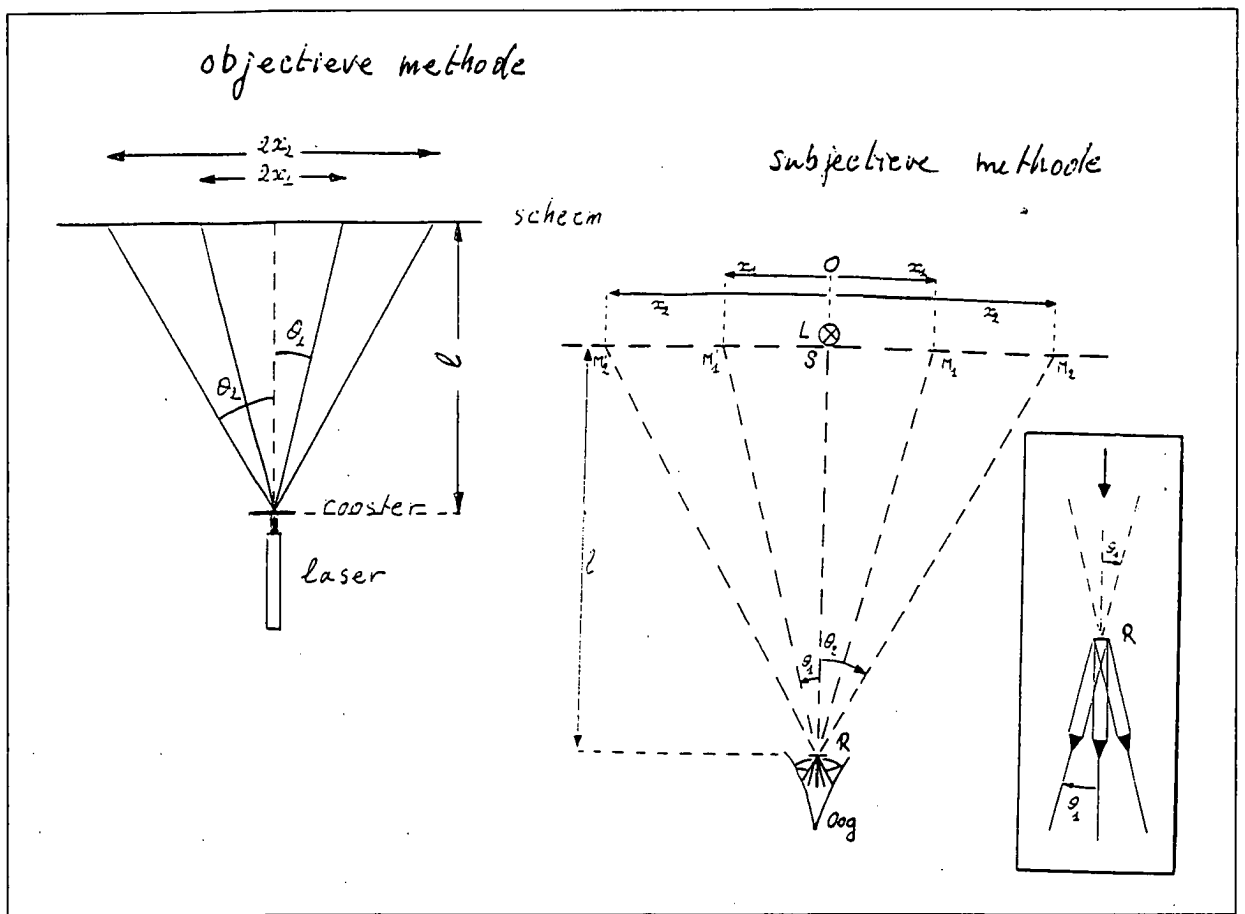
1996 – Meting van de soortelijke of specifieke condensatiewarmte l_{co} van water. Een stoomgenerator levert continu een stoomstraal. (De temperatuur hiervan is opgegeven!) De kandidaten beschikken over een thermosfles, glaswerk voor het manipuleren van water, een thermometer van 50°C met een nauwkeurigheid van $0,1^\circ\text{C}$, een balans en water. (Er is eveneens ijs beschikbaar om de begintemperatuur van het water te verlagen.) De warmtecapaciteit van de gebruikte thermos is gegeven.

De balans is een bovenweger zodat de thermos op de balansplaat kan worden gezet. De thermos wordt gevuld met een bepaalde hoeveelheid water. Men laat dan een tijdje stoom condenseren in het water van de thermos. Uit gemeten massa's en temperaturen kan de gevraagde condensatiewarmte gemeten worden.

1997 – Aan de ketting gelegd. Meting van de periode van een homogene ketting. Men moet een lijstje opgeven met factoren die invloed hebben op deze periode. Men moet dan één van de factoren experimenteel onderzoeken (meest voor de handliggend is de lengte). Men moet ook de formule voor de periode van de slingerende ketting opstellen. Men beschikt over statief met ophangstaafje voor de ketting, ketting, rolmeter, chronometer en balans.

1998 – Hoe groen is mijn kwikdamplamp? De opdracht bestaat uit twee delen. Deel 1 is de zogenaamde objectieve methode. De opstelling bestaat uit een laserpointer, een rooster en een scherm. De golflengte van de laser is gegeven. Men moet dan de roosterconstante van het rooster meten. Deel 2 is de zogenaamde subjectieve methode. Als men doorheen een rooster naar een monochromatische lichtbron kijkt dan ziet men de maxima van de verschillende orden. Het oog wordt hierbij vlak achter het rooster geplaatst. Deze maxima worden dan gelokaliseerd op de dwarsschaal met mm-verdeling. Met deze opstelling kan de golflengte van een bron gemeten worden vermits de roosterconstante via deel 1 bekend is. Als bron wordt gebruik gemaakt van een kwikdamplamp (uit het zuiden des lands volgens mijn noorderburen!) die met een eenvoudig hulpmiddel kan gevoed worden via de netspanning. (In serie schakelen van een ballast van een TL-lamp van 40W.) Men meet de golflengte van de groene lijn uit het kwikspectrum.

1999 – Eén twee, drie, vier een staafje van plezier. Een staaf kan slingeren in vier verschillende situaties met dezelfde periode T . De opdracht bestaat erin deze vier situaties experimenteel te ontdekken. Een homogene staaf van 80 cm heeft om de 4 cm een kleine doorboring. De staaf kan in deze doorboringen opgehangen worden aan een ophangstift (verticale ophanging). De rotatie-as ligt dan in de staaf. De staaf kan ook met behulp van het aanwezige touw horizontaal worden opgehangen. De rotatie-as ligt dan buiten de staaf.



2000 – De benji-sprong. Van praktijk naar theorie en terug.

De bedoeling is op laboratoriumschaal een benji-sprong te laten uitvoeren die aan een aantal welbepaalde eisen moet voldoen. De valhoogte en de vallende massa zijn bekend. De benjispringer moet in zijn laagste punt op minder dan 30 cm van de bo-

dem komen, maar mag uiteraard de bodem niet raken. De uitrekking van de elastiek mag maximaal 220% zijn en moet minimaal 180% zijn.

Procentuele uitrekking = $(\Delta l / l_0) \cdot 100\%$

Hierin stelt l_0 de onbelaste beginlengte voor, en Δl de verlenging die er bijkomt. Je krijgt een stuk elastiek ter beschikking om onderzoek te doen. Het zijn

drie identieke stukjes elastiek die naast mekaar zijn geplaatst (in parallel dus). Uit de resultaten van het onderzoek moet je het antwoord op het probleem formuleren. Na het beëindigen van het practicum wordt je antwoord experimenteel geverifieerd.

Volgende gegevens zijn beschikbaar (zie ook de figuur op de antwoordbladzijde).

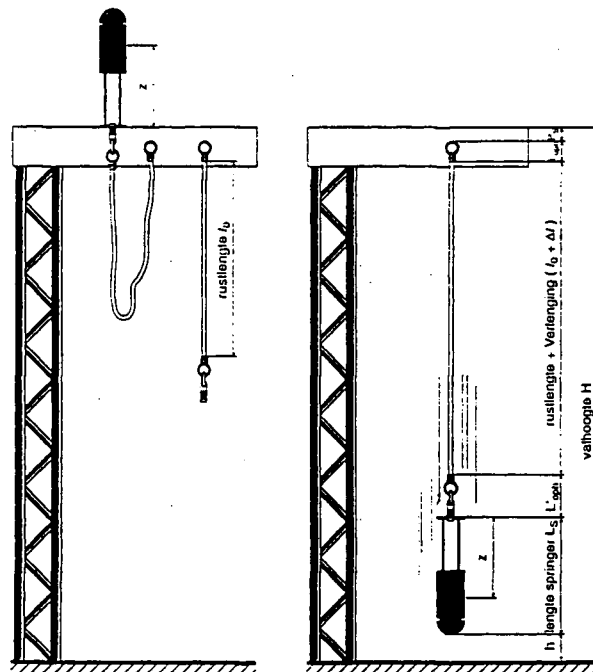
Je beschikt over een computer en je kan printen. De computer is geladen met een programma dat grafieken kan tekenen en de oppervlakte onder de grafieklijn kan berekenen.

1. Massa van de benji-springer met haakje:	$m_b = 329$ gram
2. Lengte van de benji-springer:	$L_s = 16,6$ cm
3. Verticale afstand tussen vertrekplateau en bodem:	$H = 256$ cm
4. Het zwaartepunt van de benji-springer ligt in de verticale stand 10,5 cm boven de voetzolen:	$z = 10,5$ cm
5. De valversnelling:	$g = 9,81$ m/s ²
6. Verticale afstand tussen vertrekplateau en bevestigingsstaafje van de elastiek:	$P_s = 3,0$ cm
7. De twee bevestigingen aan de elastiek, respectievelijk L_{oph} en L'_{oph} genoemd, hebben volgende afmetingen:	$L_{oph} = 1,5$ cm $L'_{oph} = 4,3$ cm

ANTWOORDBLAZIJDE

Deze antwoordbladzijde moet samen met je verslag worden afgegeven

Mijn naam is:



Mijn antwoorden zijn:

De lengte van de elastiek =

Het aantal samengevoegde elastieken =

Opmerkingen

- De teksten van deze opgaven zijn een zeer beknopte weergave van deze die aan de kandidaten werden gepresenteerd. (Op de werkgroep waren de volledige teksten aanwezig.)
- De concrete opstellingen waren op de werkgroep aanwezig voorzien van de meetresultaten. Om allerlei praktische redenen was dat niet het geval voor de opgaven 1990, 1992 en 1996.

Kenmerken van creatief practicum

- Nieuwe opgave - geen herhaling.
- Kwantitatief probleem.
- Het verband tussen de factoren is meestal niet lineair.
- Het verband tussen de factoren moet op een grafiek als een rechte worden voorgesteld.
- Geen geïdealiseerd type probleem maar een realistische opgave.
- Complex(er) probleem. Men moet kennis uit verschillende gebieden samenvoegen.
- Bronnen voor creatieve proeven - veel lezen, kijken en nadenken (werken dus!).
- Creativiteit is 20% inspiratie en 80% transpiratie.

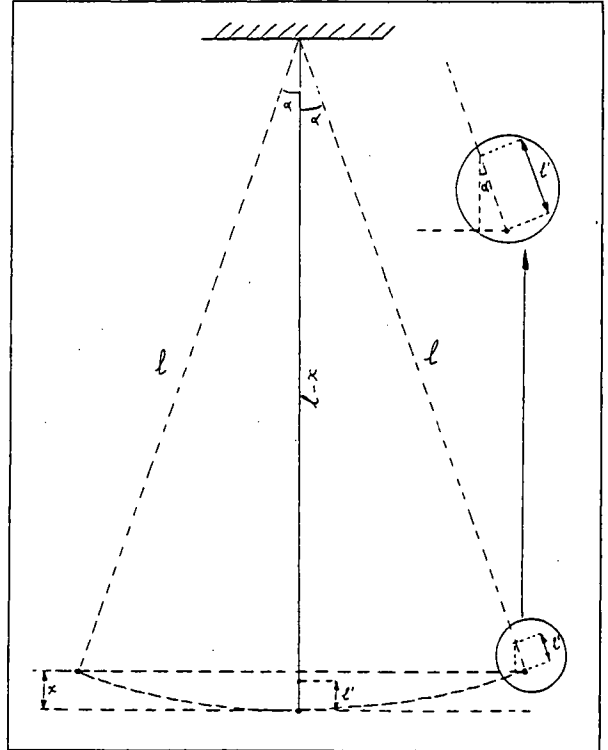
Uitsmijter: *Lof zwaaien over Compostela*

In de kathedraal van Compostela bestaat een zeer bekende toeristische attractie. Een zilveren wierookvat van 60 kg is met een touw opgehangen aan een centraal punt in de koepel. Het touw loopt daar over een katrol en het vat kan zo opgehesen worden. Aan het wierookvat (botafumeiro genoemd) wordt een kleine beginamplitude gegeven. Door op het juiste moment het vat omhoog te trekken en het op het juiste moment weer neer te laten kan men de amplitude van de slingering steeds verder vergroten. In de eindfase bekomt men een indrukwekkende slingering met een amplitude van 90° . Een video-opname van dit spectaculaire fenomeen werd getoond.

