

Het gebruik van applets bij natuurkunde

Drs. Frits Jansens (eindredacteur Systematische Natuurkunde)

Drs. Maarten van Woerkom (voormalig eindredacteur Sys. Nat.)

Contact: vanwoerkom@hetnet.nl

Samenvatting

Met ingang van het schooljaar 2007-08 zijn er voor HAVO en VWO nieuwe examenprogramma's van kracht. Voor het vak natuurkunde houdt het nieuwe programma onder andere in dat de deelvakken N1 en N2 vervangen worden door één vak en dat er meer gebruik gemaakt gaat worden van ICT. Reden voor de uitgeverijen om een nieuwe uitgave voor te bereiden van bestaande methoden. Het inzetten van applets is één van de vernieuwingen. Hier worden ontwerpkeuzes bij de opzet en realisatie van deze applets bij een vernieuwde methode beschreven. Het gebruik van opdrachten bij de applets krijgt grote aandacht. Een eerste gebruik van één van de nieuwe applets en de bijbehorende opdrachten op een school wordt beschreven.

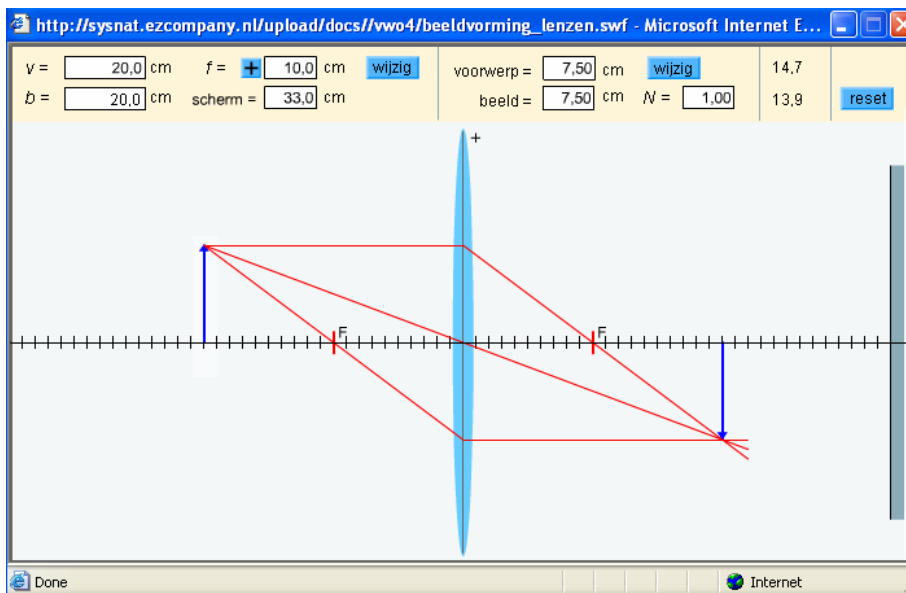
Inleiding

In de methode Systematische Natuurkunde (Woerkom & Jansens, 2006) van de uitgeverij NijghVersluis is een aantal vernieuwingen doorgevoerd. Eén ervan betreft de geïntegreerde inzet van applets. Met geïntegreerd wordt bedoeld dat het een essentieel onderdeel is van de methode. Onder een applet wordt hier een interactieve computersimulatie van een natuurkundig experiment verstaan. De leerling kan beginwaarden veranderen door aan de betreffende 'knoppen' te draaien. Die 'knoppen' zijn schuifbalkjes of instelvensters.

Er zijn op het Internet vele natuurkundige applets te vinden, veelal Engelstalig. Bij het gebruik van deze applets op Nederlandse scholen doen zich een aantal problemen voor:

- Het Engels vormt voor de meeste leerlingen een hinderlijke drempel.
- De behandeling van onderwerp is bijna nooit op het niveau waarop de leerling moet werken. Vaak is het te moeilijk. En biedt de applet te veel mogelijkheden.
- De wijze van werken sluit niet goed aan bij de Nederlandse onderwijspraktijk.
- De grafische vormgeving sluit te weinig aan bij de gebruikte methode en de plaatjes in het theorieboek. De notatie van grootheden is meestal niet in overeenstemming met het examenprogramma.
- Er zijn geen begeleidende opdrachten ter beschikking.
- Er is een auteursrechtelijke belemmering.

