

Leerlingexperimenten

HANDLEIDING
OPTICA 2+3
P9160-6G



INHOUDSOPGAVE

1. VOORTPLANTING VAN LICHT	3
1.3. Licht en schaduw	3
1.4. Kernschaduw, halfschaduw.....	5
1.5. Fasen van de maan.....	7
1.6. Zonsverduistering en maanverduistering.....	9
1.7. Gaatjescamera.....	11
1.8. Fotometer.....	13
2. SPIEGELS	15
2.5.1. Beeldvorming bij een holle spiegel	15
2.8.1. Beeldvorming bij een bolle spiegel.....	17
4. LENZEN.....	19
4.2.1. Bepalen van de brandpuntafstand van een bolle lens	19
4.4.1. Beeldvorming van een bolle lens	21
4.4.2. Beeldpunten van een bolle lens	23
4.5.1. Bepalen van de brandpuntafstand van een holle lens	25
4.7.1. Beeldvorming bij een holle lens	27
4.8. Sferische abberatie	29
4.9. Chromatische abberatie	31
5. KLEUREN.....	33
5.2. Splitsen van wit licht inkleuren met een prisma en weer samenvoegen	33
5.3. Additief mengen van kleuren	35
5.4. Subtractief mengen van kleuren	37
5.5. Kleur van objecten	39
6. HET OOG.....	41
6.1.1. Model van het menselijke oog	41
6.5. Oogwijkingen en de bijbehorende correcties	43
7. OPTISCHE INSTRUMENTEN.....	45
7.1. Vergrootglas	45
7.2. Diaprojector	47
7.3. Microscoop	49
7.4. Telescoop	51
7.5. Camera	53
8. GOLFOPTICA.....	55
8.1. Diffractie bij een tralie	55
8.2. Bepalen van de golflengte	57
8.3. Polarisatie met behulp van filters	59
8.5. Draaiing van het polarisatievlak door toevoeging van een vaste stof	61
8.5. Model van een saccharimeter	63
8.6. Foto-elasticiteit	66

OPMERKING:

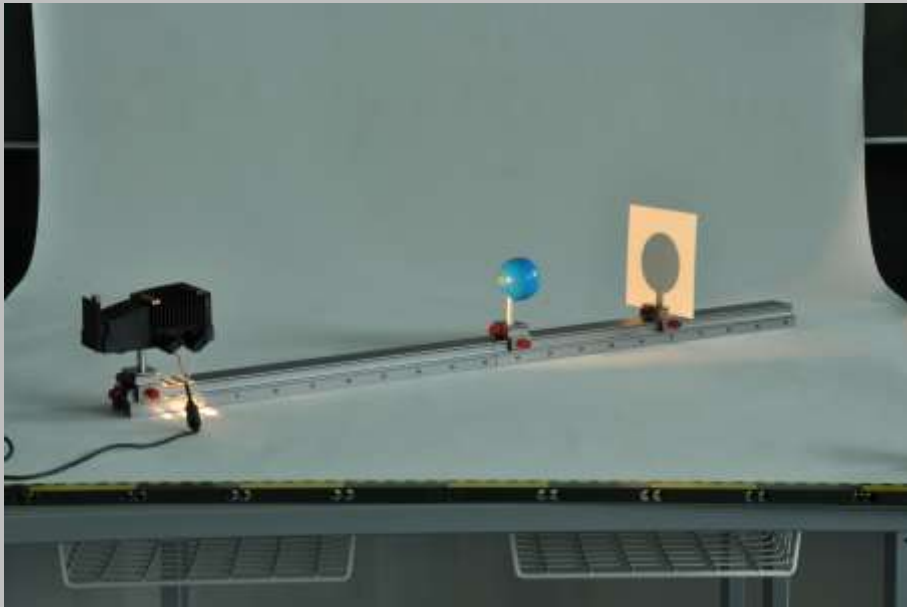
DE NUMMERING VAN DEZE EXPERIMENTEN SLUIT AAN OP DE NUMMERING VAN OPTICA 1.

1. VOORTPLANTING VAN LICHT

1.3. LICHT EN SCHADUW

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statief rails en verbindingsstuk

Lichtbron

Staaft 10 cm

Wit schermje

2 Glijzadels met stelschroef

Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer

Aarde-maan-model

2 snoertje

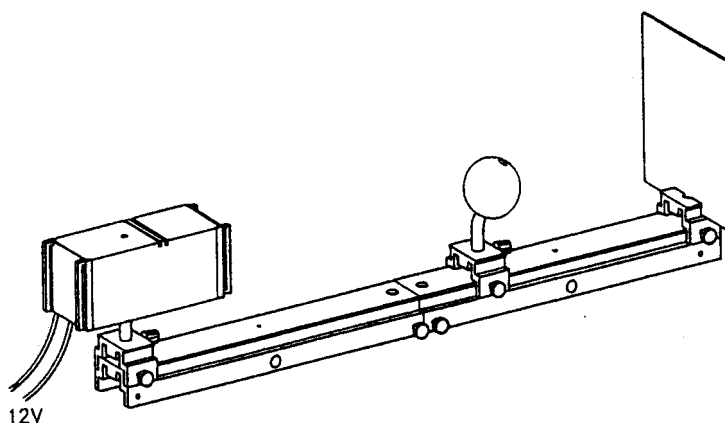
Elektrische voeding



Eenvoudig is het principe van schaduwfiguren en schaduwspel te zien. We onderzoeken de afhankelijkheid van de grootte van de schaduwfiguren als de afstand tot de lichtbron gevarieerd wordt.

Vorbereitung:

Stel de opstelling op zoals aangegeven in de afbeelding. De lichtbron maken we vast aan de optische bank met behulp van de staaf en het glijzadel met stelschroef. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We projecteren de schaduwfiguren op het scherm met onze handen, waarbij de lichtbron dienst doet als lichtbron. Het scherm plaatsen we op een afstand van 50 cm tot de lichtbron. Wie produceert het mooiste figuur?



Dan bekijken we de schaduw van een bol, die op een standaard gemonteerd is. Hiertoe zetten we het globemodel van de aarde-en-maan op een glijzadel dat we op een afstand van 30 cm tot de lichtbron op de optische bank plaatsen. Dan verschuiven we de globe tot afstanden van resp. 20 en 40 cm tot de lichtbron, terwijl het scherm in zijn oorspronkelijke positie blijft.

Resultaat:

Afstand tot het object	Schaduw groter/kleiner dan bij 30 cm	Schaduw helderder/minder helder dan bij 30 cm
20 cm		
40 cm		

Conclusie:

Hoe verder een lichaam dat een schaduw werpt verwijderd is van de lichtbron, hoe kleiner de schaduw is. De helderheid van de schaduw neemt toe met de afstand tot de lichtbron.

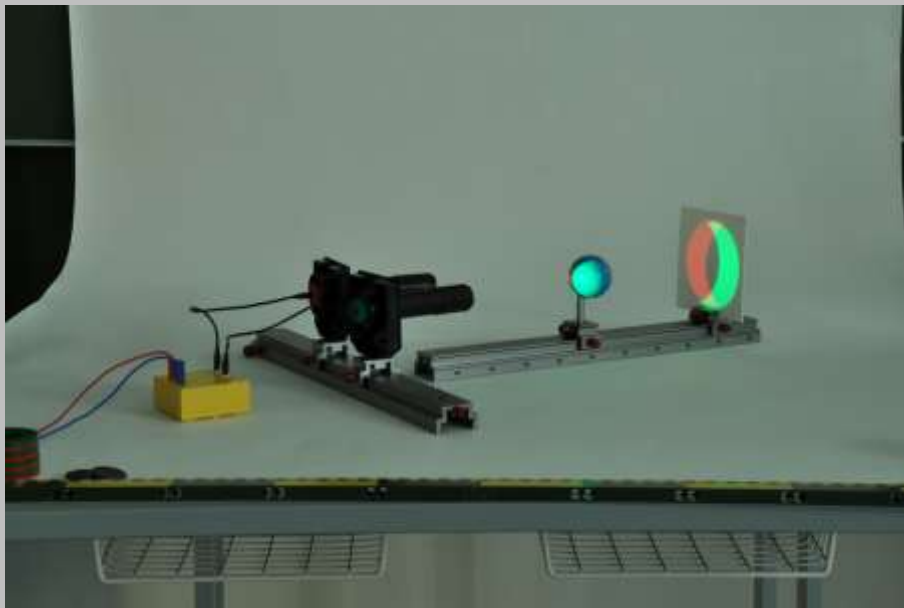
Tip:

Leerlingen kunnen meerdere afstanden meten en dan de grootte van de schaduw (diameter) uitzetten tegen de afstand van de bol tot de lichtbron. In het diagram zien we dan de omgekeerde kwadraat wet.

1.4. KERNSCHADUW, HALFSCHADUW

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

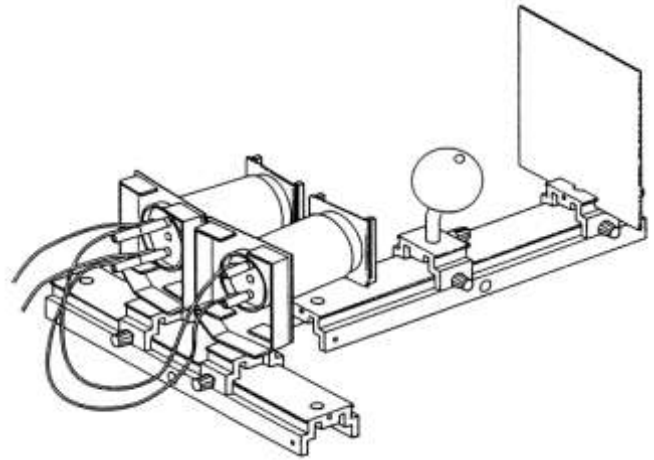
- 2 Statiefrails 30 cm
- 2 Buislampen in behuizing 12 V
- 2 Lenzen en glijhouders
- Scherf, wit
- 2 Glijzadels voor de optische bank
- Glijzadel met stelschroef
- Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
- Aarde-maan-model
- 4 snoertjes
- Elektrische voeding



We willen hier de begrippen kernschaduw en halfschaduw introduceren en we willen de verschillen laten zien tussen een puntvormige en een brede lichtbron. We kunnen het ontstaan van een halfschaduw tonen door twee verschillende lichtbronnen te gebruiken.

Vorbereiding:

Bouw het experiment op volgens de schets. We plaatsen de twee buislampen in hun behuizing op het glijzadel en plaatsen ze met het glijzadel op de statiefrail op een onderlinge afstand van ongeveer 15 cm. We zetten het scherm op het glijzadel met de stelschroef en daarna op de tweede statiefrail. Het tweede statiefrail staat in een rechte hoek t.o.v. het statiefrail met de twee buislampen in behuizing. De globe (de aarde van het aarde-maan-model) zetten we op de rail door middel van een glijzadel op een afstand van ongeveer 20 cm tot het scherm. De afstand tussen de buislampen in behuizing en het scherm moet ongeveer 50 cm zijn. De globe wordt verlicht door de twee lampen en we bekijken de schaduw op het scherm. Eerst zullen er twee verschillende schaduwen verschijnen. We schuiven de globe dicht naar het scherm toe (tot ongeveer 10 cm voor het scherm). Nu bestaat de schaduw uit een kernschaduw en een halfschaduw.



We bedekken de lichtbronnen afwisselend (met de hand) en vergelijken de resterende schaduw met de door beide lampen veroorzaakte schaduw.

Hoe wordt de halfschaduw gemaakt? Hoe kan het dat er geen kernschaduw wordt geworpen?
U kunt uw eigen schaduw ook bekijken op de verlichte globe.

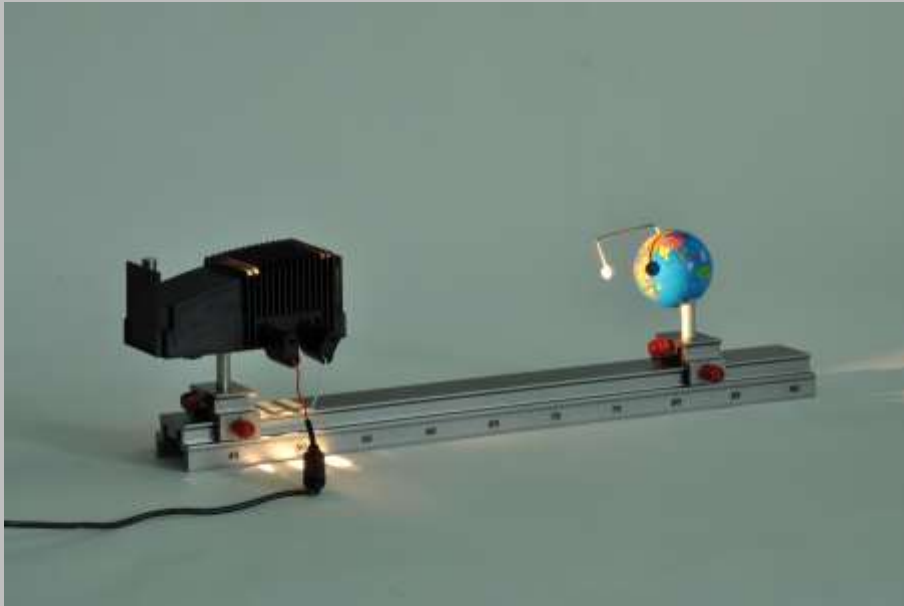
Conclusie:

Als een lichaam wordt verlicht door twee lichtbronnen uit ongeveer dezelfde richting, dan worden er kernschaduwen en halfschaduwen in het gebied achter het lichaam gemaakt.