Vervolgens kan het fenomeen worden ingeoefend op een opstelling op laboratoriumschaal.

Het vervolg van het (theorie)practicum kan er dan uit bestaan dat leerlingen in groep de theoretische verklaring op kwantitatief niveau van dit fenomeen opstellen.

De volgende figuur kan hierbij behulpzaam zijn.



25 jaar Vitus natuurkunde methode

Werkgroep 19

*W. Schraven, B. Westerveld
& E. Blomberg*

St. Vituscollege, Bussum

Inleiding

Rond 1970 bestond onze natuurkundesectie uit drie beginnende docenten, die graag wilden dat hun leerlingen de natuurkunde konden begrijpen en leuk zouden vinden.

Er werd gekozen voor de methode 'Terreinverkenning in de natuurkunde' van Auer en Hooymayers omdat daar voor ons gevoel het leerproces van de leerling duidelijker centraal stond dan bij de andere toen bestaande methodes.

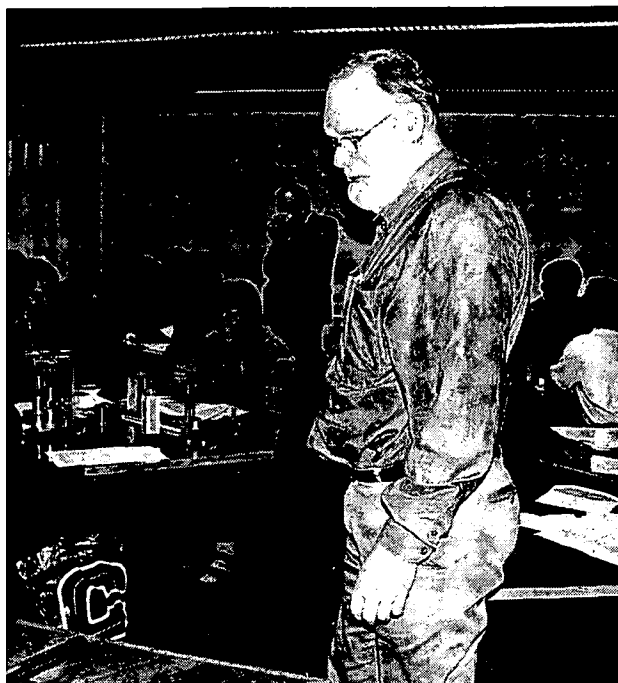
De werkwijze in de klas was meestal het klasgesprek waarbij de docent probeert de leerlingen tot natuurkundige uitspraken of antwoorden te brengen waarbij zoveel mogelijk leerlingen zich betrokken kunnen voelen.

De door de leerlingen behaalde resultaten bij de toetsen bleven matig. Op het sectieberaad kwamen we tot de conclusie dat we met die klasgesprekken niet op de goede weg waren. We gaven ongewild tijdens die gesprekken te vaak zelf het antwoord op de door onszelf aangedragen vragen. De leerlingen vonden die antwoorden logisch, ze konden er niets tegen in brengen, ... maar ze zouden er zelf nooit op gekomen zijn. Ook mag je als docent niet verwachten dat alle leerlingen tegelijkertijd aan hetzelfde probleem toe zijn.

We bleven dus te veel over de hoofden van de leerlingen heen praten. De leerlingen begrepen te weinig en leerden te veel napraten.

Nogal radicaal, de tijdgeest was behoorlijk revolutionair, zeiden we tegen de leerlingen: 'Gaan jullie zelf maar met zijn tweeën uit het boek werken. Als je het niet snapt dan help ik je wel.' Zij moesten hun antwoorden opschrijven en wij keken dat na.

De eerste ervaringen waren gunstig. Voor de docent is het een plezierige ervaring om leerlingen met elkaar over natuurkunde te horen praten. Hij kan onge-



dwongen bij het gesprek aansluiten en de leerlingen vragen makkelijker om hulp.

Maar ook werd duidelijk hoe moeilijk het voor een docent is om de goede vraag te stellen. Hij is natuurkundige en kent het einddoel. Hij gaat bij zijn vraagstelling heel gemakkelijk uit van een standpunt dat nog niet het standpunt van de leerling is.

Een goede docent weet de vragen te stellen die ook de vragen van de leerlingen kunnen zijn. Maar hoe dwing je jezelf daartoe?

Wij ontwikkelden als sectie een werkwijze waarmee dit probleem structureel werd aangepakt.

De antwoorden van de leerlingen werden in de sectie besproken. Als erg veel leerlingen niet tot het goede antwoord kwamen dan was de vraag fout en moesten we die vraag beter met andere vragen voorbereiden. We bespraken met elkaar welke vragen dat moesten/konden zijn en vulden zo de leergang aan. Grote delen van het boek werden op die manier herschreven en opnieuw uitgeprobeerd, net zolang tot we tevreden waren. We bedachten vragen die de leerlingen moesten helpen de problemen echt te ervaren. Dan pas zouden ze gevoelig kunnen zijn voor een oplossing. Met hetzelfde doel werden proeven ontworpen en uitgekozen. Het practicum werd dus geïntegreerd in de leergang.

Echt uitleggen deden we liever niet. Als de leerlingen om hulp vroegen dan stelden we bij voorkeur vragen. Wat weet je al? Waar ben je dat woord al tegengekomen? Wat is daarover afgesproken? Wat moet je nu nog weten? Wat heb je in de vorige opgave gedaan?

Misschien ingrijpender dan deze didactische ommezwaaai was, zeker binnen de toen heersende onderwijscultuur, de invoering van het groepswerk. Wij hadden de indruk dat leerlingen veel van elkaar leren

als ze met elkaar in discussie gaan en geprikkeld worden om argumenten voor en tegen aan te dragen. Omdat twee leerlingen het te gauw met elkaar eens zijn kozen we voor groepen van vier leerlingen. Als vier leerlingen het met elkaar eens zijn over een antwoord dan is de kans groter dat het antwoord juist is. We hadden met het groepswork ook een aantal algemeen-pedagogisch doelen voor ogen zoals:

- het leren stelling nemen
- het met argumenten leren verdedigen of aanvallen van een standpunt
- het verantwoording leren afleggen voor het eigen gedrag, ook in de groep.

De keuze voor het werken in groepen van ongeveer vier leerlingen kwam ook voort uit praktische overwegingen betreffende correctietijd en practicummateriaal.

En zo groeide er een natuurkundeleergang voor HAVO en VWO met de volgende kenmerken:

- gericht op de zelfwerkzaamheid van de leerlingen
- grote aandacht voor de opbouw van begrippen
- volledig geïntegreerd practicum.

Materiaal bekijken

In de werkgroep werd in kleine groepen telkens gedurende een kwartier een stuk leergang bekeken. Aanwezig waren het werkboek van de leerlingen, een schematisch overzicht van de opbouw en een gedeelte van het bijbehorend practicummateriaal.

Tafel 1: Klas 2 Kracht – Evenwicht van krachten. Krachten meten. Weerstand. Steunkracht. Krachten met versnellende werking en krachten met vertragende werking. Versneld, eenparig en vertraagd bewegen.

Tafel 2: Klas 2 Stoffen – Hoeveelheid stof verandert alleen als je er iets bij doet of af haalt. Volume geen goede maat voor de hoeveelheid stof. Zwaartekracht afhankelijk van de plaats op aarde. Zwaartefactor geeft aan hoeveel N/kg de zwaartekracht is. Massa als maat voor de hoeveelheid stof. Als je ergens op aarde nauwkeurig één kg zand afpast dan is de zwaartekracht die erop werkt evenveel als op één liter water van 4° C.

Tafel 3: Klas 3 Elektriciteit – Onderzoek van gewreven staven. Bijzonder gedrag van metalen. Elektroscoop. Twee typen van statisch-zijn die elkaar kunnen opheffen. Verondersteld wordt daarom dat er bij het ene type sprake is van teveel van iets en bij het andere van te weinig. Positief en negatief.

Tafel 4: Klas 3 Energie – Schema's van energie-omzettingen. Behoud van energie. De hoeveelheid energie wordt zowel door de kracht als door de afstand bepaald. Als dezelfde energie geleverd wordt dan is 'kracht x afstand' hetzelfde. Rendement en vermogen bij energie-omzettingen.

Tafel 5 – Alle boeken van de leerjaren 2 t/m 6.

Aan de tafels 1 t/m 4 werd met belangstelling gebladerd en gekeken. Er werden af en toe vragen gesteld, maar gesprekken over het hoe en waarom van het betreffende stuk leergang kwamen helaas niet zo goed van de grond. Vanuit onze 'beroepsdeformatie' hadden we dat wel verwacht/gehoopt. Als wij zelf een nieuwe methode bekijken dan doen we dat met de vraag: Kan een leerling hier zelfstandig mee aan de slag? Hoe worden begrippen ingevoerd?

Plenaire afronding

Hoe worden die groepen gevormd?

Wat als de groep de antwoorden overschrijft van die ene goede leerling?

De leerlingen mogen aan het begin van het jaar zelf kiezen met wie ze willen samenwerken.

Groepen die minder goed draaien krijgen vanzelf meer begeleiding van de docent. Hij laat de leerlingen merken wat er fout is aan hun manier van samenwerken en doet suggesties om verbeteringen aan te brengen.

Als je bij een groep te hulp wordt geroepen dan wordt vrij snel duidelijk of iedereen met dezelfde vraag bezig is, of men naar elkaar luistert, of men op elkaars opmerkingen in gaat.

Leerlingen willen niet zo graag overschrijven, maar soms moeten ze omdat ze de groep niet op willen houden. Doen ze dit teveel dan ontstaat er onvrede en er vallen onvoldoendes. Dat valt de docent op. Hij praat er met de groep over probeert bij te sturen. Als er onvoldoende verbetering optreedt dan gaat de docent nadenken over verandering in de groepssamenstelling.

Zijn de (examen)resultaten beter?

Hoe hebben jullie het volgehouden om hier consequent zoveel energie in te steken?

Op de HAVO zitten we al jaren boven het landelijk gemiddelde, op het VWO er iets op of er iets onder.

Voor ons gevoel is er geen duidelijk effect op de examenresultaten. Het zou leuk geweest zijn, maar het is niet ons eerste oogmerk.

Wij vinden het zelf leuk om op deze constructieve manier met ontwikkeling van natuurkunde-onderwijs bezig te zijn en we zien dat veel leerlingen op een ontspannen manier met het materiaal kunnen werken.

Wat betekende de invoering van de Tweede Fase voor jullie?

Aan de manier van werken is er voor de leerlingen eigenlijk niets veranderd. Wij moesten wel de methode aanpassen aan de nieuwe leerstoflijst. Of we de bedoeling van de opstellers goed begrepen hebben zullen de komende examens moeten leren. Maar daarin zijn we niet de enigen.

Voor informatie:

Bart Westerveld: L.Westerveld@cable.a2000.nl

Wil Schraven: Wil-Schraven@wxs.nl

Emil Blomberg: emilblom@dds.nl

Een doorgaande vaardighedenlijn naar het profielwerkstuk

Werkgroep 21

J. Apotheker & H. Pol

Initieel Onderwijs en β -didactiek, RUG



Inleiding

De Rijksuniversiteit Groningen hecht belang aan een nauw contact tussen het voortgezet onderwijs en de Universiteit. Dat resulteert in een aantal projecten, waarin scholen en de Universiteit participeren. Eén daarvan is het project Studiestijgers, dat zijn leven is begonnen onder de naam β -blokker.

Het is een project waarbij docenten van de vakken wiskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie en sinds kort algemene natuurwetenschappen participeren vanuit de scholen. De universiteit levert vakdidactici uit dezelfde disciplines.