Vandaar dat er is gekozen om speciaal voor de methode Systematische Natuurkunde in eigen beheer applets te ontwikkelen. Aan de auteur van elk hoofdstuk is gevraagd bij het eigen hoofdstuk één of meerdere voorstellen voor een applet te doen. Zo zijn er voor het hoofdstuk *Beweging* twee applets ontwikkeld. 'Versnellen en vertragen' en 'Tweeseconde-regel'. Bij het hoofdstuk *Het gebruik van lenzen* is de applet 'Beeldvorming door lenzen' ontwikkeld (figuur 1). Er zijn ook hoofdstukken waarbij de inzet van een applet niet geëigend is.



Figuur 1. Applet ‘Beeldvorming door lenzen’. De applet kan worden gevonden op: <http://leerling.sysnat.nl/page1.php?id=58>.

De leerling wordt in het theorieboek op de meest logische plaats geattendeerd op de bijbehorende applet. De applet zelf is te vinden op de methode-site. De applet is daarmee zowel vanaf schoolcomputers als vanaf thuis bereikbaar, al dan niet vanuit een elektronische leeromgeving aangegeven. In een werkboek is een groot aantal opdrachten opgenomen die uitgevoerd kunnen worden met behulp van de applet.

Opdrachten bij de applet en schermontwerp

Bij elke applet hoort in het werkboek een paragraaf waarin een inleiding staat en een aantal opdrachten. De inleiding bevat een figuur waarin een representatief beeld staat van het computerscherm. Vervolgens wordt in de inleiding de opbouw van het scherm besproken. Er is naar gestreefd om alle applets eenzelfde indeling van het scherm te geven. De indeling is zo dat er steeds rechts in beeld een kolom met instelbare natuurkundige grootheden staat. Veelal zijn er schuifbalken of invulvelden waarmee een waarde kan worden ingesteld. De opdracht voor de applet uit figuur 1 is als bijlage toegevoegd.

De opbouw van de opdrachten

De eerste opdracht is steeds een verkennende opdracht, men ‘speelt’ met de applet. De bedoeling is de ‘knoppen’ te leren kennen en zich te oriënteren in de mogelijkheden van de applet. Dan volgen meer gerichte opdrachten. Veelal wordt bij die opdrachten eerst gevraagd te voorspellen wat het effect van de verandering van een grootheid zal zijn op andere grootheden. Het vragen van een voorspelling activeert de leerling en vergroot het leereffect (Crouch ea, 2004). Na de voorspelling worden als vervolgoopdrachten experimenten voorgesteld. Deze opdrachten zijn meestal eerst van kwalitatieve aard: *Als je de ene grootheid groter maakt, wat gebeurt er dan met de andere grootheid?* Daarna volgen kwantitatieve opdrachten. Die kunnen bestaan uit metingen op het scherm, of aflezen van waarden op het scherm. Soms wordt de serie

opdrachten afgesloten met een open opdracht. Dus iets als: *Bedenk zelf een nieuwe situatie die onderzocht kan worden met de applet.* Eén van de belangrijkste karakteristieken van de bij deze applets gebezigde werkwijze is het gebruik van tabelletjes waarin gegevens zijn vastgelegd en resultaten vastgelegd moeten worden.

Uiteraard is het doel van het werk met de applets uiteindelijk begrip te verwerven met betrekking tot verbanden tussen grootheden. Zowel kwalitatief als kwantitatief. Voordat zoiets lukt zal inzicht in allerlei begrippen moeten worden ontwikkeld. In het volgende voorbeeld gaat het over de verbanden in de lensformule $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$ en de

vergroting $N = \frac{b}{v}$. Maar de leerling zal eerst een juiste notie moeten hebben van het begrip ‘scherp beeld’.

Hier volgt een voorbeeld om een aantal aspecten toe te lichten. Het voorbeeld komt uit de applet ‘Beeldvorming door lenzen’. In de bijlage is de volledige set opdrachten bij deze applet opgenomen.

B *Een reëel beeld*

B1 Reset. Beweeg het voorwerp op en neer tussen de afstanden zoals vermeld in de tabel. Kijk wat er met b gebeurt.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
reset	12,5↔ 13,5	...↔...	10,0	hoe kleiner v hoe N	onbelangrijk
	19,5↔ 20,5	...↔...	10,0	onbelangrijk	onbelangrijk
	39,5↔ 40,5	...↔...	10,0	hoe kleiner v hoe N	onbelangrijk

In alle situaties heb je het voorwerp over een afstand van 1 cm verschoven. Wat valt je op als je naar de verandering van de beeldafstand kijkt?