1.5. FASEN VAN DE MAAN

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statief rails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaft 10 cm

2 Glijzadels met stelschroef

Aarde-maan-model

2 snoertjes

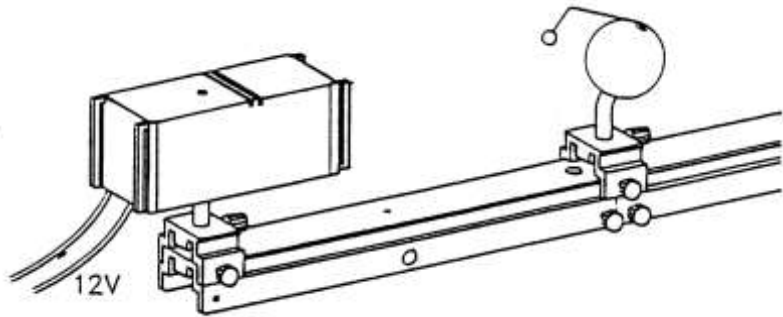
Elektrische voeding



Het doel van dit experiment is om de fasen van de maan te laten zien met een eenvoudig model.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. Het licht van de lichtbron vertegenwoordigt het zonlicht. Het aarde-maan-model klemmen we in een glijzadel op een afstand van ongeveer 20 cm van de lichtbron. Als we de maan verschuiven rond de aarde dan zien we dat de kant tegenover de zon altijd verlicht wordt. Als de maan bekeken wordt vanaf de aarde, dan kunnen we twee verschillende maanfasen waarnemen.



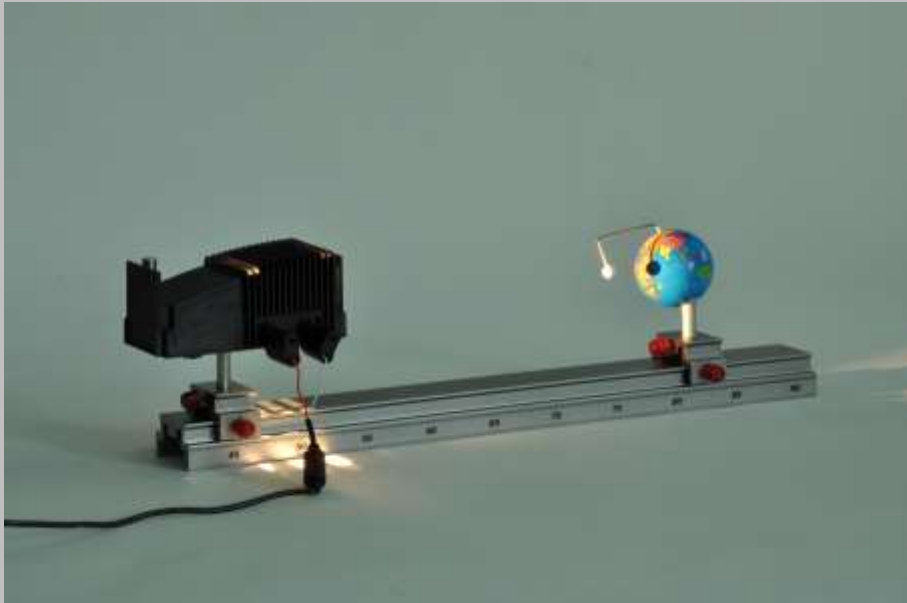
Conclusie:

We zien dat de maan verschillend verlicht wordt, al naargelang zijn beweging rond de aarde. De belangrijkste fasen van de maan zijn: volle maan, halve maan en nieuwe maan.

1.6. ZONSVERDUISTERING EN MAANVERDUISTERING

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaft 10 cm

2 Glijzadels met stelschroef

Aarde-maan-model

2 snoertjes

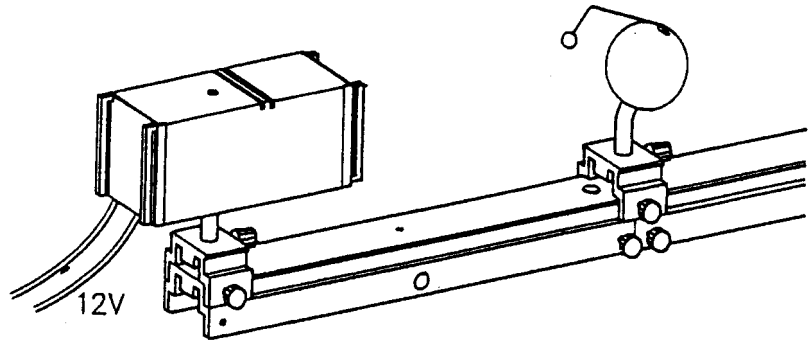
Elektrische voeding



We kunnen het ontstaan van zons- en maansverduisteringen laten zien met behulp van het aarde-maan-model.

Proef:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. Het licht van de lichtbron vertegenwoordigt het zonlicht. We klemmen het aarde-maan-model vast in het glijzadel op een afstand van ongeveer 30 cm tot de lichtbron. De gebogen aardas moet iets zijwaarts van de optische bank gedraaid worden.



Zonsverduistering:

De maan staat tussen de zon en de aarde in (in conjunctie). We kunnen gebieden in de half- en kernschaduw van de maan onderscheiden. In welke maanfase kan deze situatie voorkomen?

Maansverduistering:

De maan staat in de schaduw van de aarde (in oppositie). In welke maanfase kan deze situatie voorkomen?

Conclusie:

Zonsverduisteringen komen voor wanneer of de schaduw van de maan over het aardoppervlak geworpen wordt, of wanneer de schaduw van de aarde geworpen wordt over het oppervlak van de maan.

Tip:

Let op het frappante verschil tussen het model en de werkelijkheid: omdat het vlak van de baan van de maan verschuift t.o.v. het eclipticavlak, wordt noch elke nieuwe maan een zonsverduistering, en noch elke volle maan een maansverduistering. In het geval van ons aarde-maan-model zou dit welke maand optreden.

1.7. GAATJESCAMERA

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaf 10 cm

2 Glijzadels voor de optische bank

Glijzadel met stelschroef

Lens met glijhouder

Afneembare glijhouder

Schermin houder, transparant

L-vormige gleuf

Set enkele cirkelgleuven

2 Snoertjes

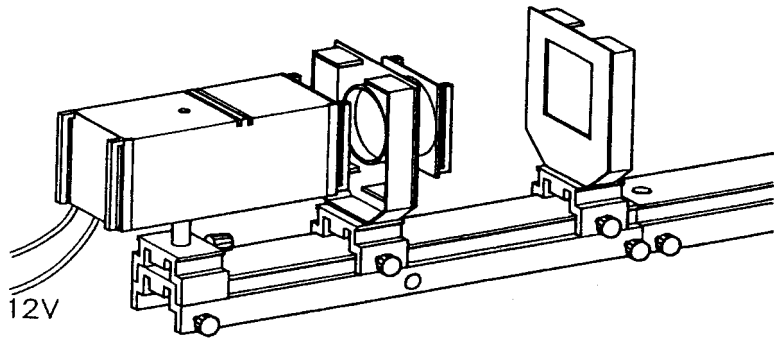
Elektrische voeding



De meest eenvoudige mogelijkheid om een beeld te vormen van een lichtgevend voorwerp is door middel van een gaatjescamera (camera obscura).

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We bevestigen de L-vormige gleuf op de lichtbron. De enkelvoudige cirkelgleuf ($d = 3 \text{ mm}$) maken we vast aan de lens met glijhouder. Deze lens en glijhouder plaatsen we op de optische bank in een glijzadel op ongeveer 6 cm voor de lichtbron. Het transparante scherm plaatsen we op de optische bank op ongeveer 10 cm voor de enkelvoudige cirkelgleuf, door middel van het glijzadel.



We kunnen een beeld van het verlichte voorwerp zien (L-vormige gleuf) op het scherm. We verplaatsen het scherm naar een positie zo dicht mogelijk bij de enkelvoudige cirkelgleuf. De beelden worden scherper en u kunt ze beter zien.

Een verdere verbetering van het beeld kunnen we bereiken door de kleinere enkelvoudige cirkelgleuf ($d = 1 \text{ mm}$) te gebruiken.

Op welke manier beïnvloedt de grootte van de opening de helderheid van het beeld?

Hoe kan het ontstaan van de afbeelding worden uitgelegd door middel van een tekening?

Hoe verklaart u dat het beeld onscherper wordt als we een grotere gleuf gebruiken?

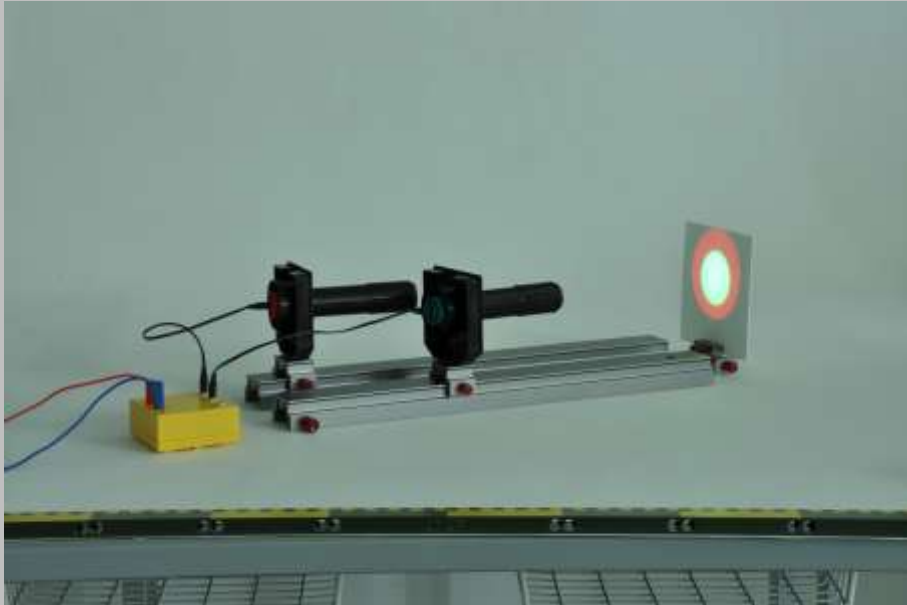
Conclusie:

Het beeld van een voorwerp projecteren we met de gaatjescamera door een kleine opening. Kleinere gleuven verhogen de scherpte van het beeld, maar ze verminderen de helderheid.

1.8. FOTOMETER

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

- 2 Statiefrails
- 2 Buislampen in behuizing 12 V
- Staaf 10 cm
- 2 Glijzadels voor optische bank
- Glijzadel met stelschroef
- Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
- 2 Lens en glijhouders
- Scherf, wit
- 4 Snoertjes
- Elektrische voeding



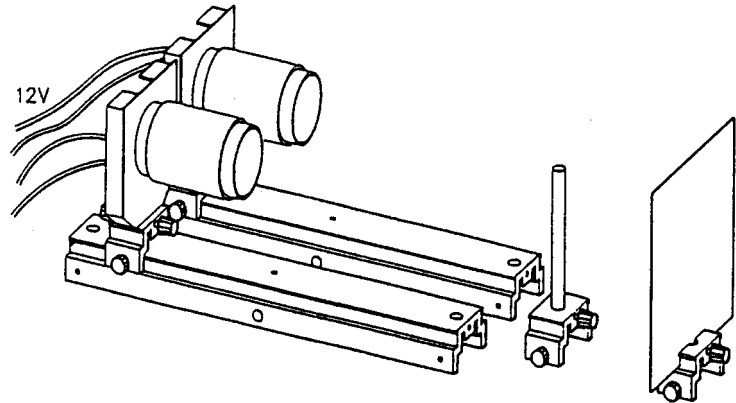
Door fotometers wordt het mogelijk om de intensiteit van licht uit twee lichtbronnen te vergelijken. We introduceren hier de mogelijkheid om twee lichtintensiteiten te vergelijken.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We plaatsen de twee buislampen in behuizing in de lens en glijhouders. We plaatsen een buislamp in behuizing op elk van de twee statiefrails, met behulp van het glijzadel. We plaatsen de twee statiefrails in parallelle positie op een afstand van ongeveer 8 cm. De staaf van 10 cm plaatsen we met de stelschroef op het glijzadel, ongeveer 5 cm voor de statiefrails en achter het scherm in het glijzadel met de schaalverdeling. De twee lampen moeten op dezelfde afstand van het scherm staan. De buislampen met behuizing plaatsen we op ongeveer 35 cm afstand van de staaf.