Vaardighedenlijn

In de werkgroep lag de nadruk niet zozeer op de producten van Studiestijgers. Het was veel meer de bedoeling de deelnemers het gevoel van deelname aan Studiestijgers mee te geven. Er is vooral gekeken naar de doorgaande vaardighedenlijn in het onderwijs.

In Studiestijgers werd het afgelopen jaar gewerkt aan een inventarisatie van de vaardigheden, die leerlingen moeten hebben als ze aan het profielwerkstuk beginnen. Daarvoor werden een aantal stappen doorgelopen.

Allereerst is vastgesteld welke vijf eigenschappen de leerlingen in ieder geval moesten beheersen. Vervolgens werd met behulp van de taxonomie van Bloom¹ aangegeven op welk niveau de leerlingen die eigenschappen moesten beheersen.

¹ De taxonomie van Bloom geeft in totaal zes niveaus waarop iemand stof kan beheersen. Deze niveaus kunnen op verschillende manieren worden gedefinieerd. Het eerste kennisniveau is de eerste kennismaking met een concept, de tweede is het kunnen herkennen van een concept, op het derde niveau kun je het in een bepaalde situatie gebruiken. In het vierde niveau kun je beslissen of het in een bepaalde situatie past etc. Onze leerlingen komen meestal niet boven dit niveau uit. Wijzelf op een groot aantal terreinen overigens ook niet.

Tabel van eigenschappen

- Vinden van bronnen
- Formuleren van een onderzoeksvraag
- Eventueel opstellen van een hypothese
- Interpreteren van gegevens
- Vertalen in een concreet experiment
- Verslaglegging
- Presentatie
- Instrumentele vaardigheden
- Rekenvaardigheden
- ICT-vaardigheden

Vervolgens kon ieder in zijn eigen vak gaan kijken waar deze vijf vaardigheden aan de orde komen.

Uit eerdere inventarisaties binnen Studiestijgers bleek dat vooral 'het opstellen van een onderzoeksvraag' en 'het ontwerpen van een experiment' vaardigheden zijn die ontbreken, en ook niet getraind worden. Wat ook bleek is dat er bij biologie onevenredig veel aandacht is voor vaardigheden, met name in de basisvorming. Ook het opstellen van een hypothese is iets dat eigenlijk alleen bij biologie uitgebreid aan de orde wordt gesteld.

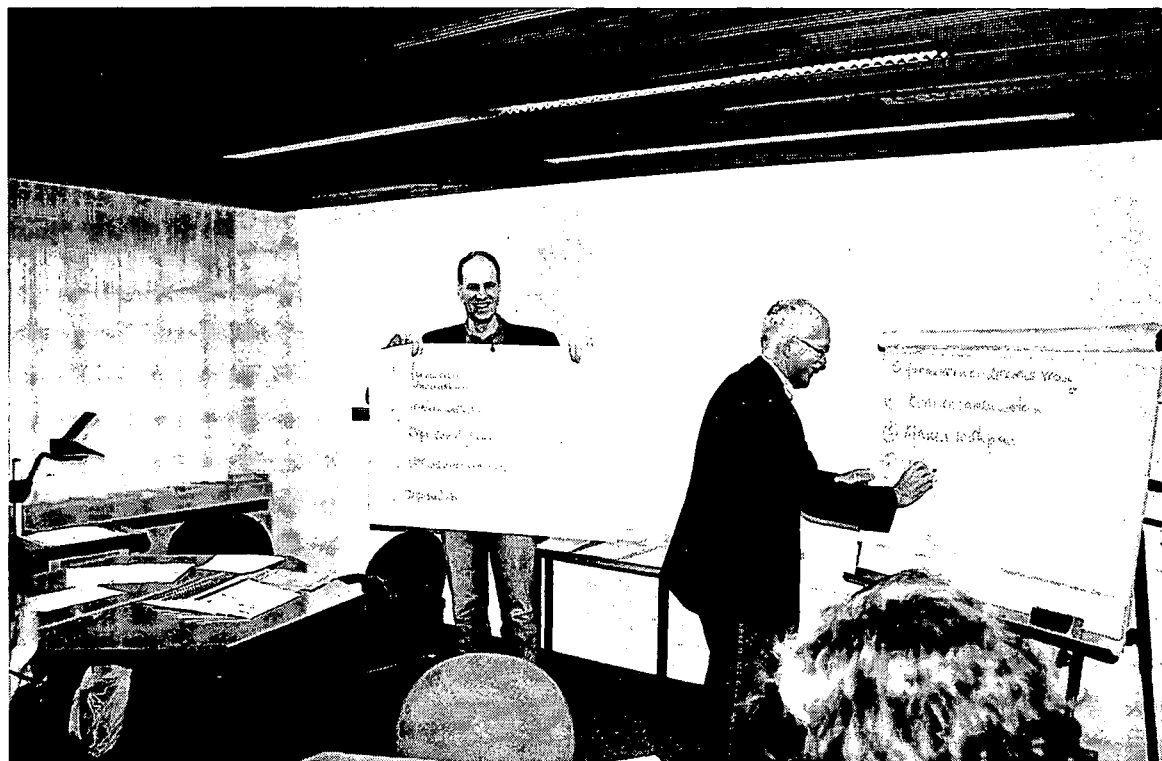
Tijdens de werkgroep lag de nadruk op het proces om te komen tot de inventarisatie. Het doel ervan was de deelnemers aan de werkgroep in de gelegenheid te stellen hetzelfde traject met hun collega's op de eigen school te doorlopen. Op die manier kan daar ook zicht verkregen worden op de noodzakelijke vaardigheden.

Profielwerkstuk

Aan het eind van het vorig jaar is bij Studiestijgers een rapport verschenen over het profielwerkstuk. Door de deelnemers aan het netwerk is geëxperimenteerd met het profielwerkstuk in klas 5 van het

vwo. Het ging erom een beeld te krijgen hoe er samengewerkt kon worden tussen twee vakken, hoe afspraken gemaakt konden worden. Het verloop van de experimenten speelde een rol evenals de rol van de TOA's. Uiteindelijk zijn een vijftiental profielwerkstukken beschreven. Het bijzondere aan de publicatie

is, dat niet alleen de ervaringen van de docent zijn opgenomen, maar ook de reacties van de TOA's en de leerlingen. Hierdoor ontstaat een goed beeld van de impact van een profielwerkstuk op het beleid van de school.



Een leerlinggerichte aanpak in de basisvorming

Werkgroep 23

*C. van Hout, I. v.d. Looy,
W. Maagdenberg & P. Jansen*

Natuurkundedocenten van het Heerbeek College uit Best, het Pius X college uit Bladel en de Fontys Lerarenopleiding Tilburg werken samen in een project. Het project heeft als doelstelling om leerlingmateriaal te ontwikkelen voor leerlingen van de theoretische en gemengde leerweg in de basisvorming. Dit materiaal moet leerlingen aansporen tot het ontwikkelen van een actieve en zelfstandige leerhouding. Groepswork staat in onze methodiek centraal waarbij de leerlingen middels teksten/werkbladen de opdrachten aangereikt krijgen. Naast de inhoudelijke kerndoelen pogen we expliciet aandacht te besteden aan de algemene en vakspecifieke vaardigheden in de pre-ambule.

Vooraf hadden we ons een tweeledig doel voor de werkgroep gesteld:

- collega's trachten te enthousiasmeren voor onze manier van werken
- kritische feedback van collega's op onze methodiek.

Na een korte toelichting op de achtergrond van onze samenwerking hebben we middels een opname van een lessituatie de ca. 25 deelnemers aan de werkgroep inzicht gegeven in onze manier van werken. Vervolgens richtte de discussie in subgroepen zich vooral op de rol van de docent en de vaardigheden van de leerlingen.

In het tweede deel van de werkgroep is in de subgroepen in detail naar het beschikbare leerlingmateriaal gekeken. De volgende richtvragen werden daarbij gesteld.

- zijn de teksten qua taligheid afgestemd op de doelgroep?
- spreekt de inhoud leerlingen aan?
- welke vaardigheden worden ontwikkeld?

- wat vraagt dit van de docent?

In onze beleving heeft de werkgroep aan onze doelstelling voldaan. Dit leiden we af uit het enthousiasme tijdens de discussies, de overschrijding van de duur van de werkgroep met ruim een uur, en de mogelijk blijvende contacten met collega's die daar uit voortgekomen zijn. De Woudschotenconferentie is een prachtige kans om met collega's van gedachten te wisselen over didactische en onderwijskundige ontwikkelingen. Daarom, dank aan allen die onze werkgroep bezocht hebben.

In het blad *Impuls*, een uitgave van het APS, staan in de nummers van oktober 2000 en januari 2001 artikelen over ons project. Het leerlingmateriaal is daarin opgenomen. Heeft u verdere interesse, neem dan contact op met Wim Maagdenberg, tel. 08778 78437.

Werkgroepleiders:

Ine v.d. Looy: Heerbeek College Best

Wim Maagdenberg: Fontys Lerarenopleiding Tilburg

Pieter Jansen: Fontys Lerarenopleiding Tilburg

Laagdrempelig probleemstellend leren

Werkgroep 25

*H. Poorthuis, K. Klaassen
& E. Savelsbergh*

CDB, Universiteit Utrecht

Inleiding

In het project *Laagdrempelig probleemstellend leren* onderzoeken we of het mogelijk is een lessenserie bij een bestaand schoolboek vorm te geven vanuit een probleemstellende aanpak. Bij deze aanpak wordt het leerproces gestructureerd vanuit een samenhangende set probleemstellingen. Ons hoofddoel hierbij is bij de leerlingen een sterkere inhoudelijke motivatie en meer inhoudelijke inbreng te bevorderen.

We hebben voor het schoolboek *Newton* voor 4 havo en 4 vwo bij het hoofdstuk *Elektrische huisinstallatie – Elektrische schakelingen* aanvullend lesmateriaal geschreven. Het aanvullende lesmateriaal bevat een aantal elementen om het probleemstellend leren vorm te geven:

- Bij het hoofdstuk is een probleemstructuur gemaakt van hoofdstukvragen en paragraafvragen. Het hoofdstuk en de lessenserie geeft (gedeeltelijk) antwoord op deze vragen.
- Iedere paragraaf heeft een introductie en een afronding. Hierbij gebruiken we paragraafvragen en een instapprobleem.
- In iedere paragraaf maken de leerlingen een complexe opgave volgens de werkwijze denken-delen-uitwisselen. Hierbij wordt steeds aandacht besteed aan probleemaanpak.
- Het hoofdstuk heeft een introductie en een afronding. Hierbij gebruiken we hoofdstukvragen.

Op het Bonifatiuscollege in Utrecht is in de periode van herfst tot kerst deze lessenserie in alle vierde klassen havo en vwo uitgevoerd. In een latere fase van het project gaan we dit verbreden.

Verloop werkgroep

Voor deze werkgroep hadden zich circa 25 deelnemers verzameld van verschillend pluimage. De meesten waren bovenbouwdocenten en gebruikers van het schoolboek *Newton*. Verder waren aanwezig vier do-



centen die in het project meedoen, een auteur van het schoolboek *Newton*, en enkele medewerkers van lerarenopleidingen en universitaire groepen.

De opzet van de werkgroep was als volgt:

- Inleiding op de opzet en bedoeling van het project.
- Bestuderen van het aanvullend materiaal voor één paragraaf.
Richtvraag: Is de bedoeling van ieder element uit het aanvullend materiaal duidelijk?
- Bestuderen van de leswijzer en de opzet van de lessenserie voor het hoofdstuk als geheel.
Richtvragen: Zou je de ontworpen lessenserie zo willen voeren? Waarom wel, waarom niet? En welke vragen heb je voor het forum van de uitvoerende docenten?
- Forum van docenten: beantwoorden van vragen door de uitvoerende docenten.

Het was een geanimeerde en afwisselende werkgroep, waarbij vooral het enthousiasme van de uitvoerende docenten opviel. Ze waren ervan overtuigd dat het werken met hoofdstukvragen, paragraafvragen, instapproblemen, en met probleemoplossen via denken-delen-uitwisselen hun onderwijs leuker en leerzamer had gemaakt

Vervolg

We hopen in contact te komen met docenten die zich aangesproken voelen tot een probleemstellende aanpak en zijn benieuwd naar docenten die al ervaring hebben met probleemstellend leren. Met name zoeken we docentgebruikers van het schoolboek *NOVA* die voor het onderwerp elektrische schakelingen uit 4 vwo een jaar mee willen doen met het project.