.....

Als het voorwerp verder van de lens staat, dan heeft een kleine verandering van de voorwerpsafstand een(grotere/kleinere) verandering van de beeldafstand tot gevolg.

Figuur 2. Fragment uit het werkblad bij de applet ‘Beeldvorming door lenzen’.

De grootheden voorwerpsafstand v , beeldafstand b , brandpuntsafstand van de lens, f en vergroting N en de plaats van het beeldscherm spelen een rol. Dat zijn dus zelfs in deze eenvoudige situatie al vijf grootheden. Met de applet kunnen zo snel allerlei instellingen gewijzigd worden, dat eenieder die er mee werkt, leerling én docent, vrijwel onmiddellijk het overzicht van wat je allemaal doet verliest. Vandaar dat de verschillende situaties in tabelrijen onder elkaar worden weergegeven. De diverse grootheden staan in kolommen naast elkaar.

Onmiddellijk is te zien dat de brandpuntsafstand bij deze serie experimenten niet verandert. Ook is te zien dat de voorwerpsafstand drie keer gevarieerd wordt, steeds een variatie over 1 cm. Eén keer rondom een kleine voorwerpsafstand, één keer rondom twee keer de brandpuntsafstand en één keer rondom een grotere voorwerpsafstand. Blijkbaar wordt er gevraagd wat er aan de hand is met de variatie in de beeldafstand in die drie gevallen.

Dit voorbeeld laat heel duidelijk zien wat het grote voordeel van het gebruik van een applet is. Zou alles door de leerling zelf uitgerekend moeten worden, dan verdrinkt hij in het rekenwerk en blijft de pointe van het geheel verborgen. Nog sterker zou dit gelden wanneer alles uitgetekend zou moeten worden. Ook laat dit voorbeeld zien hoe nuttig het is één en ander vast te leggen in de tabel. Ten eerste zie je dan snel wat er al dan niet verandert. Ten tweede moet je vastleggen wat de resultaten zijn. Ook dat geeft dan overzicht. Alles wat er in de loop van de tijd veranderd is, wordt als het ware in gestolde vorm weergegeven. Door van het overzicht dat nu ontstaan is gebruik te maken, kan betrekkelijk eenvoudig een conclusie getrokken worden. Hier met betrekking tot het effect van alle handelingen op de vergroting.

Algemener geformuleerd: Het werk met de simulatie heeft het voordeel dat je in de loop van korte tijd allerlei effecten kunt zien, het nadeel is dat alles heel kortstondig te zien is. Bij het inzetten van een volgende situatie gaat de oude verloren. Het werken met de tabellen op papier heeft het voordeel dat allerlei situaties naast elkaar gelegd worden. Je bent daarmee een dynamisch effect kwijt geraakt.

Het werken met de opdrachten waarin de besproken tabellen staan en waarin conclusies geformuleerd moeten worden heeft nog een aantal andere voordelen. Ten eerste kan een docent voortdurend de voortgang beoordelen. Zowel tijdens het werken als naderhand. Ten tweede kan de leerling naderhand één en ander nalezen en bestuderen. Ten derde kunnen leerlingen onderling vergelijken. Bij het werken op school met deze methode bleken de drie genoemde voordelen duidelijk in het oog te springen.

Een mini-onderzoek

De applet is aan een groep 4 VWO-leerlingen voorgelegd. Een groep van 20 leerlingen. Als voorbereiding hebben de leerlingen twee lessen gehad over beeldvorming door lenzen. Dat is een heel bescheiden voorbereiding. De leerlingen werkten ieder met een eigen op Internet aangesloten computer. De meeste leerlingen paktten de bezigheden onmiddellijk op. Heel opvallend was dat het wat aanrromelen zonder opdrachten na een paar minuten leidde tot verveling. Maar nadat de opdrachten uit het werkboek waren rondgedeeld gingen alle leerlingen met toewijding aan het werk.

De opdrachten in het werkboek zijn genummerd A1 tm 4, B 1 tm 7, C 1 tm 3, D 1 tm 3, E 1 tm 4. In figuur 3 is met grijs aangegeven welke opdrachten door de leerlingen zijn gemaakt in een tijdsbestek van 40 minuten.