1. Experiment:

Een van de buislampen laten we branden op een wisselspanning van 9 Volt en we sluiten de andere buislamp aan op een regelbare gelijkspanning. Deze gelijkspanning stellen we op zo'n manier in dat beide schaduwen van de buis even vaag zijn. Door een van de lampen te bedekken kunnen we vaststellen welke schaduw van welke lamp afkomstig is. Omdat beide lampen op dezelfde afstand tot het scherm staan is de helderheid van beide lampen op het scherm hetzelfde.



We kunnen de verandering van de schaduwen bekijken als een van de twee lichtbronnen helderder is dan de andere. Eerst passen we de gelijkspanning zodanig aan dat de aangesloten lamp minder fel brandt dan de andere. Daarna stellen we het zo in dat de aangesloten lamp helderder brandt dan de andere.

2. Experiment:

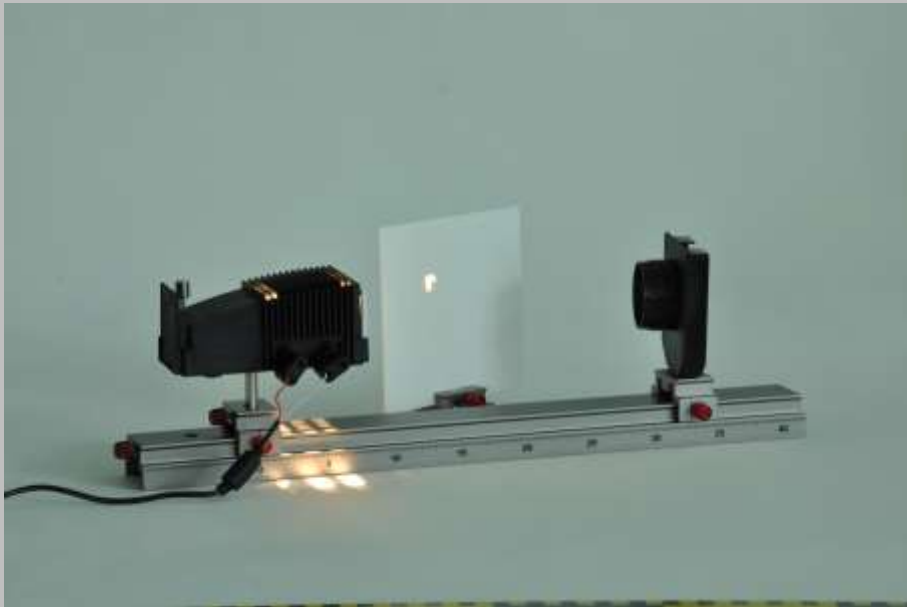
We schuiven de lamp, die is aangesloten op de regelbare gelijkspanning, dichterbij het scherm toe. Door dit te doen wordt de geproduceerde schaduw van de staaf groter. Als we dan de toegepaste gelijkspanning verlagen kan dezelfde helderheid van de schaduw weer aangepast worden.

2. SPIEGELS

2.5.1. BEELDVORMING BIJ EEN HOLLE SPIEGEL

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaft 10 cm

Glijzadel voor optische bank

Glijzadel met stelschroef

Glijzadel met schaalverdeling, scherm, aanwijzer

Lens en glijhouder

L-vormige gleuf

Scherm, wit

Holle Spiegel in houder

2 snoertjes

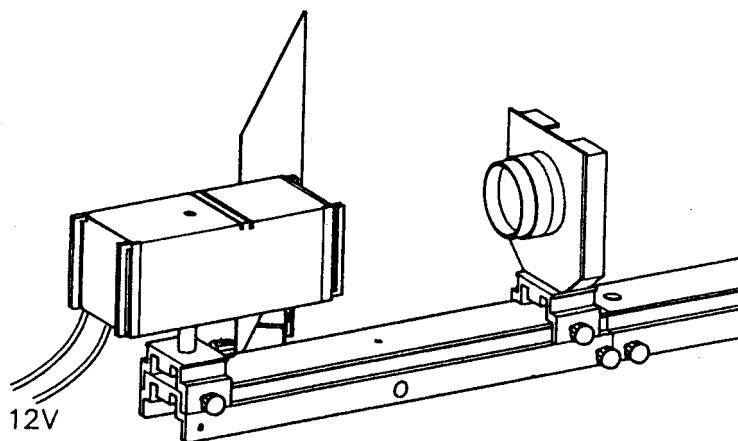
Elektrische voeding



We gaan de beeldvorming voor holle spiegels onderzoeken.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We maken de L-vormige gleuf vast aan de lichtbron. We zetten de holle spiegel op de optische bank door middel van het glijzadel op een afstand van ongeveer 15 cm van de L-vormige gleuf (de binnenwaarts gebogen kant in de richting van de lichtbron). De afstand tot het voorwerp is 15 cm. We klemmen het scherm vast in het glijzadel en zetten het links van de lichtbron. We moeten hem op ongeveer dezelfde hoogte zetten als de lichtbron. De spiegel moet in een beetje schuine positie geplaatst worden, om het beeld op het scherm te kunnen vangen. We verplaatsen het scherm totdat er een helder beeld zichtbaar is.



Welke kenmerken heeft het beeld?

Als het lichtgevende voorwerp (L-vormige gleuf) of de spiegel worden verplaatst, dan moeten we het weer scherpstellen. Beeldomvang en beeldafstand hangen beide af van de afstand tot het voorwerp.

De afstand tot het voorwerp en de bijbehorende beeldafstand zetten we in bijgaande tabel.

Voorwerpaafstand	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
Beeldafstand	 cm	 cm	 cm	 cm
Beeldomvang (groter/gelijk/kleiner)				

Hoe worden verder gelegen voorwerpen weergegeven op het scherm (bijv. Een boom die voor het raam staat)?

Als de spiegel dicht naar het voorwerp wordt verplaatst (afstand kleiner dan 10 cm), zien we het virtuele beeld in de spiegel (scheerspiegel of cosmetica-spiegel).

Door het voorwerp te verplaatsen zien we dat er geen voorwerp meer op het scherm te zien is vanaf een bepaalde afstand tussen de spiegel en het voorwerp.

Zo schatten we de brandpuntsafstand in en daarna rekenen we deze met behulp van de beeldvergelijking uit om dit te verifiëren.

De beeldvergelijking luidt als volgt:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

v.....voorwerpsafstand
b.....beeldafstand
f.....brandpuntsafstand van de spiegel

Conclusie:

Er kan een echt en omgekeerd beeld worden gemaakt met een holle spiegel als het voorwerp buiten de brandpuntsafstand ligt. Als de afstand tot het voorwerp kleiner is dan de brandpuntsafstand, dan wordt er een rechtopstaand en vergroot beeld zichtbaar.

2.8.1. BEELDVORMING BIJ EEN BOLLE SPIEGEL

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaf 10 cm

Glijzadel voor optische bank

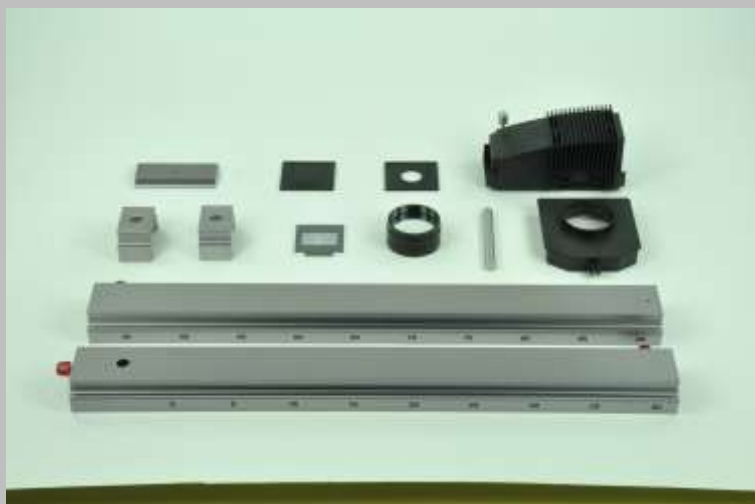
Glijzadel met stelschroef

Lens en diahouder

Bolle spiegel in houder

2 Snoertjes

Elektrische voeding

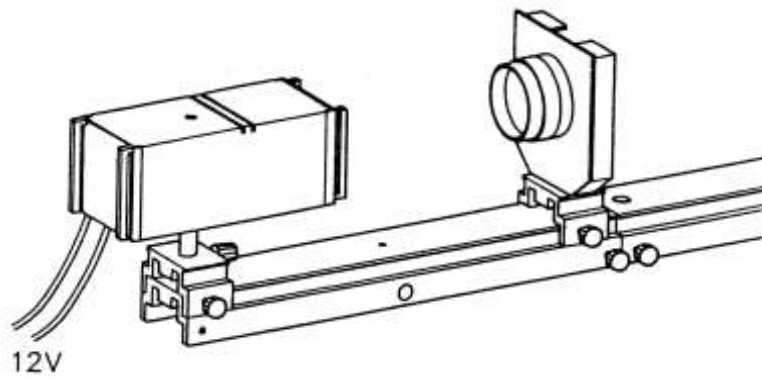


We willen de kenmerken onderzoeken van beelden in een naar buiten gebogen (bolle) spiegel.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. De L-vormige gleuf maken we vast aan de lichtbron. De bolle spiegel (naar buiten gebogen kant richting de lichtbron) zetten we voor de opstelling. We kunnen het bijbehorende beeld van de L-vormige gleuf zien in de spiegel.

We kunnen de afhankelijkheid van de beeldomvang op de afstand onderzoeken.



Voorwerpafstand	5 cm	10 cm	20 cm
Beeldomvang (groter/kleiner)			

Resultaat:

Hoe dichterbij het voorwerp, hoe groter het beeld. Het beeld is kleiner bij een grotere voorwerpafstand, maar het beeldveld is groter (gebruikt als achteruitkijkspiegel bij vrachtwagens!).

4. LENZEN

4.2.1. BEPALEN VAN DE BRANDPUNTAFSTAND VAN EEN BOLLE LENS

Gebruikte kit:
P9902-4H Optica 2,



Materiaal:
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Lens en glijhouder
Vel papier DIN A4

De brandpuntsafstand van een bolle lens kan eenvoudig worden bepaald wanneer de zon schijnt. We introduceren een manier om de brandpuntsafstand te bepalen, ook zonder dat er zon is.

Vorbereiding:

We tekenen vijf parallelle strepen op een onderlinge afstand van 1 cm.

Proef:

Zet de lens ($f = +50$ mm) op de parallelle strepen. Kijk ernaar vanaf een afstand van ongeveer 60 cm. De strepen lijken dezelfde afstand te hebben wanneer we ze bekijken door de lens of buiten de lens om.

Dan tillen we de lens langzaam op. De strepen die we door de lens bekijken lijken een grotere afstand te krijgen. We tillen de lens zover op dat de strepen, bekeken door de lens, een dubbele afstand t.o.v. elkaar lijken te hebben. De afstand tussen de lens en de strepen is nu halverwege de brandpuntsafstand.

Houd er voor deze afleiding rekening mee dat er een virtueel beeld wordt geprojecteerd en dat de beeldafstand b negatief moet worden ingevuld. We definiëren de grootte van beeld (B), de grootte van het voorwerp (V), de vergrotingsfactor (N). De beeldafstand (b) en voorwerpsafstand (v) zijn respectievelijk de afstand van de lens tot het virtuele vergrote beeld en de afstand van het vel papier tot de lens.

Dan krijgen we:

$N = B : V = b : v$ geeft een N van 2, (dus verdubbeling), daarom moet $b = 2 \cdot v$ zijn in dit voorbeeld

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{v} - \frac{1}{2v} = \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{2v} = \frac{1}{f}$$

Resultaat:

De brandpuntsafstand is

4.4.1. BEELDVORMING VAN EEN BOLLE LENS

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statief rails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaf 10 cm

Schermb, wit

Glijzadel voor optische bank

Glijzadel met stelschroef

Glijzadel met schaalverdeling, scherm, aanwijzer

Lens en diahouder

Lens in houder $f = +50$ mm

Lens in houder $f = +100$ mm

L-vormige gleuf

2 Aansluitingen

Elektrische voeding

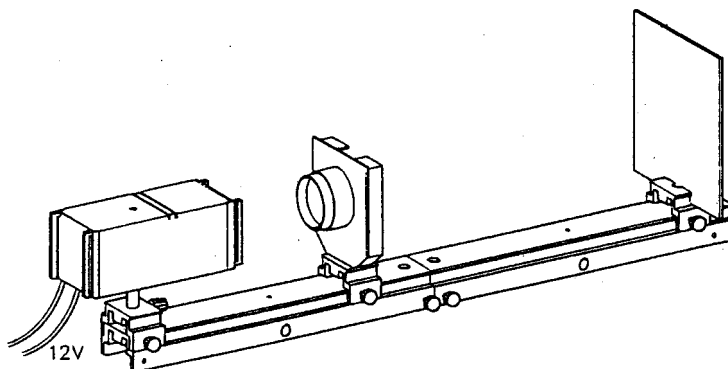


Vergrote of verkleinde beelden kunnen we projecteren met bolle lenzen.