Verder zijn we bezig een website op te zetten om de uitwisseling van leerlingmateriaal op het gebied van

laagdrempelig probleemstellend leren mogelijk te maken.

Hans Poorthuis, j.j.m.poorthuis@phys.uu.nl
Kees Klaassen, c.w.j.m.klaassen@phys.uu.nl
Elwin Savelsbergh, e.r.savelsbergh@phys.uu.nl
website: <http://www1.phys.uu.nl/natdid/ps/>



De vallende kegel

Werkgroep 26

A. Mooldijk

CDB, Universiteit Utrecht

Inleiding

Binnen de Universiteit Utrecht zijn we begonnen met nadenken over modellen en modelleren in de natuurwetenschappen. Binnen het project 'Beta Profielen in het Studiehuis' is een open opdracht gemaakt over een vallende kegel waarin wiskunde en natuurkunde een rol spelen. 'Vallende kegels' is een zogenaamd 'miniprofielwerkstuk'. Dat is een praktische opdracht over tenminste twee profielvakken met een studielast van 10 h die moet voorbereiden op het eigenlijke profielwerkstuk.

Met als basis deze open opdracht is gekeken op welke wijze het modelleren ingezet kan worden voor een beter begrip van het proces van de beweging van een vallende kegel. Het modelleren komt hier aan de orde zowel met als zonder de computer.

Metten en modelleren

In de werkgroep is door de deelnemers in eerste instantie gewerkt met de wiskundige aspecten van de relatie van grootheden van de kegel met de eindsnelheid van de kegel. Hierna is geprobeerd om die relatie zelf experimenteel te verifiëren door het knippen en plakken van kegels en het opmeten van de eindsnelheden. De deelnemers hebben de opdracht voortvarend aangepakt. Er werd met tafels gebouwd en er is in trapgaten op de Leeuwenhorst gemeten aan de vallende kegels.

Het laatste deel van de bijeenkomst is getoond op welke verschillende manieren je met numeriek modelleren het proces van het vallen en tot een con-



stante eindsnelheid komen van de kegel voor de leerling begrijpelijk kan maken.

Gekeken is naar *Modellus* als voorbeeld van een tekst-georiënteerd modelleerprogramma waar je met behulp van het zelfgemaakte model ook het vallen zichtbaar kunt simuleren.

Er is gekeken naar *Interactive Physics* als simulatie-omgeving waarin veel van het model al verstopt zit en de simulatie centraal staat.

Tevens is gekeken naar *Coach 5*, waar op een eenvoudige manier grafisch gemodelleerd kan worden, je geen visuele simulatie kunt maken maar waar je wel met video kunt werken (en eventueel kunt meten).

Informatie

De tekst van het miniprofielwerkstuk is te vinden op: <http://www.fi.uu.nl/bps/> onder het kopje lesmateriaal.

Het programma *modellus* is gratis te krijgen op:

<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>

Informatie over *interactive physics* vindt u op:

<http://www.krev.com/products/ip.html> terwijl Jan

Rasenberg in Nederland er meer van weet:

<mailto:J.F.C.Rasenberg@hro.nl>

Over *coach 5* kunt u meer vinden op:

<http://www.cma.science.uva.nl/indexnl.html>

Over projecten en activiteiten van het centrum voor didactiek van wiskunde en natuurwetenschappen kunt u meer informatie vinden op:

<http://www.cdbeta.uu.nl/>

ISSN: Interactieve simulaties bij *Systematische Natuurkunde*

Werkgroep 31

F. Neiss & T. Offenga

Uitgeverij NijghVersluys



Inleiding

Het is alweer meer dan vier jaar geleden dat de laatste versie van het simulatieprogramma *Systematic* op de markt verscheen. Hoewel het operating system Windows op dat moment al populair was, betrof het een versie die nog geheel gebaseerd was op het goede (?), oude (!) MS-DOS. Tijdens de Woudschoten conferentie van december 2000 werd een bèta van de nieuwe Windows-versie van het programma gepresenteerd. Dit product zal op korte termijn en in twee uitvoeringen, te weten een leerlingen- en een docentenversie, door uitgeverij Nijgh Versluys op de markt worden gebracht.

De voordelen

Zoals wellicht bekend, simuleert *Systematic* een systeembord met verschillende componenten. Het

programma biedt een aantal grote voordelen ten opzichte van het systeembord. Zo omvat het programma de mogelijkheid om componenten op willekeurige manieren te combineren. Als voor een bepaalde schakeling zes pulstellers nodig zouden zijn, dan kan een leerling er zonder problemen zes op het virtuele bord plaatsen. Dat een dergelijke vrijheid leerlingen stimuleert om te experimenteren, werd met een eerdere versie van *Systematic* geïllustreerd door de leerling die een pincode-automaat nabouwde: na drie keer een verkeerde pincode te hebben ingetoetst, werd de 'pinpas' door de schakeling ongeldig verklaard.

Ook omvat *Systematic* meer verschillende componenten. In Figuur 1 staan de componenten weergegeven die door de nieuwe versie van het programma worden ondersteund.

Invoer	Verwerking	Uitvoer
Drukschakelaar	AD-omzetter	LED
Toggle	Comparator	Lamp
Switch	Pulsteller	Relais
Lichtsensoren	Transistor	Spanningsmeter
Geluidsensoren	EN-poort	Zoemer
Temperatuursensoren	NEN-poort	Sonde
Pulsgenerator	OF-poort	
Variabele spanning	NOF-poort	
	XOF-poort	
	Geheugencel	
	Invertor	

Fig. 1

In het rijtje uitvoercomponenten vindt u onder andere de sonde. Een sonde is een hulpmiddel waarmee het spanningsverloop op een bepaalde aansluitbus, tijdens het uitvoeren van een simulatie, grafisch kan worden weergegeven. Sondes geven een beter in-

zicht in een simulatie, wat vooral erg handig is wanneer deze niet verloopt zoals verwacht. Zie figuur 2, 'Een werkblad met o.a. twee blackboxes en zes sondes'.

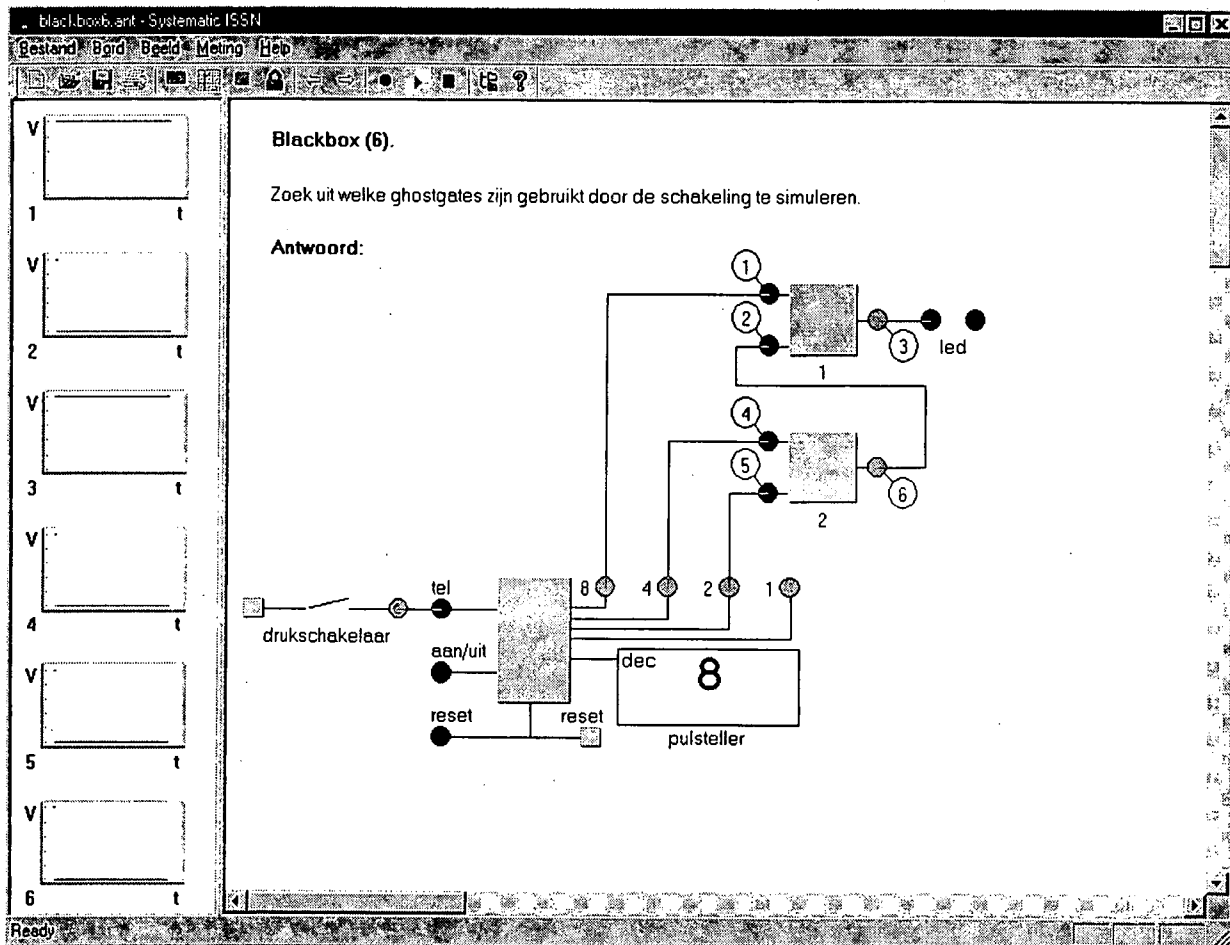


Fig. 2

In Systematic kunnen logische poorten zonder opdruk worden weergegeven, waarna leerlingen door te experimenteren moeten bepalen wat het type van elk van die logische poorten is. Binnen Systematic worden dergelijke componenten 'ghostgates' genoemd (logische poorten die er wel zijn, maar die je niet ziet), maar de term 'blackbox' is meer geaccepteerd. Aangezien examens in het recente verleden vragen hebben omvat met betrekking tot dergelijke blackboxes, biedt Systematic met ghostgates uitstekende mogelijkheden om leerlingen hierop voor te bereiden.

Een ander groot voordeel dat het programma biedt ten opzichte van het systeembord is dat schakelingen kunnen worden uitgeprint of op disk worden opgeslagen, bijvoorbeeld ter beoordeling door een docent, op een later tijdstip.

Een laatste voordeel van Systematic ten opzichte van het systeembord: enthousiast gebruik door vele leerlingen heeft aangetoond dat het programma letterlijk én figuurlijk niet stuk kan!

Laten we eerlijk zijn...

Systematic heeft ook een minpuntje ten opzichte van een niet-virtueel systeembord: een LED, om maar een voorbeeld te noemen, is binnen Systematic geen halfevormig stuk kunststof waaruit twee metaalkleurige pootjes steken, maar een cirkeltje op het scherm. Voor sommige leerlingen kan een dergelijk gebrek aan 'realisme' een probleem zijn. Geen enkele beschrijving van een kangoeroe geeft echter een indruk die vergelijkbaar is met het zelf zien rondspringen van het beest, en wij zijn dan ook van mening dat Systematic gezien moet worden als een *aanvulling* op het werken met een 'echt' systeembord. Overigens is het wel de bedoeling dat volgende versies van Systematic zowel technisch als visueel nóg realistischer zullen zijn.

Toch nog meer voordelen ...

Uiteraard biedt Systematic ISSN 4.0 ook een aantal grote voordelen ten opzichte van eerdere versies van dat pakket. Naast het feit dat het een echte Win-

dows-versie is, wordt de nieuwe versie geleverd met meer dan 40 werkbladen die leerlingen o.a. bekend maken met de werking van de programmatuur, maar die ook de werking van elk van de componenten apart behandelen.

In de nieuwe versie kunnen van méér componenten méér eigenschappen worden gewijzigd, en dit is ook eenvoudiger dan voorheen. Het gebeurt namelijk op de manier die u van Windows gewend bent: door de componenten met de rechter muisknop aan te klikken, verschijnt een 'eigenschappen-venster' waarbinnen de eigenschappen naar wens kunnen worden aangepast.