1	Beeldvorming door lenzen										
2	Wat vind je van de applet?										
	<table border="1"> <tr> <td>heel leuk</td> <td>leuk</td> <td>gewoon</td> <td>saai</td> <td>heel saai</td> </tr> <tr> <td>0%</td> <td>75%</td> <td>25%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> </tr> </table>	heel leuk	leuk	gewoon	saai	heel saai	0%	75%	25%	0%	0%
heel leuk	leuk	gewoon	saai	heel saai							
0%	75%	25%	0%	0%							
3	Heb je wat geleerd van de applet?										
	<table border="1"> <tr> <td>heel veel</td> <td>veel</td> <td>gewoon</td> <td>weinig</td> <td>heel weinig</td> </tr> <tr> <td>0%</td> <td>50%</td> <td>45%</td> <td>5%</td> <td>0%</td> </tr> </table>	heel veel	veel	gewoon	weinig	heel weinig	0%	50%	45%	5%	0%
heel veel	veel	gewoon	weinig	heel weinig							
0%	50%	45%	5%	0%							
4	De opdrachten van het werkblad zijn										
	<table border="1"> <tr> <td>heel duidelijk</td> <td>duidelijk</td> <td>gewoon</td> <td>onduidelijk</td> <td>heel onduidelijk</td> </tr> <tr> <td>0%</td> <td>75%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>0%</td> </tr> </table>	heel duidelijk	duidelijk	gewoon	onduidelijk	heel onduidelijk	0%	75%	15%	10%	0%
heel duidelijk	duidelijk	gewoon	onduidelijk	heel onduidelijk							
0%	75%	15%	10%	0%							
5	De bediening van de knoppen van de applet is										
	<table border="1"> <tr> <td>heel duidelijk</td> <td>duidelijk</td> <td>gewoon</td> <td>onduidelijk</td> <td>heel onduidelijk</td> </tr> <tr> <td>45%</td> <td>55%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> </tr> </table>	heel duidelijk	duidelijk	gewoon	onduidelijk	heel onduidelijk	45%	55%	0%	0%	0%
heel duidelijk	duidelijk	gewoon	onduidelijk	heel onduidelijk							
45%	55%	0%	0%	0%							
6	Hoeveel hulp had je nodig?										
	<table border="1"> <tr> <td>heel weinig</td> <td>weinig</td> <td>gewoon</td> <td>veel</td> <td>heel veel</td> </tr> <tr> <td>5%</td> <td>75%</td> <td>20%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> </tr> </table>	heel weinig	weinig	gewoon	veel	heel veel	5%	75%	20%	0%	0%
heel weinig	weinig	gewoon	veel	heel veel							
5%	75%	20%	0%	0%							
7	Toen ik aan de applet werkte begreep ik waar ik mee bezig was										
	<table border="1"> <tr> <td>heel duidelijk</td> <td>duidelijk</td> <td>gewoon</td> <td>onduidelijk</td> <td>heel onduidelijk</td> </tr> <tr> <td>10%</td> <td>75%</td> <td>15%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> </tr> </table>	heel duidelijk	duidelijk	gewoon	onduidelijk	heel onduidelijk	10%	75%	15%	0%	0%
heel duidelijk	duidelijk	gewoon	onduidelijk	heel onduidelijk							
10%	75%	15%	0%	0%							
8	Ik zou het volgende aan de applet veranderen: <i>het werkscherm groter maken (enkele malen genoemd)</i> <i>nakijkmogelijkheden aanbieden</i> <i>de applet moeilijker maken</i>										
9	Het voordeel van het gebruik van de applet vind ik: <i>dat je niet steeds alles hoeft te tekenen (enkele malen genoemd)</i> <i>mooi alles in beeld</i> <i>je ziet het echt voor je</i> <i>snel dingen te veranderen</i>										
10	Het nadeel van het gebruik van de applet vind ik: <i>je leert het tekenen niet (enkele malen genoemd)</i> <i>weinig fantasie nodig</i> <i>tijdrovend</i>										

Tabel 1. Enquête en respons n.a.v. het gebruik van de applet 'Beeldvorming door lenzen'.