We willen het verband onderzoeken tussen de afstand van een voorwerp tot de lens, de beeldgrootte en beeldafstand.

1. Proef:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We monteren de L-vormige gleuf op de lichtbron. We plaatsen eerst de lens ($f = +100$ mm) op een afstand van ongeveer 15 cm voor het voorwerp (L-vormige gleuf). De lens werpt het beeld van de „L“ op het scherm, dat ongeveer op een afstand van 30 cm tot de lens staat. De brandpuntsafstand van de beeldlens is 10 cm. We verschuiven het scherm op zo'n manier dat er een zo helder mogelijk beeld ontstaat.



Dan verplaatsen we de lens zodanig dat de afstand tot het voorwerp eerst 20 cm en dan 25 cm is. We noteren de beeldafstand en de vergroting van de 'L' in de tabel.

Verder noteren we of het beeld groter of kleiner is dan het voorwerp.

Voorwerpafstand	Beeldafstand	Vergroting/verkleining
15 cm		
20 cm		
25 cm		

Als de afstand tot het voorwerp twee keer zo lang is als de brandpuntsafstand, dan is het beeld even groot als het voorwerp.

2. Proef:

We herhalen de proef met de lens van ($f = +50$ mm). We noteren de afstanden van het voorwerp tot de lens. We zetten ook weer de beeldafstand en vergroting in de tabel.

Voorwerpafstand	Beeldafstand	Vergroting/verkleining
8 cm		
10 cm		
15 cm		

Conclusie:

Bolle lenzen geven echte omgekeerde beelden als de voorwerpsafstand groter is dan de brandpuntsafstand. Vergrote beelden ontstaan als de voorwerpsafstand kleiner is dan twee keer de brandpuntsafstand. Verkleinde beelde ontstaan als de voorwerpsafstand groter is dan twee keer de brandpuntsafstand.

4.4.2. BEELDPUNTEN VAN EEN BOLLE LENS

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

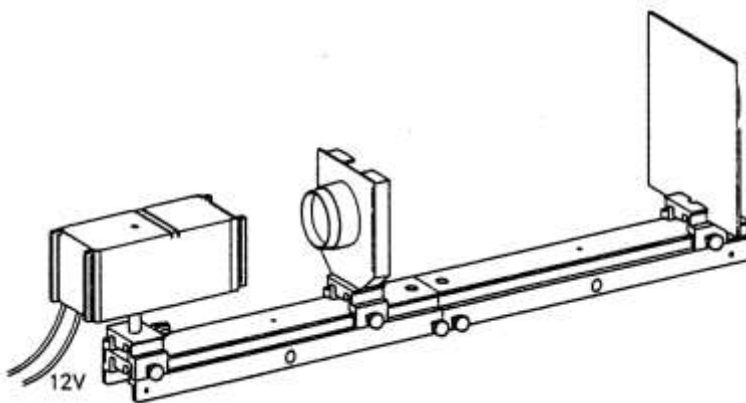
Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railverbinding
Lichtbron
Staaft 10 cm
Scherm, wit
Glijzadel voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaal aanduiding, scherm en aanwijzer
Lens en dia houder
Lens in houder $f = +100$ mm
L-vormige gleuf
2 Snoertjes
Elektrische voeding



We willen het verband onderzoeken tussen de voorwerpsafstand, beeldafstand en brandpuntsafstand. Ook wordt de vergroting van het beeld berekend.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We maken de L-vormige gleuf vast aan de lichtbron. We plaatsen eerst de lens van ($f = +100$ mm) op een afstand van 15 cm voor het voorwerp (L-vormige gleuf, afstand 15 cm). De gleuf werpt de „L” op het scherm, dat zich op een afstand van ongeveer 30 cm van de lens bevindt. De brandpuntsafstand van de lens is 10 cm. We verschuiven het scherm zodanig dat er een zo scherp mogelijk beeld wordt geprojecteerd.



De voorwerpsgrootte is de grootte van de „L” en de voorwerpsafstand is gegeven. De beeldafstand en de beeldgrootte moeten we meten voor elke voorwerpsafstand en in de tabel noteren.

De wet van de beeldvorming kan op de volgende manier geverifieerd worden:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

v voorwerpsafstand

b beeldafstand

f brandpuntsafstand

We kunnen de lineaire vergroting (N) ook berekenen.

$$\frac{B}{V} = \frac{b}{v}$$

V voorwerpsgrootte = mm

B beeldgrootte

Voorwerpsafstand v	beeldafstand b	$\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$	beeldgrootte B	$\frac{B}{V}$	$\frac{b}{v}$
15 cm					
20 cm					
25 cm					

Conclusie:

We kunnen de beeldafstand voor een gegeven voorwerpsafstand berekenen met de lenzenformule als de brandpuntsafstand van de lens bekend is. De vergroting van het beeld is te berekenen op twee manieren, namelijk met de beeld- en voorwerpsafstand en met beeld- en voorwerpsgrootte.

4.5.1. BEPALEN VAN DE BRANDPUNTAFSTAND VAN EEN HOLLE LENS

Gebruikte kit:
P9902-4H Optica 2,



Materiaal:
Lens in houder $f = -100$ mm
Vel papier DIN A4

Vorbereiding:

We tekenen vijf parallelle strepen op een onderlinge afstand van 1 cm.

Proef:

We plaatsen holle lens op de parallelle strepen en kijken vanaf een afstand van ongeveer 60 cm. De strepen, die we door de lens zien lijken dezelfde onderlinge afstand te hebben als wanneer we ze naast de lens bekijken.

Wanneer we de lens optillen lijken de strepen die we door de lens bekijken een kortere afstand t.o.v. elkaar te hebben. We tillen de holle lens zover op dat de strepen die we door de lens zien op de helft van de werkelijke afstand lijken te liggen.

De afstand tussen de lens en de serie strepen is nu de helft van de brandpuntsafstand.

Voor de afleiding de brandpuntsafstand (met de lenzenformule) moeten we rekening houden met een negatieve beeldafstand én een negatieve brandpuntsafstand.

Het wordt dan:

$B : V = b : v = \frac{1}{2}$, daarom $b = -\frac{1}{2}v$ in dit voorbeeld (want het beeld is twee zo klein als het origineel en virtueel)

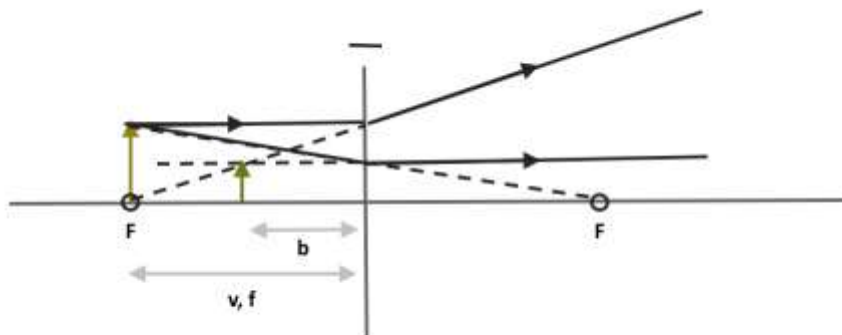
$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = -\frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{v} - \frac{1}{\frac{1}{2}v} = -\frac{1}{f} \rightarrow -\frac{1}{v} = -\frac{1}{f}$$

b beeldafstand, v voorwerpsafstand

Resultaat:

De brandpuntsafstand is

n.b. grafisch is dit de voorstelling van het experiment.



4.7.1. BEELDVORMING BIJ EEN HOLLE LENS

Gebruikte kit:
P9902-4H Optica 2,



Materiaal:
Lens in houder $f = -100$ mm

We gaan kennis maken met de beeldeigenschappen van een holle lens.

Proef:

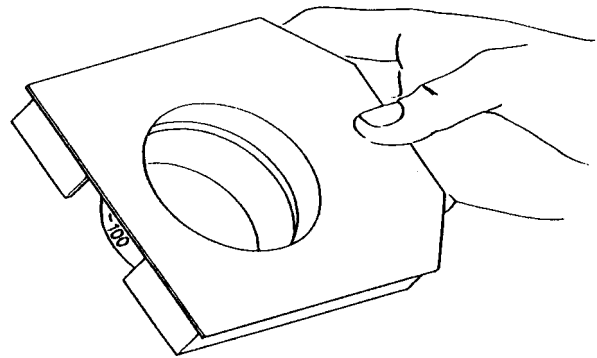
We houden de holle lens ($f = -100 \text{ mm}$) op zo'n manier vast dat een voorwerp op korte afstand kan worden bekeken. Het voorwerp lijkt verkleind te worden. Dan bekijken we een wat verder gelegen voorwerp. Het beeld dat we bekijken is verkleind, maar kijken door de holle lens biedt een veel groter gezichtsveld.

Hoe hangt de beeldgrootte af van de voorwerpsafstand?

Meestal zien we dat een beeld geprojecteerd wordt op een scherm zoals in een bioscoop of bij een diavoorstelling (reëel beeld). Bij een holle lens is dit onmogelijk omdat een holle lens altijd een virtueel beeld geeft.

Conclusie:

Een holle lens geeft een virtueel beeld. Het beeld is groter naarmate de afstand van het voorwerp tot de lens korter is.



4.8. SFERISCHE ABERRATIE

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

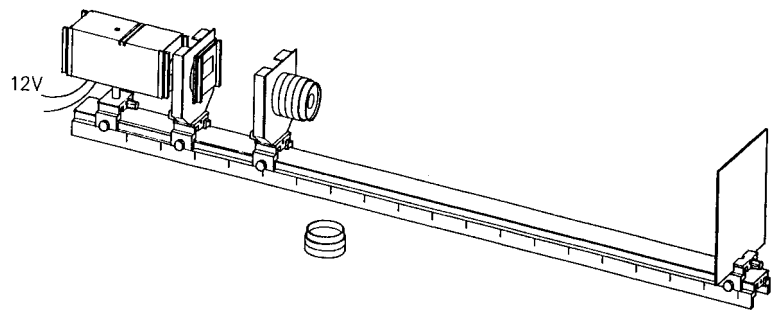
Optische bank of 2 Statief rails en 1 railverbinding
Lichtbron
Staaft 10 cm
Scherm, wit
2 Glijzadels voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
Lens en glijder
Afnembare glijder
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Iris diafragma in houder $d = 20$ mm
Ronde schijf in houder
Dia met cijfers
2 Snoertjes
Elektrische voeding



Deze proef laat dat het beeld bij een bolle lens gevormd wordt door zowel lichtstralen door het midden van de lens als door lichtstralen door de rand van de lens. Echter als wij deze lichtstralen apart een beeld laten vormen zien we verschillen in beeldscherpte en beeldafstand.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We plaatsen de lens ($f = +50$ mm) voor de lichtbron. Deze dient als een condensorlens. We zetten een dia voor de lens ($f = +50$ mm) met de glijhouder. We plaatsen de lens ($f = +100$ mm) voor het voorwerp (de dia). De dia wordt scherp afgebeeld op het scherm via de lens ($f = +100$ mm). We plaatsen het scherm bijna aan het einde van de optische bank.



Proef:

We schuiven het irisdiafragma voor de lens ($f = +100$ mm). Het irisdiafragma stopt de lichtstralen, die naar de randen van de lens gaan. We kunnen het scherm een beetje verschuiven zodat het beeld zo scherp mogelijk kan worden gemaakt. Onthoud de positie van het scherm. Nu vervangen we het irisdiafragma door de ronde schijf in de houder. Nu kunnen alle lichtstralen door de lens gaan. Het beeld is nu niet langer scherp afgebeeld. Door de lens ($f = +100$ mm) te verschuiven kan het beeld weer scherp worden gemaakt. Het scherm moet daarvoor dichterbij de lens worden geschoven.

Conclusie:

De lichtstralen, die meer aan de rand van de lens door de lens gaan, geven een beeld dat dichterbij de lens ligt. Lichtstralen, die door de rand van de lens gaan, worden sterker afgebogen dan lichtstralen die door het midden van de lens gaan.