Net als in eerdere versies van Systematic, kan de muiscursor tijdens een simulatie optreden als licht-, geluids- en warmtebron. Nieuw is echter, dat sensoren ook kunnen reageren op andere componenten. Een lichtsensor kan bijvoorbeeld reageren op een LED en een lamp, de geluidsensor reageert op de zoemer, en de temperatuursensor reageert op een warmtebron zoals de lamp, maar niet op een LED.

Het is ook al genoemd als voordeel ten opzichte van het niet-virtuele systeembord: Systematic ISSN 4.0 kan 'eindelijk' ook borden op papier afdrukken! Naast deze felbegeerd gebleken functionaliteit wordt, zoals het hoort in Windows-programma's, ook de mogelijkheid ondersteund om een 'Afdruk Voorbeeld' op het scherm te bekijken. Verder is de werkruimte om componenten op te plaatsen veel groter dan voorheen, wat leerlingen nog meer mogelijkheden biedt om te experimenteren. Er kan een vrijwel onbeperkt aantal sondes worden geplaatst,

zij het dat het overzicht bij grote aantallen vrij snel verloren gaat vanwege de ruimte die de bijbehorende grafiekjes innemen.

Het plaatsen van bedrading is eenvoudiger geworden. Er hoeft geen draad geselecteerd te worden uit een menu, maar door het aanklikken van een aansluitbus 'weet' het programma, dat de gebruiker een draad wil aanbrengen. Deze kan vervolgens eenvoudig weer worden verwijderd door de te wissen draad met de rechter muisknop aan te klikken.

Tot slot is het mogelijk om per werkvel vast te leggen welke dingen leerlingen met dat werkvel mogen doen. Dit kan variëren van 'alles', tot 'niets, behalve het uitvoeren van een simulatie'. Daartussenin zit onder andere de mogelijkheid om componenten toe te voegen en te verwijderen, eigenschappen van componenten te wijzigen, bedrading toe te voegen en verwijderen, het aanbrengen en wissen van sondes, het laten identificeren van eventuele ghost-gates, enz.

Heeft u naar aanleiding van dit verslag of presentatie behoefte aan meer informatie over ISSN Systematic dan kunt u terecht bij Marika Smits, project-redacteur AVO Exact van uitgeverij Nijgh*Versluys*. U kunt haar per e-mail bereiken op mhmsmits@nijghversluys.nl

J.A. Imthorn (EPOCera, Amsterdam) op verzoek van uitgeverij Nijgh*Versluys* te Baarn.

Windows en MS-DOS zijn geregistreerde handelsmerken van Microsoft Corporation.

Metten op afstand

Werkgroep 33

M. Engelbarts

Inleiding

Bij de werkgroep Fysische Informatica van de faculteit Natuur- en Sterrenkunde van de Universiteit Utrecht is een experiment ontwikkeld dat via het internet bestuurd kan worden. Met de meetopstelling kan, onder andere, de lichtsnelheid in lucht worden bepaald. Deze meetopstelling kan aangestuurd en uitgelezen worden via een website en ook bekeken via een bestuurbare camera. Het experiment is opgezet in het kader van een afstudeeronderzoek van Pim van Yperen en is in september 2000 beloond met de 'ThinkQuest voor de klas 2000' prijs.

Via deze website worden leerlingen uit eind 5 of 6 VWO in staat gesteld metingen te verrichten aan een opstelling die normaal gesproken niet op school aanwezig is. Dit experiment wordt als basis genomen om onderzoek te doen naar de mogelijkheden van het doen van experimenten op afstand in het middelbaar onderwijs. Belangrijke aandachtspunten van dit onderzoek zullen zijn te bepalen waaraan een experiment op afstand zou moeten voldoen, wat de didactische en technische criteria zijn die aan zo'n experiment gesteld zouden moeten worden, hoe het ingepast moet worden in het reguliere onderwijs en wat de beste manier is de achterliggende informatie over te brengen.

Hieronder wordt eerst het experiment en de bijbehorende site beschreven. Daarna wordt aandacht besteed aan hoe de site in de klas gebruikt zou kunnen worden en aan de ervaringen tot nu toe, waarbij ook de discussie tijdens Woudschoten 2000 wordt samengevat en tenslotte wordt beschreven wat de plannen voor de toekomst zijn.

Het experiment

Hieronder volgt een korte uitleg van hoe met de opstelling de lichtsnelheid in lucht bepaald kan worden. Een uitgebreide beschrijving en ook een beschrijving van de bepaling van de brekingsindex is te vinden op <http://hst3791.phys.uu.nl>.

De opstelling – De opstelling bestaat uit een op een spindel gemonteerd zenderkastje en een detectorkastje, twee positieve lezen en een aantal kuvetten, die ook op een spindel zijn gemonteerd. In het zenderkastje bevindt zich een licht emitterende diode (LED) en in het detectorkastje een fotodetectorcel. Een positieve lens voor het zenderkastje zorgt ervoor dat de divergerende bundel, die het zenderkastje verlaat, evenwijdig gemaakt wordt. Voor de fotodetector staat een tweede positieve lens opgesteld, die de evenwijdige bundel convergeert naar de fotodetectorcel. In figuur 1 is een afbeelding van de opstelling te zien. De LED wordt gevoed met een wisselspanning van 50,05 MHz afkomstig van een kristaloscillator in de zender, zodat de intensiteit van de lichtbundel eveneens met een frequentie van 50,05 MHz varieert. Bij het detectorkastje valt de lichtbundel op de fotodetectorcel die als gevolg daarvan een 50,05 MHz wisselspanning produceert¹.

Doordat het zenderkastje op een spindel gemonteerd is kan de afstand tussen de bron en de detector gevarieerd worden.

De vier kuvetten zijn respectievelijk gevuld met water, een suikeroplossing, paraffineolie en lucht en kunnen ook door middel van de spindel tussen de zender en de detector geplaatst worden.

¹ De Analogue Digitaal Converter (ADC), die gebruikt wordt om de fasehoek van de spanning van zowel de zender als de ontvanger te meten, is te traag om met een frequentie van 50 MHz te converteren. Daarom wordt binnen het ontvangerkastje en het zenderkastje de spanning gemengd met een spanning met een frequentie van 50,1 MHz (referentiefrequentie) zodat een mengsignaal met een frequentie van 50 kHz ontstaat. De 50 kHz signalen van de bron en de detector hebben hetzelfde faseverschil als de oorspronkelijke 50 MHz signalen.

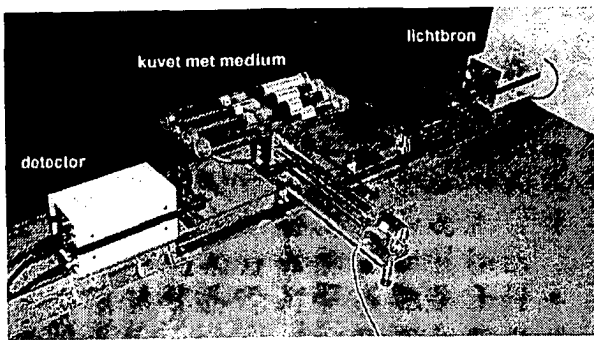


Fig. 1 De via het internet bestuurbare meetopstelling waarmee de lichtsnelheid in lucht en de brekingsindex van een aantal media bepaald kunnen worden

De theorie – Het golfsignaal dat bij de zender vertrekt reist met de lichtsnelheid c_{lucht} naar de detector, die op afstand Δx ten opzichte van de detector is opgesteld. Op hetzelfde tijdstip wordt zowel bij de zender als de detector de fase van het golfsignaal gemeten. Het signaal bij de detector heeft een tijd $\Delta t = \Delta x / c_{\text{lucht}}$ nodig gehad om zich te verplaatsen. De detector meet de faseverschilhoek (tussen 0 en 360°). Het verschil tussen de fasehoek van het signaal bij de detector ten opzichte van het signaal bij de bron is dus: $\Delta\Phi = 360^\circ \Delta t / T$. Aangezien $T = 1/f$ volgt dan:

$$c_{\text{lucht}} = 360 f \Delta x / \Delta\Phi \quad (1)$$

De meetmethode – Om de lichtsnelheid te kunnen bepalen moet in het detectorkastje de gereduceerde fasehoek gemeten worden als functie van de afstand tussen de zender en de detector. De afstand tussen zender en detector kan in deze opstelling variëren tussen de 86 en 64 centimeter. Aangezien de golflengte van het gebruikte licht slechts 680 nm is kan dit licht niet gebruikt worden om de fase te bepalen. Door de intensiteit van het rode licht met een frequentie van 50 MHz te laten oscilleren ontstaat echter een lichtsignaal met een golflengte van een aantal meters. Van dit knippersignaal kan in de detector wel de fase gemeten worden.

Uit vergelijking (1) volgt dat c_{lucht} te bepalen is door de afstand tussen zender en detector (Δx) uit te zetten tegen het verschil tussen de fase bij de detector en de bron ($\Delta\Phi$).

De site

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de architectuur van het internet experiment. De leerling zit thuis of op school achter een computer die verbonden is met het internet. De onderste computer is verbonden met de meetopstelling en via deze computer wordt de opstelling bestuurd en uitgelezen. Deze besturing en uitlezing is geschreven in de programmeertaal LabVIEW en de communicatie met de gebruiker gaat via de door LabVIEW meegeleverde webservice. De bovenste server in figuur 2 is verbonden met een bestuurbare camera, waarmee het moge-

lijk is de opstelling te bekijken, in te zoomen op bepaalde onderdelen enz.

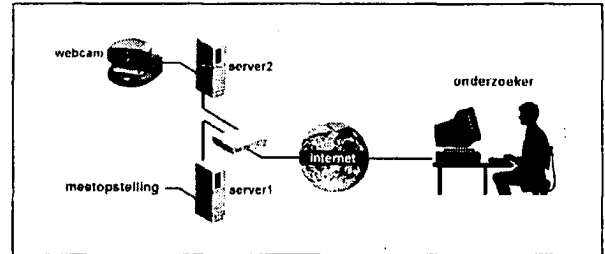


Fig. 2 De architectuur van het internet experiment. Op de server die verbonden is met de meetopstelling draait de HTTP server van Labview

De site is zodanig opgezet dat alles dat gedaan en begrepen moet worden om tot een goed eindresultaat te komen te vinden is op de site en begrijpelijk is voor leerlingen uit eind 5 of uit 6 VWO. De totale site is opgedeeld in drie delen, zoals te zien is in figuur 3. Alle bezoekers van de site komen binnen via de *hoofdsite*. Dit deel bevat algemene informatie over het experiment, laat zien wie er aan meegewerkt hebben, wat de toekomst plannen zijn, enz. Wanneer een bezoeker hierdoor voldoende geïnteresseerd is geraakt kan deze een gebruikersnaam en wachtwoord aanmaken op de aanmeldpagina van de hoofdsite. Deze kunnen vervolgens direct gebruikt worden om in te loggen op het tweede deel van de totale site: de *experimentsite*. Hier kan inhoudelijke informatie over het experiment, zoals de theorie en de meetmethode, worden gevonden. Op de experimentsite bevindt zich ook de agenda, waarin meettijd gereserveerd kan worden. Om te voorkomen dat meerdere mensen tegelijk de meetopstelling proberen te besturen kan alleen toegang tot de opstelling worden verkregen door meettijd te reserveren. Dit is een volledig automatisch systeem dat overzichtelijk laat zien op welke tijden er nog gemeten kan worden en iedere bezoeker in staat stelt maximaal 4 uur meettijd te reserveren (wanneer hiervan 1 uur verstreken is kan wel weer een uur worden 'bijgereserveerd'). Op de experiment site wordt ook uitgelegd hoe de data verwerkt moeten worden en kunnen de, door de leerling gemeten, data worden gedownload. Wanneer de tijd is aangebroken dat een leerling heeft gereserveerd kan toegang gekregen worden tot de *meetsite*. De meetsite is opgebouwd als een meetprogramma. Er zijn verschillende programma's afhankelijk van het soort meting dat verricht gaat worden: een programma voor het bepalen van de lichtsnelheid of een programma voor het bepalen van de brekingsindex.

In de meetsite wordt niets meer uitgelegd, het is slechts een interface naar de meetopstelling. Er wordt van uitgegaan dat de leerling de theorie en meetmethode al bestudeerd heeft. Uiteraard is het wel mogelijk deze pagina's tijdens het meten nog even te raadplegen, maar dit moet dan via de experimentsite gebeuren.