Dan de vraag of er iets werd opgestoken. Christiaan Vriend, student van de lerarenopleiding ELAN(Universiteit Twente) heeft mede in het kader van zijn opleiding gekeken naar het effect dat het werken met de hier besproken applet heeft op het begrip dat leerlingen ontwikkelen. We citeren hier één vraag uit de test die zowel vooraf als achteraf aan 20 leerlingen werd voorgelegd (Vriend, 2007):

Het voorwerp heeft een grotere afstand van de lens dan de brandpuntsafstand.

2. Wat gebeurt er eerst met het beeld als ik het voorwerp naar de lens toe schuif?
 - a. Het beeld wordt groter en beweegt van de lens af.
 - b. Het beeld wordt groter en beweegt naar de lens toe.
 - c. Het beeld wordt kleiner en beweegt van de lens af.
 - d. Het beeld wordt kleiner en beweegt naar de lens toe.
-

Figuur 3. Fragment uit de pre- en posttest van Vriend(2007).

Deze vraag doet een beroep op het begrijpen van de situatie die met de applet wordt gevisualiseerd. De scoreverdeling voor en na het gebruik van de applet is weergegeven in tabel 1:

	A	B	C	D
Voor, n=18	9	9	0	0
Na, n=20	14	4	2	0

Tabel 2. Scoreverdeling op begripsvraag voor en na gebruik applet (Vriend, 2007).
NB Keuze A is het correcte antwoord.

De score is verbeterd van 50 naar 70% correct, al heeft nog niet iedereen het door. Mogelijk dat in tweetallen werken aan de applet een versterkend effect kan hebben. In elk geval vereenvoudigt dat de begeleiding door de docent.

Conclusie en discussie

Of het intensieve gebruik van opdrachten in een werkboek bij alle nieuwe applets aan de verwachtingen zal voldoen dat moet worden afgewacht. Maar de eerste ervaringen die hier beschreven staan, zijn gunstig en bemoedigend. De bediening van de applet levert geen problemen op, het gewenste exploratieve gedrag aan de hand van opdrachten vindt plaats. Het begrip blijkt vooruitgegaan, al is dit aspect slechts beperkt onderzocht. Volgens ons is de inzet van ICT gewenst, maar begeleidende opdrachten zijn daarbij een noodzakelijke voorwaarde. Tenslotte: De kunst van een goede applet is de leerling het gevoel te geven iets te ontdekken.

Literatuur

Crouch, Fagen, Callan & Mazur (2004): Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment. *Am.J.Phys.* 72 (6), p835.

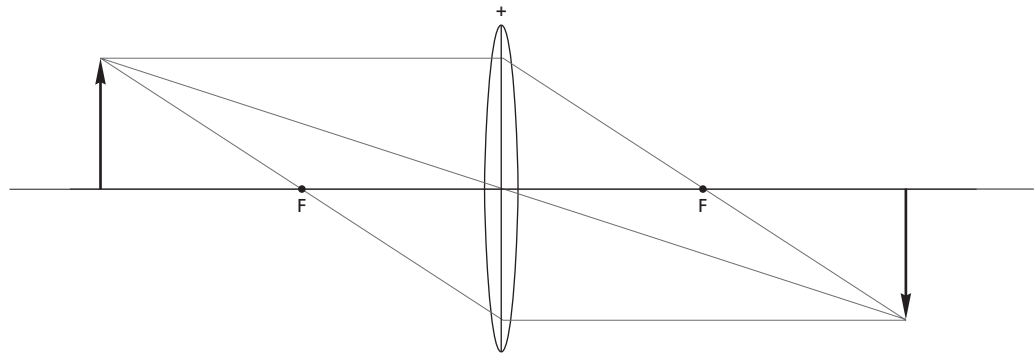
Vriend, C. (2007). Begripsontwikkeling bij het gebruik van een applet over beeldvorming. Intern document, ELAN, Universiteit Twente.

Wieman, C. & Perkins, K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*, november 2005, 36-41.

Woerkom, M. van & Jansens, F. (2006). *Systematische Natuurkunde*. Nijgh & Versluijs.

BIJLAGE: Werkblad behorend bij de applet ‘Beeldvorming door lenzen’

Met deze applet doe je onderzoek naar de beeldvorming door een dunne positieve lens. Er wordt in het bijzonder gekeken naar de drie constructiestralen. In figuur 1 zie je een voorbeeld van een constructie. Een voorwerp – een pijl – staat voor een dunne positieve lens. Er zijn drie lichtstralen getekend die van de punt van de pijl uitgaan, de constructiestralen. Ook de brandpunten zijn aangegeven.