4.9. CHROMATISCHE ABBERATIE

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

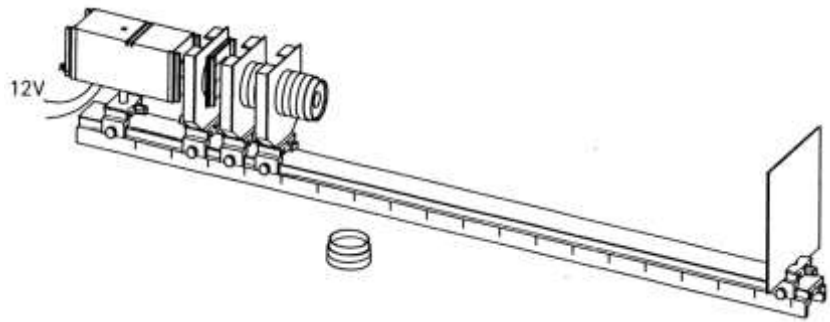
Optische bank of 2 Statief rails en 1 railverbinding
Lichtbron
Staaft 10 cm
Scherm, wit
3 Glijzadels voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
3 Lens en dia houders
Afneembare dia houder
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Set kleurfilters, subtractief
Dia met cijfers
2 Snoertjes
Elektrische voeding



Met deze proef leggen we het ontstaan uit van gekleurde randen bij beelden die ontstaan door bolle lenzen.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We zetten de lens ($f = +50$ mm) voor de lichtbron. Deze dient als condensorlens. We plaatsen een dia voor de lens ($f = +50$ mm) met behulp van de dia houder. We plaatsen de lens ($f = +100$ mm) eerst 15 cm voor het voorwerp (de dia). De dia moet goed scherp op het scherm getoond worden met de lens ($f = +100$ mm). Het scherm plaatsen we bijna aan het eind van de optische bank.



Proef:

We zetten het rode kleurfilter in de dia houder, dat we direct achter de lens ($f = +50$ mm) plaatsen. Het beeld op het scherm is nu rood. Het beeld moet zo scherp mogelijk weergegeven worden. Onthoud de positie van het scherm. Nu vervangen we het rode kleurfilter door het blauwe. Het blauwe beeld is niet zo scherp gedefinieerd als beeld wat door het rode licht wordt gevormd. We verschuiven het scherm totdat het beeld weer scherp geworden is. Het scherm staat nu dichterbij de lens.

Conclusie:

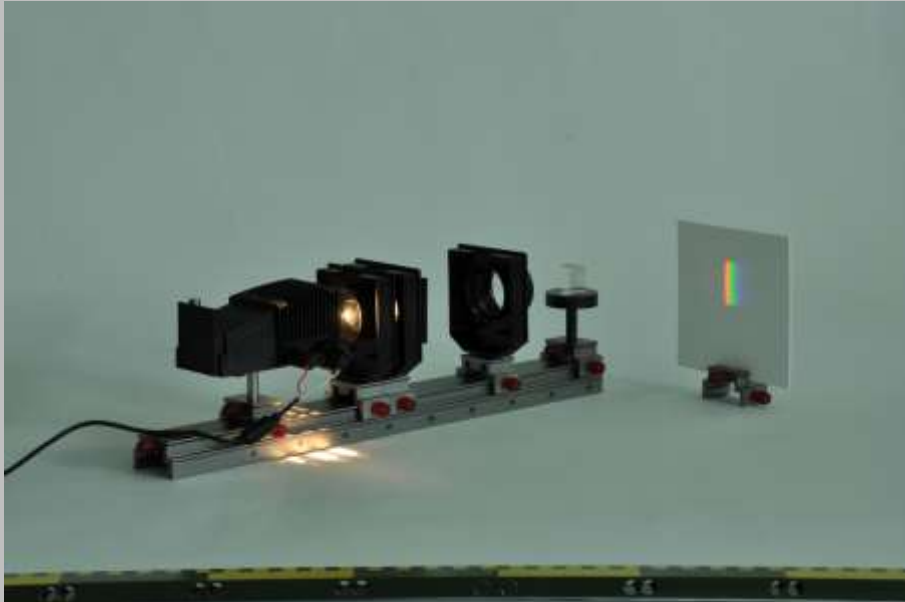
Blauw licht geeft een beeld dat dichterbij de lens staat dan het rode licht. Blauw licht wordt sterker gebroken dan rood licht.

5. KLEUREN

5.2. SPLITSEN VAN WIT LICHT IN KLEUREN MET EEN PRISMA EN WEER SAMENVOEGEN

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

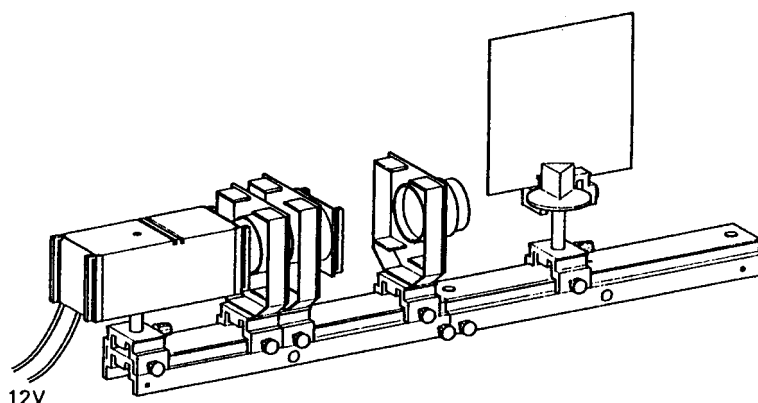
Optische bank of 2 Statief rails en 1 verbindingsrail
Lichtbron
Staaft 10 cm
3 Glijzadels voor optische bank
2 Glijzadels met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
2 Lens en dia houders
Afneembare dia houder
Enkele gleuf
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Prismatafel
Gelijkzijdig prisma
Scherm, wit
2 snoertjes
Elektrische voeding



We gaan het licht van de lichtbron opsplitsen in een kleurenspectrum met behulp van een prisma. Daarna willen we onderzoeken of de spectraal kleuren weer gecombineerd kunnen worden tot wit licht.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We zetten de lens ($f = +50$ mm) op zo'n manier voor de lichtbron dat er parallel licht wordt geproduceerd. We plaatsen het scherm in het glijzadel met schaalverdeling op de optische bank op een afstand van ongeveer 50 cm vanaf de lichtbron (gemeten vanaf de lichtopening). We maken de enkele gleuf vast aan de lens en dia houder doormiddel van de dia klem. We



zetten de lens en dia houder voor de lens ($f = +50$ mm) met behulp van het glijzadel, op zo'n manier dat het recht tegenover de dia houder komt te staan. De gleuf moet scherp geprojecteerd worden op het scherm door middel van de lens ($f = +100$ mm). Schuif de lens zodanig dat er een scherp beeld is!

1. Proef:

We zetten de prismatafel op de optische bank, met behulp van het glijzadel met de stelschroef, op een afstand van ongeveer 35 cm vanaf de lichtbron en plaatsen dan het prisma op de prismatafel. We verschuiven het scherm in een schuine positie en behouden daarbij dezelfde afstand, om zodoende het kleurenspectrum te vinden. We draaien het prisma zodanig dat de afwijkingshoek zo klein mogelijk is („minimale deviatie“). We kunnen het scherm meer zijwaarts draaien in het pad van de lichtstralen, om zodoende het spectrum te vergroten (zodat het scherm parallel aan de optische bank komt te staan).

Welke kleur wordt het minst afgebogen? En welke het meest?

2. Proef:

We verwijderen de lens ($f = +50$ mm) van het stralen pad en houden hem in het spectrum achter het prisma. De spectrumkleuren worden weer samengevoegd tot wit licht.

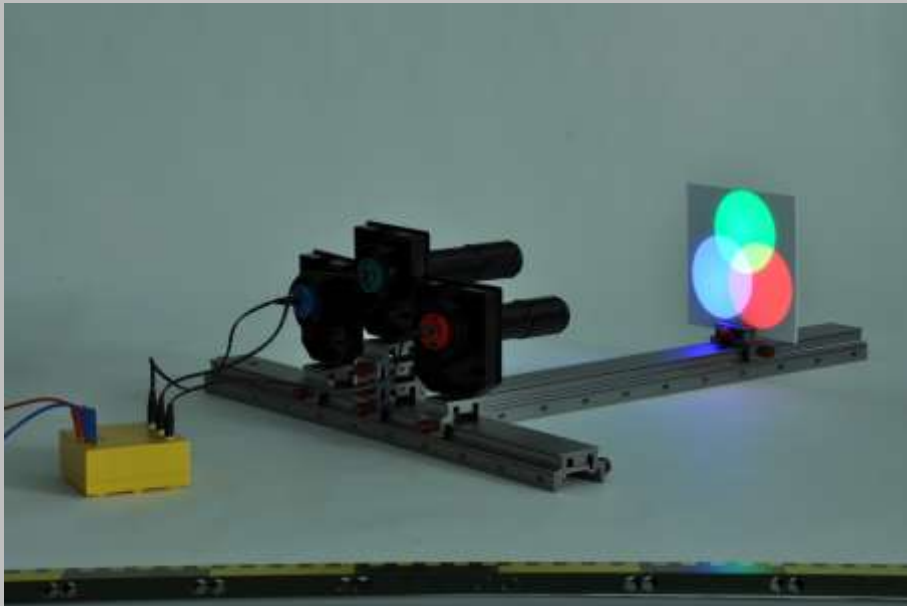
Conclusie:

We kunnen wit licht splitsen in spectrumkleuren met behulp van een prisma. Dit kan doordat elke afzonderlijke kleur haar eigen brekingsindex heeft. De kleur violet wordt het meest afgebogen, de kleur rood het minst. We kunnen het spectrum weer samenvoegen tot wit licht met een bolle lens.

5.3. ADDITIEF MENGEN VAN KLEUREN

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



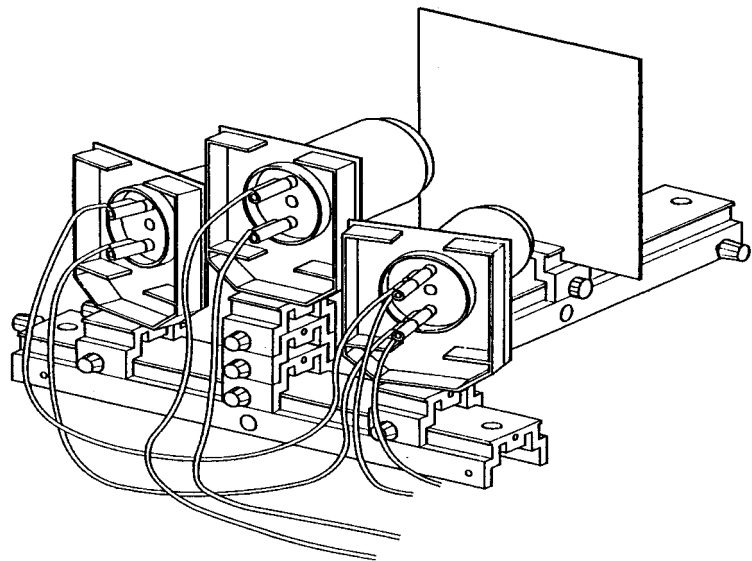
Materiaal:

- 2 Statiefrails
- 3 Buislampen in behuizing, 12 V
- 3 Glijzadels voor optische bank
- 2 Glijzadels met stelschroef
- Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
- Scherm, wit
- Set kleurenfilters
- 6 Snoertjes
- Elektrische voeding



We gaan het mengen van kleuren in een kleuren TV en LED-verlichting onderzoeken.
We willen aantonen dat gemengde kleuren afgeleid zijn van basiskleuren.

Vorbereiding: Bouw op volgens de schets. We maken een kleurenfilter vast aan elk van de drie buislampen in behuizing van 12 V. We monteren de buislampen met behuizing op de lens- en dia houders aan de voorkant. We maken de drie glijzadels vast elk boven elkaar in het midden van de statief rail. We zetten de twee glijzadels met stelschroef op de statief rail aan de linker- en rechterkant van de andere glijzadels. We zetten de lens- en dia houders met de buislampen in behuizing in de glijzadels van de statief rail. We sluiten de ene buislamp met behuizing aan op een gelijkspanning van 12 V. De helderheid van deze lamp kan worden veranderd door aanpassing van de spanning. De andere twee buislampen sluiten we parallel aan op een wisselspanning van 12 V. We monteren het scherm op de tweede statief rail in het glijzadel met schaalverdeling. We zetten de rail met scherm voor de drie lampen, op zo'n manier dat de drie ronde lichtvlekken van de lampen op het scherm zichtbaar zijn.



Proef:

De drie lampen werpen ronde lichtvlekken op het scherm in de drie basiskleuren. We veranderen de positie van de lampen op zo'n manier dat de lichtvlekken elkaar gedeeltelijk overlappen.
Alle drie de basiskleuren (primaire kleuren) moeten elkaar in het midden een beetje overlappen.
Welke kleuren ontstaan wanneer twee cirkels elkaar overlappen?
Welke kleur ontstaat wanneer alle drie de primaire kleuren elkaar overlappen?