De meetprogramma's hebben een standaard opbouw en opmaak, onafhankelijk van de meting. Er is zoveel mogelijk geprobeerd de praktische handelingen van de niet-afstand-situatie te representeren door handelingen, zoals het ergens klikken of iets instellen, in het meetprogramma. Dit is gedaan om de leerling zoveel mogelijk het gevoel te geven met een meting bezig te zijn.

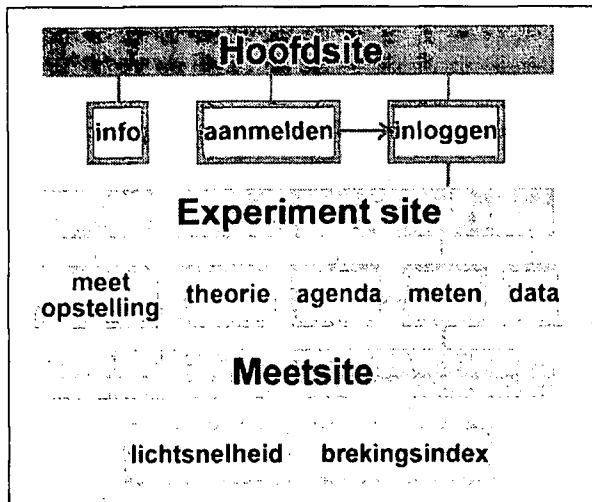


Fig. 3 Schematisch overzicht van de inhoud van de totale website

Gebruik in de klas

Zoals al vermeld richt de website zich op leerlingen uit eind 5 en 6 VWO. Dit is omdat er uit wordt gegaan van bepaalde voorkennis, zoals het bekend zijn met de begrippen brekingsindex, golflengte, faseverschil en licht als golfverschijnsel.

Het experiment is zodanig opgezet dat het volledig zelfstandig uit te voeren is door leerlingen en kan, in de huidige vorm, gebruikt worden als voorbereiding op het doen van een eigen experimenteel onderzoek door leerlingen een gevoel te geven voor welke fasen doorlopen moeten worden bij het doen van een onderzoek. Door het doen van dit experiment kan de leerling zichzelf trainen in het bestuderen van theorie, opstelling en begrijpen en toepassen van een meetmethode, het verzamelen van data met een geavanceerde meetopstelling, het verwerken van deze gegevens, het vergelijken van de gemeten waarden met de theoretische waarde en het verslagleggen.

Ervaringen tot nu toe

Er is tot nu toe door 172 personen een gebruikersnaam aangemaakt. Een groot deel van deze bezoekers is echter niet verder gegaan dan de experiment-site of heeft alleen een paar metingen gedaan om een indruk te krijgen van het op afstand meten. Ook zitten hier mensen bij die meerdere malen een gebruikersnaam hebben aangemaakt en juryleden van de ThinkQuest wedstrijd. Er is ook geen systematisch onderzoek gedaan naar de ervaringen van de leerlingen. Maar wel is het mogelijk, uit de tot nu toe verzamelde ervaringen, de globale indruk van de

leerlingen te formuleren. De grootste bron van deze verzamelde ervaringen vormt de Masterclass 2000 voor natuurkunde. Tijdens deze Masterclass kwamen 16 leerlingen uit 5 en 6 VWO in de herfstvakantie twee dagen naar de UU om er een aantal speciaal voor hen bedoelde colleges volgen. Deze leerlingen kregen 2 uur (wat eigenlijk te weinig is om het experiment goed te kunnen doen) de tijd om de site te bekijken en enkele metingen te doen.

Enkele globale conclusies zijn:

- Wat betreft het gevoel met een echt experiment bezig te zijn kunnen de leerlingen grofweg in drie groepen worden ingedeeld: een groep die het nu al heel leuk vindt om op deze manier metingen te doen, een groep die het principe wel aardig vindt, maar niet altijd even zeer het gevoel heeft met een echte meting bezig te zijn en een derde groep die principieel vindt dat dit geen echt meten is.
 - Veel leerlingen vinden de proef nogal receptmatig opgezet.
 - Veel leerlingen raken het overzicht kwijt als ze bezig zijn de site te bestuderen. Lange stukken tekst worden niet gelezen, maar er wordt veel heen en weer gesprongen tussen verschillende links.
 - Veel leerlingen hebben moeite met het begrip fase-verschilhoek. Op de site wordt dit als basiskennis aangenomen.
 - Veel leerlingen geven aan door de bestuurbare camera het gevoel te hebben echt met een meting bezig te zijn.
- Tijdens de werkgroep op Woudschoten 2000 is er een kleine demonstratie van de website en het experiment gegeven. Hierbij kwam ook het receptmatige karakter van het experiment als grootste negatieve punt naar voren, al was de algemene indruk wel positief. De conclusie van de discussie tijdens de werkgroep was dat de aanwezigen vonden dat het er mooi en leuk uitziet en dat het een aardig initiatief is, maar het experiment zelf niet zwaar genoeg achtten als eigen experimenteel onderzoek. Wel vonden zij het bruikbaar in de klas, maar dan als voorbereiding op het eigen experimenteel onderzoek.

Toekomst

In de toekomst zal gewerkt gaan worden aan het verbeteren van de huidige site en experiment, om vervolgens te proberen aan de hand daarvan technische en didactische criteria af te leiden waaraan een experiment op afstand zou moeten voldoen. Hiervoor zal systematisch onderzoek gedaan worden naar de ervaringen van leerlingen bij het op afstand meten. Belangrijke aandachtspunten bij het verbeteren van de huidige site en proef zullen zijn:

- Verminderen van het receptmatige karakter van het experiment.
- Verbeteren van de informatieoverdracht in het experimenteel deel. Het plan is om automatische diagnostische toetsen in te zetten om de leerlingen meer overzicht te geven over wat er bestudeerd moet gaan

worden en meer idee te krijgen van waar de moeilijkheden liggen.

- Verbeteren van de navigatiemogelijkheden.
- Verkorten van de teksten door het toevoegen van meer interactieve simulaties.

Ten slotte nog een opmerking van een leerling die het volgende voorstelde om het experiment te verbeteren: 'Misschien is het een goed idee om internet wat sneller te laten lopen, ik vond het erg leuk en goed opgezet.'

De website is te vinden op: <http://hst3791.phys.uu.nl>

Mini-profielwerkstuk

Werkgroep 34

T. van der Valk

CD β , Universiteit Utrecht
Project B β ta Profielen in het Studiehuis

Inleiding

Hoe kunnen leerlingen goed voorbereid worden op het profielwerkstuk? Veel scholen worstelen met deze vraag. Uit ervaringen met o.a. EXO is bekend dat leerlingen veel moeite hebben met het kiezen van een beperkte, onderzoekbare onderzoeksvraag, met een goede planning en met het trekken van conclusies die inderdaad een antwoord zijn op de onderzoeksvraag. In het *Project B β ta Profielen in het Studiehuis*, dat door het Centrum voor B β ta Didactiek (CD β) van de Universiteit Utrecht in samenwerking met scholen wordt uitgevoerd, wordt gewerkt aan een leerlijn voor het 'leren onderzoeken' waar alle b β tavakken aan bijdragen. Het leren onderzoeken bouwt in deze lijn voort op wat in de onderbouw al gedaan wordt. Het krijgt steeds de nadruk in praktische opdrachten voor natuurkunde, scheikunde, biologie en wiskunde en het mondt uit in een mini-profielwerkstuk. Dat is een gestructureerd werkstuk van 10 slu, waarin de leerlingen aan een onderwerp werken dat betrekking heeft op *twee vakken*. Bijvoorbeeld op natuurkunde en wiskunde. In de 10 uur, verdeeld over 3 middagen van 2 uur, met tweemaal 2 uur 'thuiswerk', doorlopen de leerlingen in groepen alle stadia die tijdens het profielwerkstuk terugkomen. De ervaring leert dat ze in de te verwachten valkuilen vallen. Dat is niet erg, want een belangrijk onderdeel van het mini-profielwerkstuk is juist de reflectie op wat goed gelopen is, wat mis is gegaan en wat de leerling daarvan kan leren voor het 'echte' profielwerkstuk. Die reflectie vindt plaats aan het eind van elk van de drie middagen, als een *go/no go* of een *eindbeoordeling* gegeven moet worden.

In deze werkgroep werd het mini-profielwerkstuk 'vallende kegels' voor de vakkencombinatie natuur- en wiskunde gedemonstreerd, de deelnemers maakten papieren kegeltjes, onderzochten het vallen en stelden een onderzoeksplan op. Ook beoordeelden ze elkaars onderzoeksplannen. Tevens bespraken de deel-



nemers de didactische vormgeving van het miniprofielwerkstuk.

Geïnteresseerden kunnen het leerlingen- en docentmateriaal van het mini-profielwerkstuk 'vallende kegels' vinden op internet:

www.fi.uu.nl/bps.

De opzet van een mini-profielwerkstuk

Een mini-profielwerkstuk (mini-PWS) is een oefenprofielwerkstuk van 10 slu. Het is de bedoeling dat leerlingen:

- een beeld krijgen van de opzet van het profielwerkstuk
- vaardigheden als geheel oefenen (o.a. onderzoeksvraag stellen; plannen)
- wennen aan het combineren van β -vakken
- zelfvertrouwen krijgen als het gaat om het doen van een open onderzoek.

Zeker in deze fase van de invoering van de tweede fase heeft het doen van een mini-profielwerkstuk ook een aantal belangrijke doelen voor de docent. De docent:

- vormt zich een beeld van het profielwerkstuk
- oefent met het begeleiden van een PWS
- oefent met het beoordelen van een PWS
- went aan β -samenwerking.

Met het mini-profielwerkstuk wil het BPS laten zien hoe vorm gegeven kan worden aan de doelen die het zich stelt:

- Het stimuleren van diepgaand leren. Dat begint erbij dat de leerlingen gegrepen worden door een onderwerp, zichzelf vragen gaan stellen.
- Het bevorderen van interactie in (en buiten) de klas tussen leerlingen onderling en met de docent. Want: een belangrijk onderdeel van leren is het verwoorden van begrippen.
- Het ruimte geven aan inhoudelijke inbreng door leerlingen. Juist in open onderzoek krijgen leerlin-

gen de ruimte om hun eigen vragen te stellen, hypothesen te onderzoeken en antwoorden te vinden.

Het begeleiden van een (mini)profielwerkstuk is moeilijk omdat er een voortdurende spanning bestaat tussen leerlingen de weg wijzen, laten zien hoe het moet en het hen helemaal zelf laten uitzoeken. Als projectgroep hebben we voor het mini-profielwerkstuk de volgende keuzen gemaakt:

- We bieden *structuur én ruimte*.
- We geven aanzetten tot *reflectie* op inhoud, werkwijze en tijdsbesteding.
- We vragen leerlingen steeds om (tussentijdse) *producten*. Daarmee beogen we dat zij hun leerwinst expliciet maken.
- We bieden een duidelijk *organisatorisch kader* aan, bij voorbeeld in de vorm van go/no go beoordelingsmomenten, werkmomenten op school en 'huiswerk' waardoor duidelijk is aan welke eisen wat tijd en producten betreft de leerlingen moeten voldoen. Zie het onderstaande schema van figuur 1.

Omdat het mini-profielwerkstuk voorbereid op en korter is dan het profielwerkstuk, wijkt het er op enkele punten aanzienlijk van af. De twee hoofdpunten zijn:

- Het mini-profielwerkstuk is gericht op reflectie: wat leer ik hiervan voor het profielwerkstuk?
- Het mini-profielwerkstuk heeft één (voorgeschreven) probleemstelling. De leerlingen kunnen dus geen eigen onderwerp kiezen. Maar binnen die probleemstelling is wel ruimte voor een eigen onderzoeksvraag.

Op deze wijze proberen we te bereiken dat de leerlingen niet alleen leren van de eigen ervaringen, maar ook van de uitwisseling met de andere groepen in de klas.

We hebben dus gekozen voor een sterke *structuur*, die de leerlingen de gelegenheid geeft tot:

- inhoudelijk vrijheid
- leren van vaardigheden in samenhang
- leren van zelfstandigheid.