Figuur A7.1

Het voorwerp kun je in het appletscherf verplaatsen door er met de cursor op te gaan staan, dan de linkermuisknop in te drukken en vervolgens de pijl te verslepen. Op deze manier kun je ook de lens en het scherm verplaatsen. Om de grootte van het voorwerp te veranderen ga je met de cursor op de punt van de pijl staan, dan druk je de linker muisknop in en verander je de grootte door de pijlpunt te verslepen. Ook de sterkte van de lens kan worden gevarieerd.

Het onderzoek bestaat uit vijf delen:

- A Kennismaken met de applet
- B Een reëel beeld
- C Geen beeld?
- D Een virtueel beeld
- E Negatieve lenzen

A *Kennismaken met de applet*

In de hokjes kun je de voorwerpsafstand, de beeldafstand, de brandpuntsafstand, de grootte van het voorwerp en het beeld, de plaats van het scherm en de vergroting aflezen.

A1 Bekijk het openingsvenster. De gegevens zijn hetzelfde als in tabel 1.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
na reset:	20,0	20,0	10,0	1,0	onbelangrijk

Tabel 1

Hoe kun je in de applet zien of de vergroting 1,0 is?

- A2 Reset. Maak het voorwerp groter en kleiner.
Bekijk wat er met b gebeurt en wat met N . Vul tabel 2 verder in.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
- reset - grootte voorwerp veranderen	20,0		10,0		onbelangrijk

Tabel 2

Conclusie: Als het voorwerp groter wordt, dan _____

- A3 Beweeg het voorwerp langzaam van de lens af (maar laat het voorwerp steeds even groot) en kijk wat er met b gebeurt en wat met N . Vul dit in tabel 3 in.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
	steeds groter vanaf 20,0;		10,0		onbelangrijk

Tabel 3

Conclusie: Als de voorwerpsafstand groter wordt, dan wordt de beeldafstand _____

De vergroting wordt _____

- A4 Beweeg het voorwerp langzaam naar de lens toe, maar blijf wel links van het brandpunt. Laat hierbij het voorwerp steeds even groot. Kijk wat er met b en N gebeurt en vul tabel 4 in.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
	steeds kleiner, maar groter dan f		10,0		onbelangrijk

Tabel 4

Conclusie: Als de voorwerpsafstand kleiner wordt, dan wordt de beeldafstand _____

De vergroting wordt _____

- B Een reëel beeld
 B1 Reset. Beweeg het voorwerp op en neer tussen de afstanden zoals vermeld in tabel 6. Verschuif als dat nodig is ook de lens. Kijk wat er met b gebeurt. Vul tabel 6 verder in.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
reset	12,5 \leftrightarrow 13,5	_____ \leftrightarrow _____	10,0	hoe kleiner v hoe _____	onbelangrijk
	19,5 \leftrightarrow 20,5	_____ \leftrightarrow _____	10,0	onbelangrijk	onbelangrijk
	39,5 \leftrightarrow 40,5	_____ \leftrightarrow _____	10,0	hoe kleiner v hoe _____ N	onbelangrijk

Tabel 6

In alle situaties heb je het voorwerp over een afstand van 1 cm verschoven. Wat valt je op als je naar de verandering van de beeldafstand kijkt?

Als het voorwerp verder van de lens staat, dan heeft een kleine verandering van de voorwerpsafstand een _____ (grotere/kleinere) verandering van de beeldafstand tot gevolg.

- B2 Reset. Zet het voorwerp op 29,5 cm van de lens. Verander nu niets meer aan de plaats van het voorwerp en van het scherm. Verander alleen de plaats van de lens. (Cursor op de lens, links klikken en schuiven.) Plaats de lens zo dat er een beeld komt op het scherm. Bepaal de grootte van het voorwerp en de grootte van het beeld. Noteer ook v , b en N in tabel 7.
 Er zijn twee posities van de lens waarbij een beeld op het scherm wordt gevormd. Noteer ook voor de tweede positie de gegevens in tabel 7.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	grootte voorwerp	grootte beeld...	N	plaats scherm
reset $v + b = 62,5$ cm	_____	_____	10,0				zodat $v + b = 62,5$ cm
$v + b = 62,5$ cm	_____	_____	10,0				zodat $v + b = 62,5$ cm

Tabel 7

Blijkbaar zijn er bij een vaste afstand tussen het voorwerp en het scherm, twee verschillende beelden te vormen.