Resultaat:

Primaire kleuren	Gemengde kleur	Primaire kleuren	Gemengde kleur
rood en groen			
blauw en groen		rood, groen, blauw	
rood en blauw			

5.4. SUBTRACTIEF MENGEN VAN KLEUREN

Gebruikte kit:
P9902-4H Optica 2,

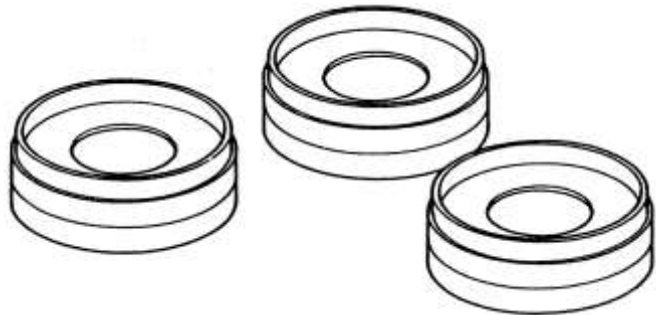


Materiaal:
1 Set kleurenfilters, Subtractief

We laten het principe van de kleurenprinter (kleurenafdrukken) zien door middel van kleurenfilters met de secundaire kleuren (geel, magenta en cyaan). We doen deze proef in het daglicht.

Proef:

Eerst bekijken we twee van de drie kleurenfilters in de secundaire kleuren cyaan, geel en magenta tegen het licht, de een naast de ander. Daarna bekijken we ze gecombineerd (de een achter de ander). We bekijken de resulterende mengkleur. En noteren het resultaat in de tabel.



Nu laten we alle drie de kleurfilters overlappen en we kunnen de gemengde kleur zien, die ontstaat uit de basiskleuren cyaan, geel en magenta.

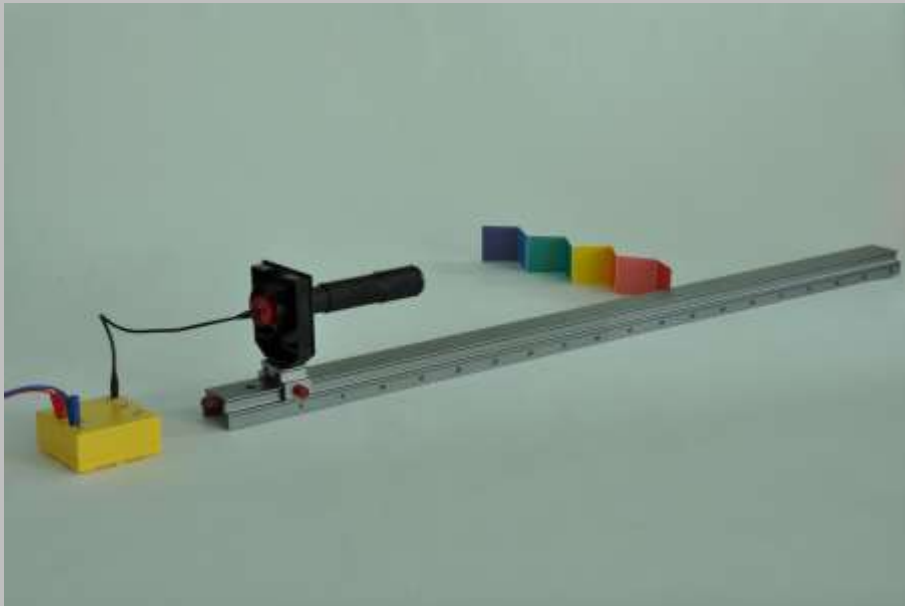
Resultaat:

Primaire kleuren	Gemengde kleur
cyaan en geel	
magenta en geel	
cyaan en magenta	
cyaan, magenta, geel	

5.5. KLEUR VAN OBJECTEN

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaft 10 cm

Glijzadel voor optische bank

Glijzadel met stelschroef

Lens en dia houder

Set kleurfilters, optelbaar

Set kleurfilters, aftrekbaar

Kleurenstrip¹

2 Snoertjes

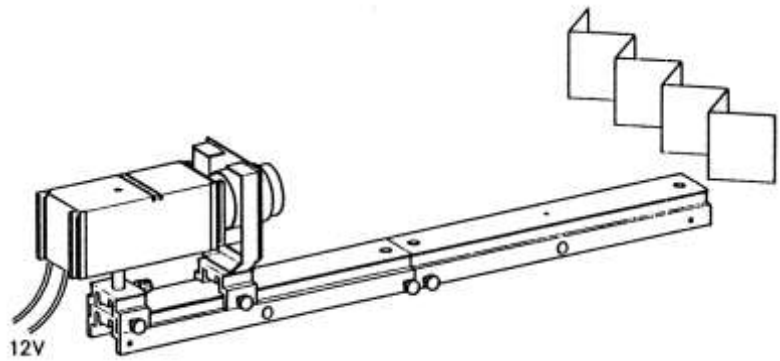
Elektrische voeding



We willen door middel van deze proef uitleggen waarom voorwerpen uit onze dagelijkse omgeving uit verschillende kleuren bestaan wanneer ze belicht worden met hetzelfde licht (bijv. zonlicht).

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de lichtbron met de ronde opening. We zetten de dia houder met het rode kleurfilter op de optische bank tegenover de lichtbron.



1. Proef:

We zetten het magenta filter op de lichtbron. We houden de kleurenstrip tegen het magenta licht en bekijken de kleuren één voor één. De blauw- en groengekleurde tinten lijken donker op het scherm, het rode vlak blijft helder rood.

Oorzaak: In rood licht komen geen blauwe en groene kleurcomponenten voor. De vlakken met deze kleuren kunnen dus geen licht reflecteren en zijn dus donkerder.

Het roodgekleurde vlak is rood in wit licht omdat het vlak alleen rood licht reflecteert en de kleurcomponenten groen en blauw absorbeert.

2. Proef:

We zetten het magenta filter op de lenshouder in plaats van het rode filter. Het groene vlak lijkt donker. Magenta is een mix van rood en blauw, dus het groene vlak kan nu geen licht weerkaatsen.

Het groengekleurde vlak is groen in wit licht omdat het alleen groene licht reflecteert en de andere kleuren in het witte licht absorbeert.

Conclusie: Objecten verschijnen in verschillende kleuren in wit licht omdat ze specifieke kleuren van het witte licht absorberen en specifieke kleuren terugkaatsen.

6. HET OOG

6.1.1. MODEL VAN HET MENSELIJKE OOG

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

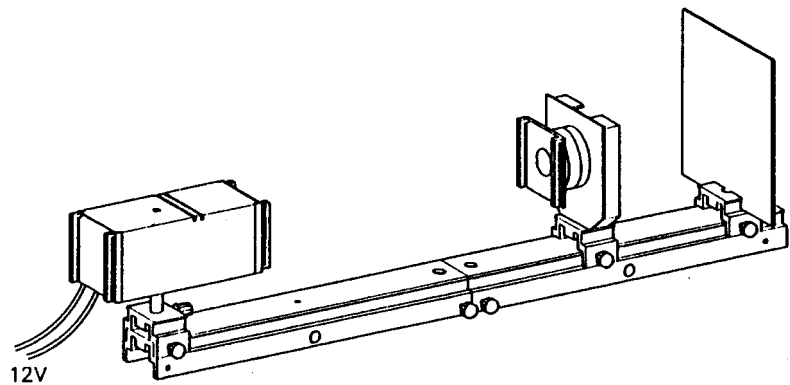
Optische bank of 2 Statief rails en 1 railverbinder
Lichtbron
Staaf 10 cm
Glijzadel voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
2 Lens- en dia houders
Afneembare dia houder
Set met enkele cirkel gleuf
L-vormige gleuf
Scherm, wit
2 Aansluitingen
Elektrische voeding



We willen de beeldvorming van het menselijke oog simuleren. Bovendien willen we de functie van de pupil laten zien.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We plaatsen de lichtbron met de gemonteerde L-vormige gleuf aan het linker uiteinde van de optische bank, met behulp van het glijzadel voor de optische bank en de staaf van 10 cm. We zetten de lens ($f = +100$ mm) als ooglenzen op een afstand van ongeveer 40 cm vanaf de L-vormige gleuf met behulp van de lenzhouder en het glijzadel voor de optische bank. We maken de gleuf met enkele cirkel ($d = 8$ mm) vast aan een dia houder en maken hem vast aan de lens. De gleuf met enkele cirkel stelt de pupil voor. We draaien de lens met de enkele cirkelgleuf zodanig dat de gleuf met enkele cirkel tegenover de lichtbron staat.



We zetten het scherm op de optische bank op een afstand van ongeveer 11 cm vanaf de lens, met behulp van het glijzadel met schaalverdeling. Het scherm stelt het netvlies voor. We verschuiven de lens op zo'n manier dat het object (L-vormige gleuf) scherp wordt weergegeven.

1. Proef:

We zetten het object dat we willen bekijken (de lamp met L-vormige gleuf) dichterbij. Het beeld wordt donker.

Als we het scherm bewegen, dan kan het beeld weer scherp worden. De afstand van de ooglenzen tot netvlies veranderen kan het menselijk oog echter niet.

De lichtbron met de L-vormige gleuf wordt naar een afstand van ongeveer 7 cm van het pupil (cirkelvormige gleuf) geschoven. Hierna wordt de lens ($f = +100$ mm) vervangen door de lens ($f = +50$ mm). Dat is een dikkere lens op exact dezelfde plek als waar de vorige lens stond. Het beeld is nu weer scherp op het scherm en vergroot.

Het menselijk oog kan door een samentrekking van de oogspier een dikkere ooglenzen creëren (deze aanpassing van de ooglenzen aan dichtbij gelegen object noemen we „accommoderen“).

2. Proef:

We vervangen de lens ($f = +50$ mm) door de lens ($f = +100$ mm) en zetten het object (de lamp met de L-vormige gleuf) zo ver mogelijk weg. Nu willen we de functie van de pupil ontdekken. Het netvlies kan beschadigd raken door licht dat te fel is. We vervangen de enkele cirkelgleuf ($d = 8$ mm) op de lens ($f = +100$ mm) door de enkele cirkelgleuf met een diameter van 3 mm. De invalshoek van het licht wordt teruggebracht door de pupil te vernauwen. Hierdoor wordt het beeld scherper, wat we kunnen zien door het object een beetje te verschuiven met en zonder de enkele cirkelgleuf ($d = 3$ mm).

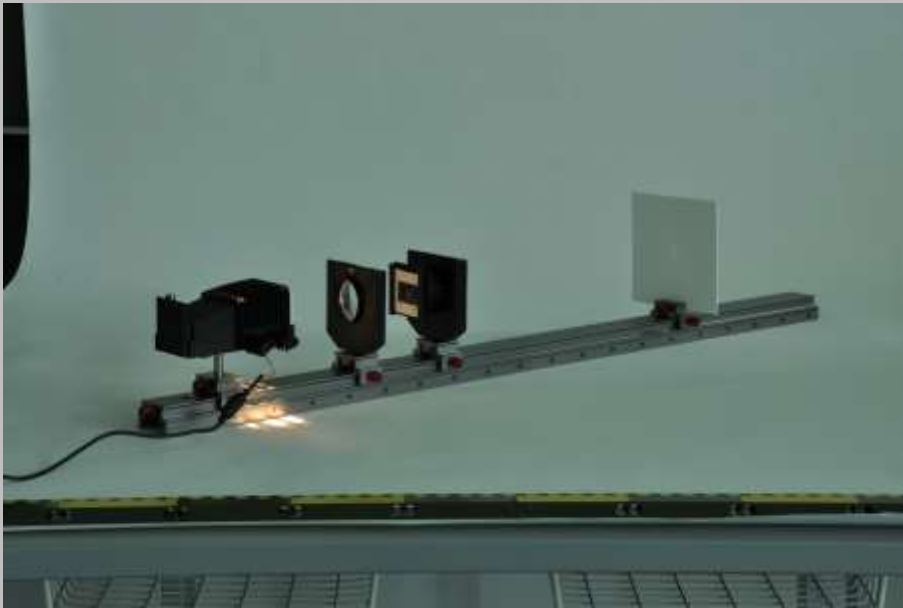
Conclusie:

Het menselijk oog kan objecten op verschillende afstanden scherp zien door de dikte en daarmee de breking van lichtstralen door de ooglenzen te veranderen. Dit noemen we accommoderen. De pupil past de invalshoek van het licht aan en regelt zo de hoeveelheid licht die op het netvlies valt.