Ervaringen in de klas

De mini-profielwerkstukken zijn uitprobeerde op twee scholen, zowel in H4 als V5. Hoewel er allerlei dingen mis gingen in de organisatie, de samenwerking tussen docenten en de aansturing van de leerlingen, waren de docenten enthousiast. Zij zagen dat de leerlingen leerden van hun fouten, dingen gingen formuleren als 'ik weet nu dat ik bij mijn profielwerkstuk dit en dit anders ga doen dan dat ik het nu gedaan heb'. Ze vonden het leuk dat er zo veel ideeën vanuit de leerlingen kwamen en enthousiast onderzocht werden. En ze leerden zelf veel over wat ze nu precies met het profielwerkstuk willen en hoe ze dat kunnen vormgeven met elkaar. Enkele opvallende punten waren:

- Streng zijn wat de tijd betreft: leerlingen moeten er niet meer dan 10 uur aan besteden! Daarvan leren ze hun tijd te bewaken en effectief te werken (geen tijd verkletsen).
- De leerlingen leren vooral van datgene wat fout gaat. Laat het als leraar ook maar fout gaan, maar zorg wel dat de oorzaken ervan besproken worden!
- Een goede organisatie is noodzakelijk. Als er iets fout gaat omdat het lokaal waar aan het mini-profielwerkstuk gewerkt wordt bezet is, leren de leerlingen daar niets van.
- De docent en de leerlingen raakten zo inhoudelijk geïnteresseerd in de vallende kegels, dat er aan het eind te weinig tijd dreigde over te blijven voor een gezamenlijke reflectie. In de korte tijd die er niettemin was, werd eigenlijk het meeste geleerd. Dus benadrukten de docenten: vergeet de reflectie niet!

Mini-PWS	Inhoud	Docent-activiteiten	Leerling-activiteiten	Product	Leerdoelen t.a.v. PWS
Middag 1: <i>Oriëntatie</i> 2 slu					
Go/no go; terug- en vooruitblik					
huiswerk 2 slu					
Middag 2: <i>Uitvoering</i> 2 slu					
Go/no go; terug- en vooruitblik					
huiswerk 2 slu					
Middag 3: <i>Afronding</i> 2 slu					
Presentaties; terugblik					

Fig. 1 Structuur mini-profielwerkstuk

Beschikbare mini-profielwerkstukken:

Het BPS is bezig met het ontwikkelen van vier mini-profielwerkstukken. Het gaat daarbij om 'halfproducten'. Dat wil zeggen dat er ideeën zijn uitgewerkt, maar dat de docenten zelf die ideeën nog verder moeten uitwerken en aanpassen aan hun specifieke omstandigheden op school. De mini-profielwerkstukken zijn of komen dan ook via internet beschikbaar.

- Vallende Kegels (na – wi)
- Waterkwaliteit (bi – sk)
- Reuzen en Kabouters (bi – na)
- Gist (bi – sk).

De werkgroep 'vallende kegels'

De deelnemers aan de werkgroep maakten kennis met het mini-profielwerkstuk 'vallende kegels' en enkele oriënterende proeven die toonden dat een vallend kegeltje eerst versneld valt en al gauw een constante snelheid heeft; dat verschillende kegels met verschillende eindsnelheid vallen, maar dat er ook kegels zijn die erg lijken te verschillen (wat de straal betreft) maar toch even snel vallen (zelfde papier en tophoek). Daarna werden ze aan het werk gezet. In groepjes knipten ze kegels, bedachten ze een onderzoeksvraag en een manier om daarop een antwoord te vinden. Die schreven ze op een formulier (zie bijlage) die de leerlingen aan het eind van het eerste blok uur moeten inleveren en waarop de leerlingen een go/no go beoordeling krijgen. De groepen beoordeelden elkaars ingevulde formulier en waren niet erg tevreden over wat de andere groep ervan gemaakt had: allemaal gaven ze elkaar een no go beoordeling! Daarover werd nagepraat en dat maakte hen ervan bewust dat je aan leerlingen niet te hoge beginesen moet stellen.

Aan het eind was men tevreden over de werkgroep en verschillende docenten zeiden geïnspireerd te zijn om

de vallende kegel proef danwel het mini-profielwerkstuk als geheel op school te gaan gebruiken.

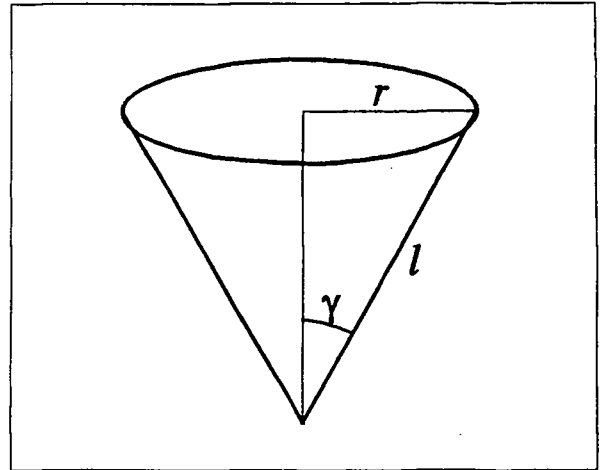


Fig. 2

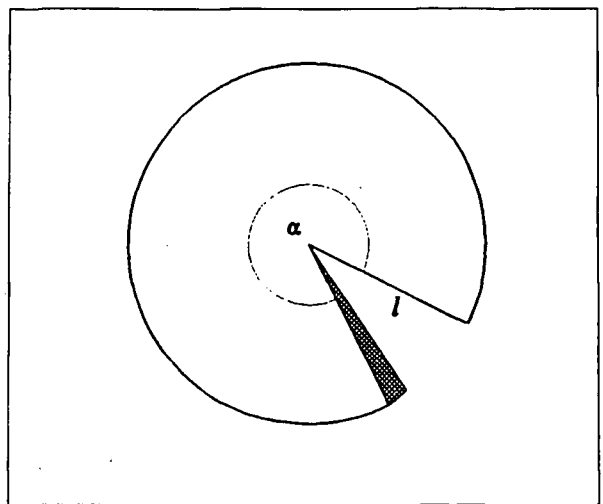


Fig. 3



Namen van groepsleden:

<input type="checkbox"/> wij kiezen voor een experimenteel onderzoek	<input type="checkbox"/> wij kiezen voor een theoretisch onderzoek (manipuleren met formules)
Onze onderzoeksvraag luidt:	Wij willen 'bewijzen' dat:

Vorbereiding voor 'kegels maken'

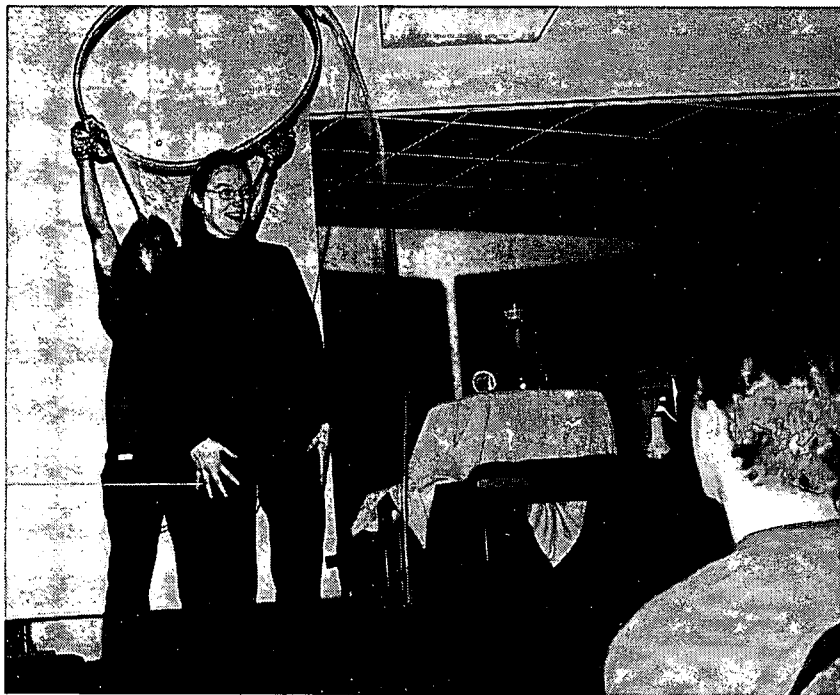
Ieder maakt als huiswerk twee (of meer) verschillende kegels waarmee je groep tijdens bijeenkomst 2 kan gaan experimenteren of die je nodig hebt om je te oriënteren op je theoretische vraagstelling. We willen dat iedereen enkele kegels maakt zodat ieder creatief aan de gang moet (het zal lastiger blijken dan je denkt!) Bovendien kunnen jullie dan aan de hand van argumenten de beste kegels uitkiezen.

Formuleer hieronder

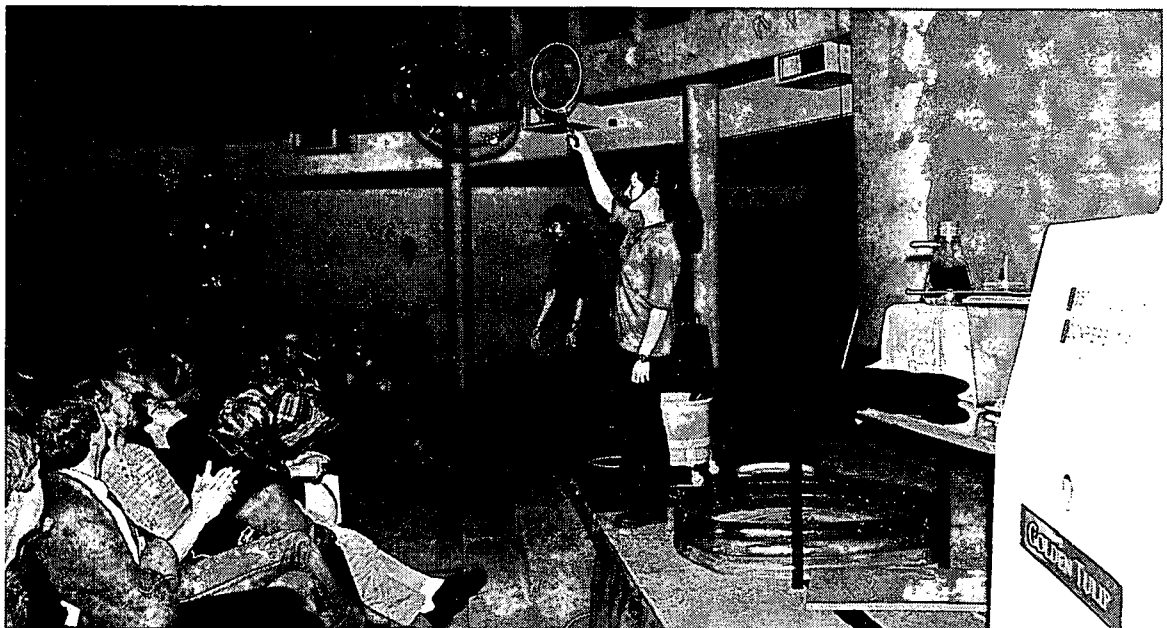
- aan welke eisen die kegels moeten voldoen om je onderzoek goed te kunnen uitvoeren
één eis wordt al door ons gegeven: evenwichtigheid, dwz. het zwaartepunt moet zo goed mogelijk op de symmetrie-as van de kegel liggen
- welke grootheden je evt. moet opmeten vóóordat je de kegel in elkaar plakt
- wat je evt. moet bewaren van het papier waar je je kegel uit knipt.

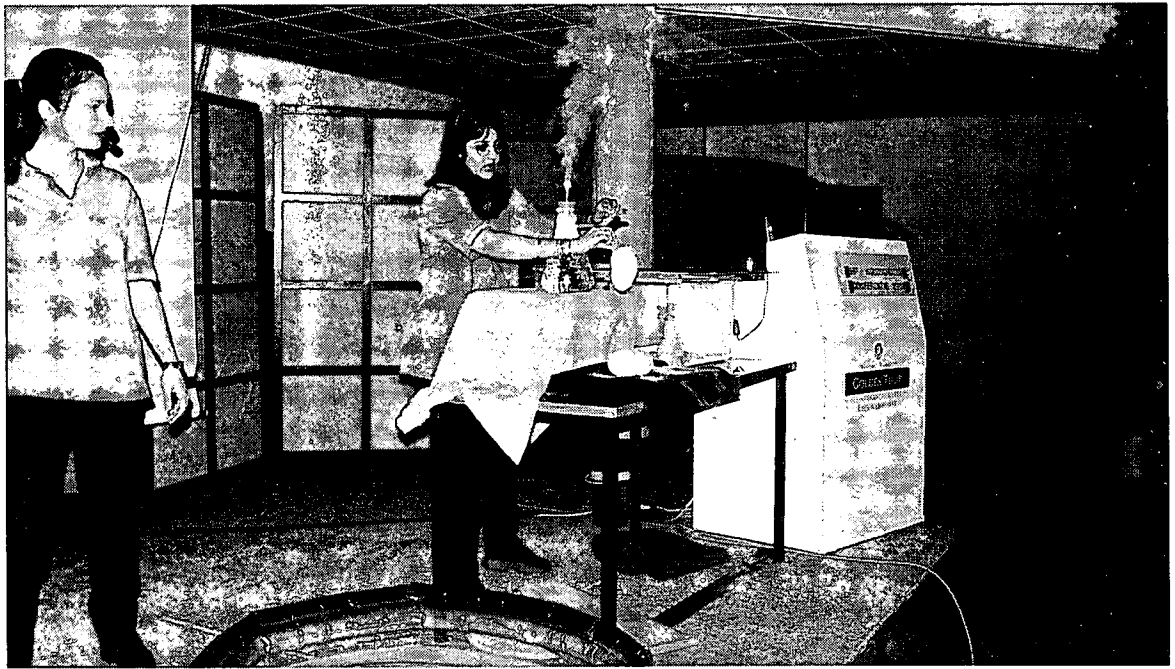
* in geval van experimenteel onderzoek:	* in geval van theoretisch onderzoek
Eisen:	
Wat moet opgemeten worden:	
Te 'bewaren' stukjes papier	

Zorg dat elk groepslid een kopie van dit blad mee naar huis neemt!