- B3 Wat moet je met v en b doen om het tweede beeld te krijgen?

- B4 Zie je een verband tussen de vergroting in beide gevallen? Zo ja, welk verband?

- B5 Kun je dit verklaren met behulp van de lenzenformule $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}$ en de vergrotingsformule $N = \frac{b}{v}$?

- B6 Reset. Zet het voorwerp op 11 cm van de lens. Noteer de beeldafstand en de vergroting in tabel 8.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
reset	11		10,0		onbelangrijk

Tabel 8

- B7 Je wilt de sterkte van de lens aanpassen, zodat het beeld weer op het beeldscherm past. Moet de lens sterker of zwakker worden? Leg uit of je de brandpuntsafstand dan groter of kleiner moet maken.

Verander nu de brandpuntsafstand, totdat het beeld weer op het beeldscherm past. Dit doe je door de nieuwe brandpuntsafstand in het vakje te typen.

- B8 Noteer de brandpuntsafstand, de beeldafstand en de vergroting in tabel 9.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
	11				onbelangrijk

Tabel 9

- C *Geen beeld?*

- C1 Reset. Plaats het voorwerp op een afstand van 500 cm. Je plaatst het voorwerp daar door voor v 500 cm in te typen. Noteer b en N in tabel 10.

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
reset	500		10,0		onbelangrijk

Tabel 10

- C2 Waar zou je het voorwerp neer moeten zetten, zodat je een beeldafstand krijgt die gelijk is aan de brandpuntsafstand? Hoe groot is N dan?

- C3 Plaats het voorwerp in het brandpunt. Hoe groot wordt dan de beeldafstand in tabel 11?

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
	f		10,0		onbelangrijk

Tabel 11

D *Een virtueel beeld*

D1 Reset. Schuif het voorwerp net zolang tot je een reëel beeld krijgt dat twee keer zo groot is als het voorwerp. Vul dit in tabel 12 in. Doe hetzelfde nog een keer, maar dan met een virtueel beeld.

Tabel 12

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
- reset - reëel beeld			10,0	2	onbelangrijk
virtueel beeld	kleiner dan f		10,0	2	onbelangrijk

D2 Stel de voorwerpsafstanden in zoals ze in de tabel vermeld staan. Vul tabel 13 verder in.

Tabel 13

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
	8		10,0		onbelangrijk
	6		10,0		onbelangrijk
	4		10,0		onbelangrijk
	2		10,0		onbelangrijk

D3 Waar zou het voorwerp zich moeten bevinden om een virtueel beeld te krijgen dat even groot is als het voorwerp?

E *Negatieve lenzen*

E1 Reset. Klik op het plusje. Nu krijg je een holle (negatieve) lens. Stel de brandpuntsafstand in op 5,0 cm. Plaats het voorwerp in het linkerbrandpunt van de lens. Lees de beeldafstand en de vergroting af. Maak nu de voorwerpsafstand steeds groter. Vul tabel 14 verder in.

Tabel 14

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
reset	5,0		-5,0		onbelangrijk
	50,0		-5,0		onbelangrijk

E2 Waar zul je het voorwerp neer moeten zetten om het beeld in het brandpunt te krijgen? Hoe groot is het beeld dan?

E3 Kies voor een negatieve lens. Stel de brandpuntsafstand in op 40,0 cm. Zet de lens zo ver mogelijk naar rechts, zodat je in ieder geval het linker brandpunt in beeld hebt. Plaats het voorwerp in het linker brandpunt van de lens. Lees de beeldafstand en de vergroting af en noteer ze in de tabel.

Tabel 15

bijzonderheid	v (cm)	b (cm)	f (cm)	N	plaats scherm
	40,0		-40,0		onbelangrijk
	1,0		-40,0		onbelangrijk

E4 Maak nu de voorwerpsafstand steeds kleiner. Waar zul je het voorwerp neer moeten zetten om een beeld te krijgen dat even groot is als het voorwerp? Vul tabel 15 verder in.