6.5. OOGWIJKINGEN EN DE BIJBEHORENDE CORRECTIES

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railverbinding

Lichtbron

Staaf 10 cm

Lens in houder $f = +100$ mm

Lens in houder $f = +300$ mm

Lens in houder $f = -100$ mm

Set van enkele cirkelgleuven

L-vormige gleuf

2 Lens en dia houders

Afneembare dia ouder

Scherf, wit

2 Aansluitingen

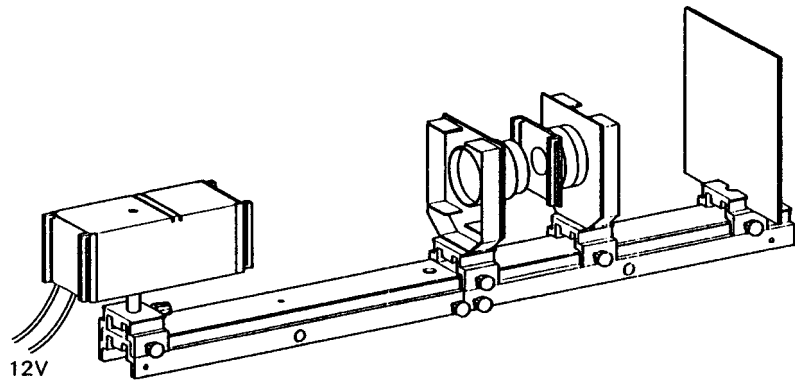
Elektrische voeding



We leggen de correctie van oogafwijkingen via een bril uit. Zowel bolle als holle lenzen worden gebruikt als „bril“. Dit experiment kunt u ook uitvoeren met een echte bril.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We zetten de lichtbron met de gemonteerde L-vormige gleuf aan het uiteinde van de optische bank door middel van het glijzadel. We maken de lens ($f = +100\text{ mm}$) als ooglens vast op een afstand van ongeveer 40 cm vanaf de L-vormige gleuf met behulp van de lenshouder en glijzadel. We doen de enkele cirkelgleuf ($d = 8\text{ mm}$) in de dia houder en maken hem vast aan de lens. De enkele cirkelgleuf stelt de pupil voor. We draaien de lens met de enkele cirkelgleuf zodanig dat de enkele cirkelgleuf tegenover de lichtbron staat.



We zetten het scherm op de optische bank op een afstand van ongeveer 11 cm vanaf de lens, door middel van het glijzadel met schaalverdeling. Het scherm stelt het netvlies voor. We verschuiven de lens zodanig dat het object (de L-vormige gleuf) scherp wordt afgebeeld.

1. Proef: Bijziendheid (de oogbol is te lang):

We vergroten de afstand vanaf het scherm tot de lens met ongeveer 5 cm. Het beeld is onscherp. De scherpte van het beeld kunnen we corrigeren met een holle lens ($f = -100\text{ mm}$) op een afstand van ongeveer 16 cm voor de lens. De holle lens stelt de bril voor.

2. Proef: Verziendheid (de oogbol is te kort):

We verkleinen de afstand tussen het scherm en de lens met ongeveer 2 cm. De bolle lens ($f = +300\text{ mm}$) die gemonteerd is op een afstand van ongeveer 13 cm voor de ooglens maakt weer een scherp beeld mogelijk. Brillen om verziendheid te corrigeren bevatten bolle lenzen.

Conclusie:

Bijziendheid wordt veroorzaakt door een te lange oogbol (of te sterke ooglens). We gebruiken holle lenzen voor de correctie ervan. Verziendheid wordt veroorzaakt door een te korte oogbol (of een te zwakke ooglens). We gebruiken bolle lenzen voor de correctie.

Tip:

Oudziendheid wordt veroorzaakt door een gebrek aan elasticiteit in de ooglens. De lens kan niet dik genoeg gemaakt worden om de objecten scherp genoeg weer te geven. We gebruiken bolle lenzen voor de correctie ervan.

7. OPTISCHE INSTRUMENTEN

7.1. VERGROOTGLAS

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2,



Materiaal:

Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Lens in houder $f = +300$ mm
Lens- en dia houder
Scherm, wit

We onderzoeken het beeld van een heel nabij voorwerp, gezien door een bolle lens. Welk effect heeft de brandpuntsafstand van de lens?

Proef:

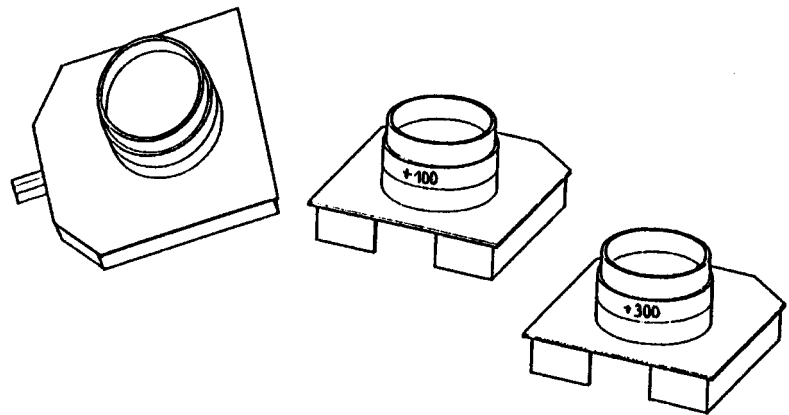
Als een bolle lens ($f = +50$ mm) dicht bij een voorwerp wordt gehouden dat zich binnen de brandpuntsafstand bevindt, wordt een vergroot beeld ervan verkregen.

Door bolle lenzen te gebruiken met de waarden $f = +100$ mm en $f = +300$ mm kunnen we de invloed van de brandpuntsafstand op de vergroting onderzoeken.

Probeer het beeld op het scherm te vangen.

Conclusie:

Als het voorwerp zich binnen de brandpuntsafstand van een bolle lens bevindt, dan wordt een rechtopstaande en vergrootte weergave ervan verkregen, die niet op het scherm geprojecteerd kan worden. De vergroting wordt groter naarmate de lens dikker is (en dus een kortere brandpuntsafstand heeft).



7.2. DIAPROJECTOR

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

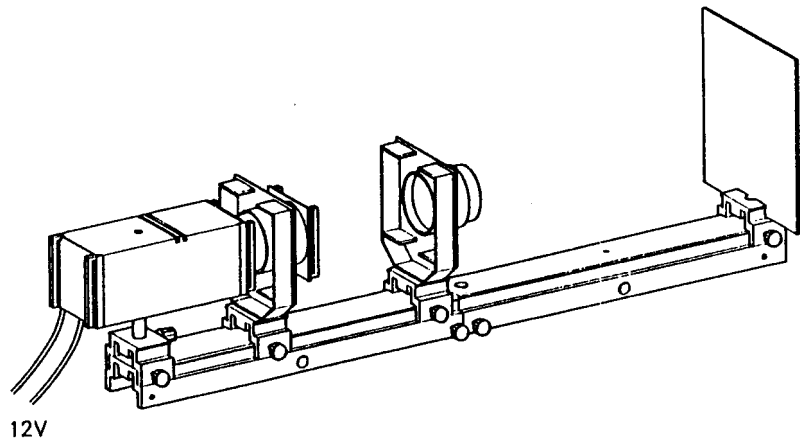
Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
Glijzadel voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Lens en dia houder
Dia met cijfers
Afneembare dia houder
Scherm, wit
2 Aansluitingen
Elektrische voeding



We gaan een eenvoudige diaprojector opbouwen.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We plaatsen de lens ($f = +50 \text{ mm}$) direct tegenover de lichtbron met behulp van het glijzadel (op een afstand van ongeveer 6 cm van de lichtbron). De lens dient als condensorlens en geeft een goed verlichtingsniveau op de dia. We monteren de dia houder met de dia op de lens. We krijgen een helder beeld op het scherm door de beeldlens ($f = +100 \text{ mm}$) op een afstand van 15 cm van de dia. We plaatsen het scherm op een afstand van ongeveer 50 cm van de dia.



Proef:

We veranderen de afstand tussen het scherm en het object (schuif het scherm eerst dicht naar de lens toe!). Op welke manier moet de lens verschoven worden om het beeld op de muur te kunnen bekijken?

Hoe moet de dia ingevoerd worden zodat het beeld rechtop lijkt te staan?

Conclusie:

De beeldlens van een diaprojector geeft een echt, vergroot en omgekeerd beeld van de dia op het scherm.

Toevoeging:

Is het verstandig om de lens ($f = +300 \text{ mm}$) als beeldlens te gebruiken? Welke afstand tot de lens moet het object dan minstens hebben?

7.3. MICROSCOOP

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3, P9901-4A Statiefmateriaal,



Materiaal:

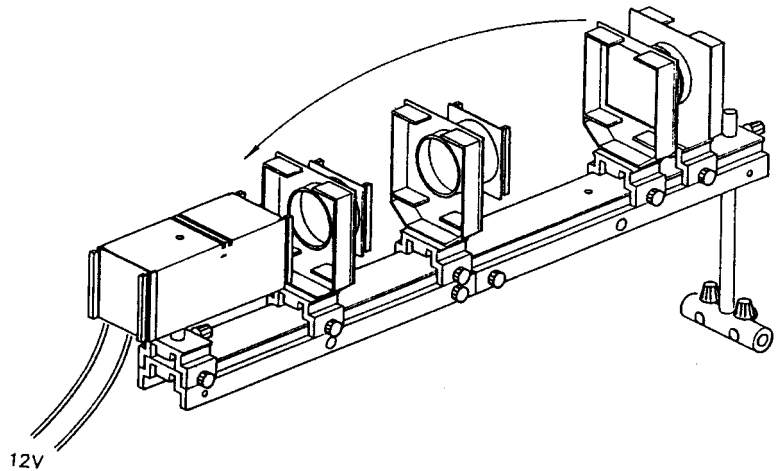
Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
Staaft 25 cm
Rond eindstuk
Glijzadel voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
2 Lens en dia houder
2 Afneembare dia houders
Set van enkele cirkelgleuf



We laten het principe van een microscoop zien. We gaan het echte vergrote (tussen) beeld zichtbaar maken op het transparante scherm. Waarom is het dubbel vergrote beeld niet zichtbaar op het scherm?

Vorbereiding:

We plaatsen de dia (het object) op een dia houder en zetten deze op de optische bank op een afstand van ongeveer 5 cm voor de lichtbron, met behulp van de dia houder en het glijzadel. We zetten het transparante scherm neer op een afstand van ongeveer 40 cm van het object. We verplaatsen de lens ($f = +100$ mm) met de gemonteerde dia houder met enkele cirkelgleuf ($d = 8$ mm) tussen het object (de dia) en het transparante scherm, als objectieflens, op zo'n manier dat een scherp, vergroot beeld van de dia op het scherm verschijnt.



Proef:

We kunnen het reële tussenbeeld zien op het transparante scherm. We stellen scherp door een subtiële verplaatsing van de objectieflens. Een bolle lens ($f = +50$ mm) doet dienst als oculair (vergroter). De afstand tussen de oculairlens van het tussenbeeld moet kleiner zijn dan de brandpuntsafstand (5 cm), dan is er namelijk vergroting. Dan verwijderen we het transparante scherm tussen de twee lenzen en we zetten het voor de lichtbron (tussen de lichtbron en het object). Het transparante scherm voor de lichtbron voorkomt dat we verblind worden als we in de microscoop kijken. We tillen het uiteinde van de optische bank op met behulp van de staaf van 25 cm en het glijzadel. We kunnen nu het vergrootte beeld bekijken door het oculair.

Als u probeert om het dubbel vergrote beeld op het scherm te projecteren zult u teleurgesteld worden. Waarom?

Conclusie:

In het algemeen bestaat een microscoop uit twee bolle lenzen. Een virtueel, extra vergroot beeld wordt geprojecteerd van het vergrote tussenbeeld door middel van de oculairlens. En verder staat het beeld ondersteboven.

7.4. TELESCOOP

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railkoppelstuk

3 Glijzadels voor optische bank

Lens in houder $f = +50$ mm

Lens in houder $f = +300$ mm

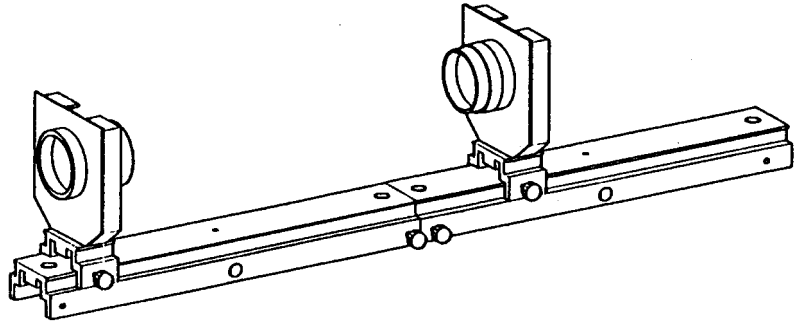
Lens en dia houder

Transparant scherm in houder

Met deze proef laten we het principe van een telescoop, die uit twee bolle lenzen bestaat, zien.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We monteren de twee lenzen op de optische bank. De afstand tussen de twee lenzen is ongeveer 33 cm. De lens ($f = +300$ mm) dient als objectief van de telescoop, de lens ($f = +50$ mm) als het oculair.



Proef:

Een verder gelegen object (bijv. een boom voor het raam) bekijken we met dit model van een telescoop. We moeten de objectieflens verplaatsen totdat het voldoende scherp zichtbaar is door de oculairlens ($f = +50$ mm). Omdat de afstand tot het object groot is, wordt het reële tussenbeeld geprojecteerd in de spleet van de objectieflens, bijv. 30 cm achter de lens. Het kan zichtbaar worden gemaakt door middel van het transparante scherm (dat op de optische bank gemonteerd is met behulp van het glijzadel). Het echte tussenbeeld moet zich bevinden in de brandpuntsafstand van het oculair (op een afstand van minder dan 5 cm van het oculair). Het oculair doet dienst als een vergroter die gebruikt wordt om het tussenbeeld te bekijken.