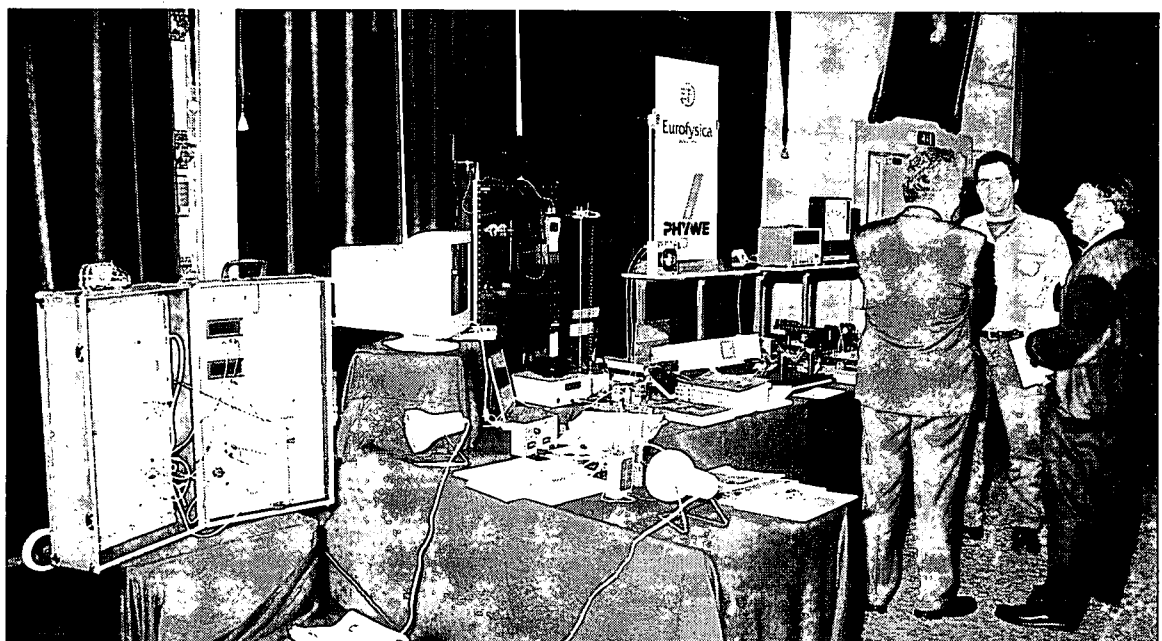
Afsluiting

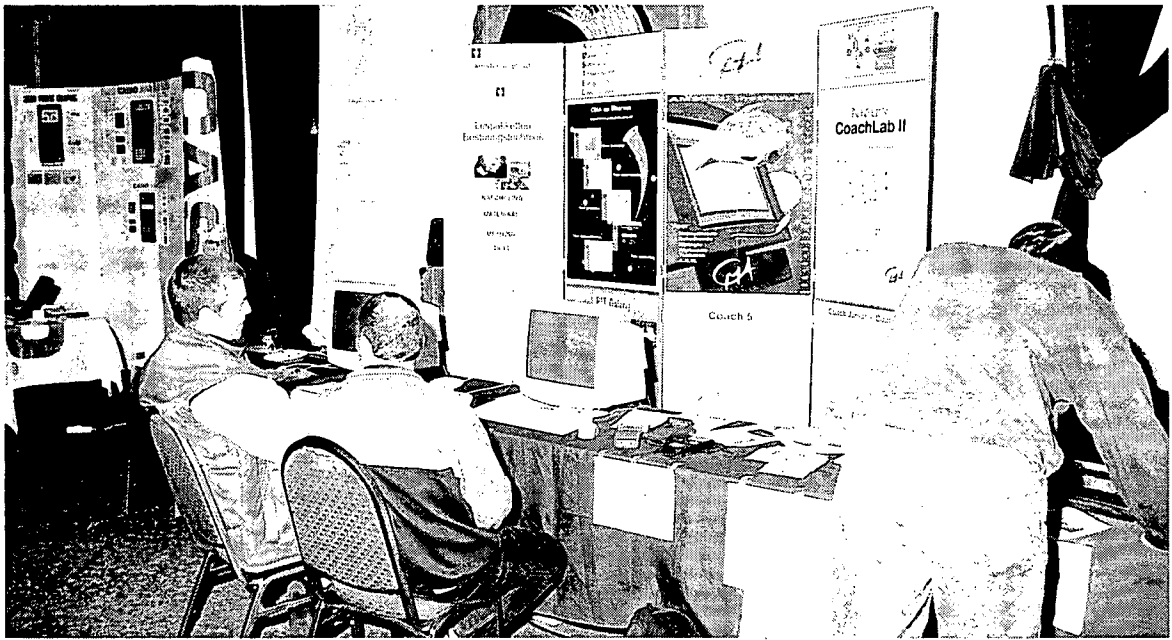






Markt







Werkstukpakketten

Experimenteel Onderzoek

VWO-Ardenennexcursie

Gastlessen



Lespakketten Tweede Fase

Proefcolleges

Meeloopdagen

Experimenteerkoffers

Techniek & Geowetenschappen in de klas!!



EEN BREED AANBOD VOOR 3, 4, 5 EN 6 VWO
OPLEIDINGEN TECHNISCHE AARDWETENSCHAPPEN EN GEODESIE/TU DELFT

www.ta.tudelft.nl/pr (voor werkstuk, exo, spreekbeurt)

Email: Wereldstudie@ta.tudelft.nl

Telefoon (015) 278 3277/2586

Stuur voor een informatiepakket onderstaande bon
(zonder postezel naar)

TU Delft/TA

Antwoordnummer 10191

2600 VB Delft

(of verstuur uw aanvraag via e-mail)



• **AANVRAAGBON**

• Naam

• Voorletters

• Adres

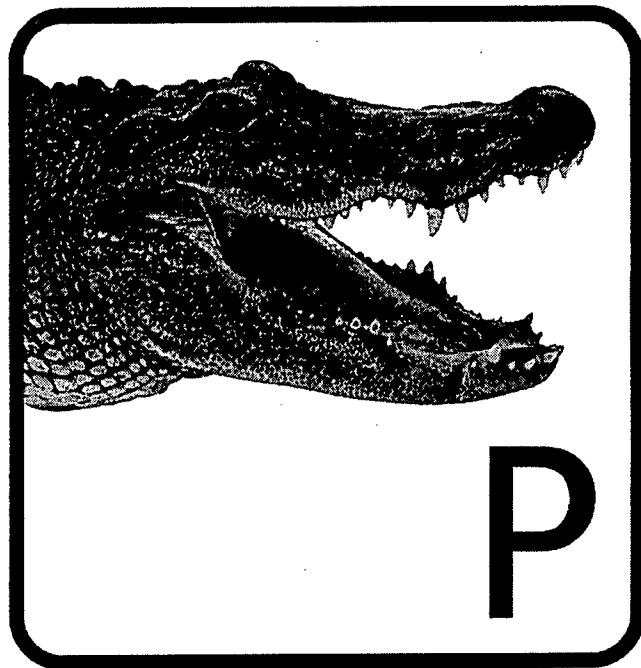
• Postcode en plaats

• Naam school

• Plaats school

• Functie

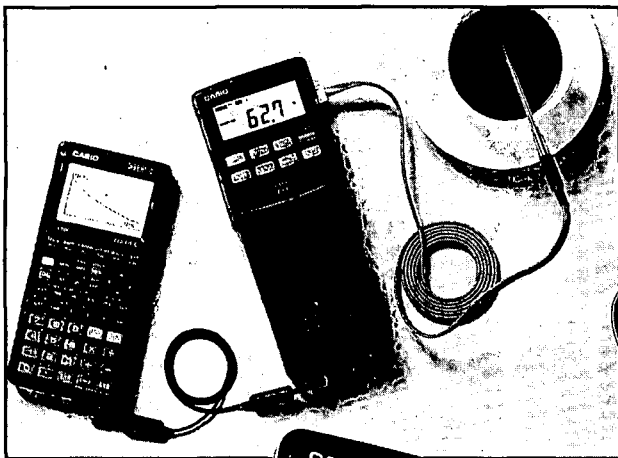
• Opmerkingen



CROCODILE Physics

**EEN REVOLUTIE
IN
EDUCATIEVE SOFTWARE**

Reken- en meetapparatuur: **CASIO**



Data logger EA-100

Uw partner voor de 2e fase van het Voortgezet Onderwijs.

Nu verkrijgbaar met Nederlandstalig practicum "door docenten voor docenten" ontwikkeld door de lerarenopleiding Natuur- en Scheikunde van de Hogeschool van Utrecht.

Docent en leerling kunnen direct aan de slag, het Practicum geeft een duidelijk inzicht tot het zelfstandig uitvoeren van de meetopdrachten.

Met de Casio Data Logger en de Casio 9850 opent zich een nieuwe wereld van mogelijkheden. Hiervoor kan bij de Hogeschool van Utrecht een nascholingscursus worden gevolgd.

De Casio Data Logger wordt standaard geleverd met: 3 sensoren voor respectievelijk temperatuur-, licht- en spanningmetingen.
Functies: 6 kanalen, - 3 analoge ingangen,
- 1 ultrasoon ingang,
- 1 digitale ingang,
- 1 digitale uitgang.

Opslag van maximaal 512 meetresultaten per kanaal. Mogelijkheid tot het gelijktijdig opnemen van meerdere data.

Ook toepasbaar andere sensoren eventueel in combinatie met een DIN-adaptor. Geluid/Afstand/Versnelling/pH/Kracht/Barometerdruk/CO₂. *

* Verkrijgbaar bij o.a.
fa. Vos, Zaltbommel en
fa. Eurofysica, Den Bosch

De Data Logger in de praktijk:

Hogeschool van Utrecht

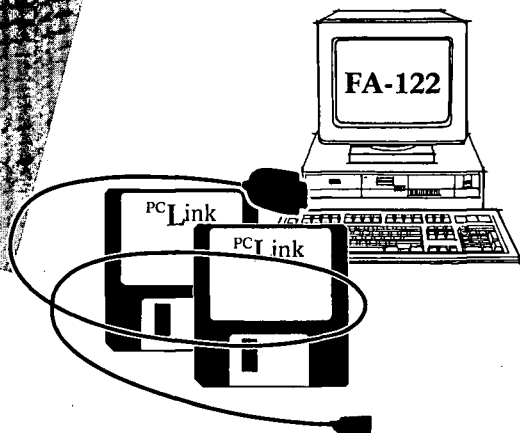
- Docenten-instructiemap met 20 uitgewerkte praktijkoefeningen, welke door de docent eenvoudig aan te passen zijn voor specifieke opdrachten.
- Bijbehorende software op diskette.
- CASIO software voor het omzetten van IP-coach in Casio databestand, v.v.

PC-Link FA-122

- Standaard deviatie, regressie analyse
- In slide-on hardcase
- Programmeerbaar basic



CASIO
daar kunt mee rekenen



Importeur: **SANFORD** rotring Benelux b.v.

Postbus 50076 - 1305 AB Almere - Tel. (036) 5471 777 - Fax (036) 5471 700