Worden er rechtopstaande of omgekeerde beelden gemaakt?

Conclusie:

Het beeld wordt omgekeerd omdat het objectief een reëel, omgekeerd beeld produceert en de vergroter een rechtopstaand beeld, zodat het omgekeerde beeld niet meer wordt omgedraaid. Voor astronomische waarnemingen doet dit er echter niet toe.

Wat kunnen we doen om een rechtopstaand beeld te krijgen?

7.5. CAMERA

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statief rails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
Glijzadel voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
Lens in houder $f = +100$ mm
Set van enkele cirkelgleuf
L-vormige gleuf
Lens en dia houder
Afneembare dia houder
Scherm, wit
2 snoertjes
Elektrische voeding

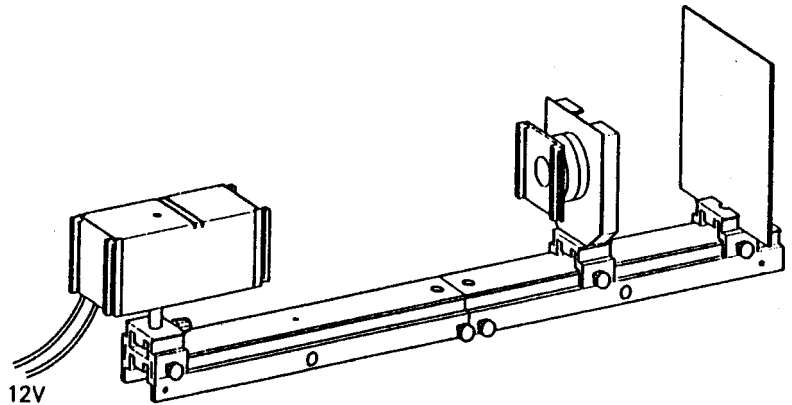


We laten de opbouw van een camera zien in de eerste proef. De tweede proef laat zien hoe de scherptediepte verbeterd kan worden met een diafragma.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We gebruiken de L-vormige gleuf als een object. We monteren hem op de lichtbron. We plaatsen de beeldlens ($f = +100 \text{ mm}$) op de optische bank op een afstand van ongeveer 35 cm van de lichtbron. De enkele cirkelgleuf ($d = 8 \text{ mm}$) maken we vast aan de beeldlens met behulp van de dia houder.

We plaatsen het scherm op een afstand van ongeveer 50 cm van de lichtbron. We moeten het object eerst scherp zien af te beelden. Daartoe moeten we de beeldlens eerst verschuiven.



1. Proef:

We veranderen de afstand tot het object (door de lens te verschuiven). We moeten het beeld opnieuw scherpstellen door het scherm te verschuiven.

Het object moet zich altijd buiten de dubbele brandpuntsafstand bevinden, omdat een camera altijd een verkleind beeld produceert.

2. Proef:

Scherptediepte en scherpte van het beeld

Het beeld wordt lichtzwakker door het monteren van de enkele cirkelgleuf ($d = 3 \text{ mm}$) in plaats van de enkele cirkelgleuf van ($d = 8 \text{ mm}$). De beeldlens kan echter verplaatst worden (verandering van objectafstand) zonder dat de scherpte van het beeld verandert.

Conclusie:

We kunnen een camera scherpe foto's laten maken met verschillende voor verschillende voorwerpsafstanden door de afstand tussen de lens en het scherm (beeldafstand) te veranderen. Kleine diafragma's (een camera heeft een grote hoeveelheid diafragma's!) maken een scherp beeld mogelijk, zelfs als de beeldafstand niet precies kan worden aangepast. Het gebruik van verschillende diafragma's heet scherptediepte.

8. GOLFOPTICA

8.1. DIFFRACTIE BIJ EEN TRALIE

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

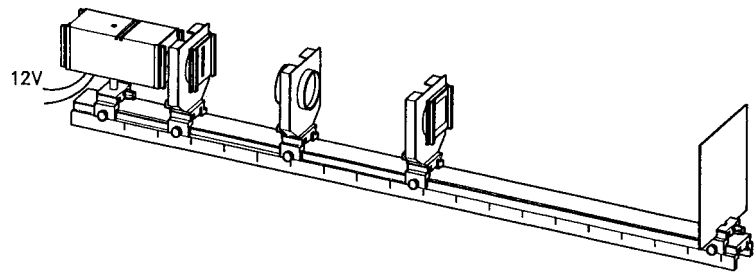
Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
3 Glijzadels voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
2 Lens en dia houders
2 Afneembare dia houders
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Enkelvoudige gleuf
Diffractietralie van 300 lijnen/mm
Scherm, wit
2 Snoertjes
Elektrische voeding



We onderzoeken de buiging (diffractie) van licht dat geproduceerd wordt door het tralie.

Vorbereiding:

Bouw op volgens de schets. We plaatsen de lens ($f = +50 \text{ mm}$) direct voor de lichtbron met behulp van een glijzadel. We monteren de dia houder met de enkele gleuf op de lens. We verkrijgen een scherp gedefinieerd beeld van de enkele gleuf op het scherm door middel van de lens ($f = +100 \text{ mm}$) die geplaatst wordt op een afstand van ongeveer 18 cm tot de lichtbron. We plaatsen het scherm op een afstand van ongeveer 50 cm van de lichtbron.



Proef:

We plaatsen de lens in het pad van de lichtstralen ongeveer 8 cm achter het diffractietralie, die gemonteerd is op de lens en dia houder door middel van een dia klem.

Buigingspatronen (kleurenspectra) worden geprojecteerd op het scherm. De kleur blauw wordt het minst afgebogen, de kleur rood het meest.

Welke verschillen ziet u in vergelijking met een normaal kleurenspectrum geproduceerd door een prisma?

Conclusie:

Een lichtstraal wordt afgebogen wanneer licht een optisch tralie passeert. De diffractiehoek (afbuiging) neemt toe met de golflengte.

8.2. BEPALEN VAN DE GOLFLENGTE

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

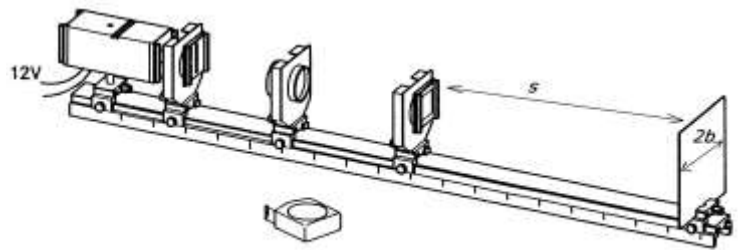
Optische bank of 2 Statief rails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
3 Glijzadels voor optische bank
Glijzadel met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
2 Lens en dia houders
2 Afneembare dia houders
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Enkele gleuf
Tralie 300 lijnen/mm
Scherm, wit
2 snoertjes
Elektrische voeding



We kunnen de golflengte van licht (in nanometer) meten.
We onderzoeken ook het effect van kleurfilters.

Vorbereiding:

Bouw op volgens het schema. We plaatsen de lens ($f = +50 \text{ mm}$) direct voor de lichtbron met behulp van het glijzadel. We monteren de enkele gleuf op de lens met behulp van de dia houder. Deze gleuf wordt geprojecteerd door een tweede lens ($f = +100 \text{ mm}$) die zich op ongeveer 18 cm van de lichtbron bevindt. Het scherm bevindt zich op een afstand van ongeveer 75 cm van de lichtbron. We zetten het optische tralie (300 lijnen/mm) in de lichtstralen op ongeveer 10 cm achter de lens. We bekijken het beeld.

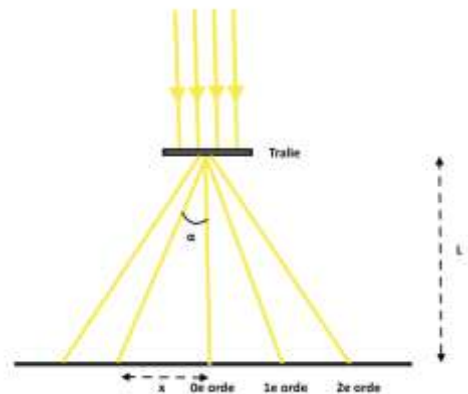


We zien het volgende uit de schets:

$$\sin(\alpha) = \frac{x}{L}$$

Voor de n^{e} orde geldt: $\sin \alpha_n = \frac{n \cdot \lambda}{d}$

Voor de golflengte geldt: $\lambda = \frac{d \cdot x}{n \cdot L}$



Voor het maximum $n = 1$, geldt het volgende: $\lambda = \frac{d \cdot x}{L}$

d ... tralieconstante (afstand tussen twee naast elkaar gelegen lijnen in de tralie) = $1/(300 \cdot 10^{-3})$

We gaan nu het scherm zo plaatsen dat het groene gedeelte van het spectrum aan beide kanten samenvalt met de randen van het scherm. Dan is de breedte van het scherm $2x$. We meten de afstand L (tralie tot het scherm) met het meetlint.

Kleur:
 L (tralie-rand van het scherm):
 x (de halve breedte van het scherm):
 d (tralieconstante):

Golflengte $\lambda = \dots\dots\dots$

We kunnen de andere spectrumcomponenten op dezelfde manier bepalen.

Kleur	Afstand x	Golflengte λ
Rood		
Geel		
Groen		
Blauw		

Conclusie: De diffractiehoek hangt af van de golflengte. De golflengte voor een specifieke kleur kunnen we vaststellen met behulp van de optische tralie met een bekende tralieconstante. Deze wordt bepaald vanuit de onderlinge afstand van de diffractiepatronen tot het 0^{e} orde maximum en de afstand ten opzichte van de tralie (L).

8.3. POLARISATIE MET BEHULP VAN FILTERS

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
4 Glijzadels voor optische bank
2 Glijzadels met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
2 Lens en dia houders
2 Houders voor polarisatiefilters
2 Polarisatiefilters
Afneembare dia houder
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Set van enkele cirkelgleuven
Scherm, wit
2 snoertjes
Elektrische voeding



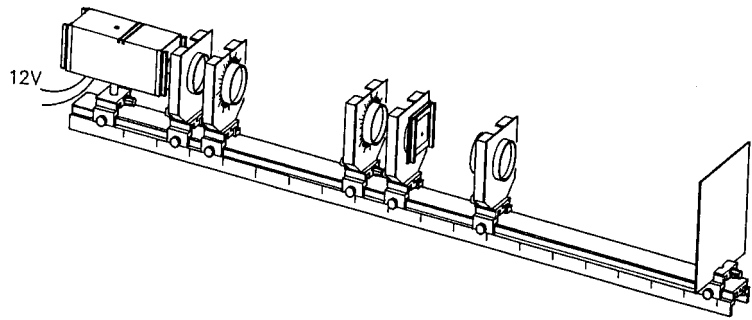
Gepolariseerd licht kan worden gemaakt door middel van polarisatiefilters. Welke effecten zien we als we een tweede polarisatiefilter gebruiken?

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We plaatsen de bolle lens direct voor de lichtbron. We plaatsen het scherm op een afstand van ongeveer 90 cm vanaf de lichtbron aan het andere uiteinde van de optische bank. We monteren de dia houder met de enkele cirkelgleuf ($d = 8 \text{ mm}$) aan de lens en dia houder.

We zetten hem neer op een afstand van ongeveer 30 cm vanaf de lichtbron.

De enkele cirkelgleuf wordt scherp weergegeven op het scherm door middel van de bolle lens ($f = +100 \text{ mm}$), die op een afstand van ongeveer 14 cm vanaf de enkele cirkelgleuf geplaatst is.



We monteren een polarisatiefilter (de polarisator) aan een houder voor polarisatiefilters en zetten hem in het pad van de lichtstralen op ongeveer 5 cm voor de lens ($f = +50 \text{ mm}$). We plaatsen de tweede houder voor polarisatiefilters met het tweede filter (de analysator) op ongeveer 28 cm recht voor de lichtbron (direct voor de enkele cirkelgleuf). De twee polarisatiefilters staan eerst in dezelfde richting (op dezelfde positie als de schaal met gradenboog).

Proef:

We draaien de analysator langzaam 360 graden rond. We nemen de veranderingen in de helderheid en het beeld op het scherm waar.

Welke hoek geeft een maximale helderheid en welke een maximale verduistering?

We draaien dan de polarisator en bekijken opnieuw de maximale helderheid en maximale verduistering.

Conclusie:

Maximale helderheid kan bereikt worden met op dezelfde wijze opgestelde (parallele) polarisatiefilters. Het licht dooft bij kruislingse geplaatste polarisatiefilters.

8.5. DRAAIING VAN HET POLARISATIEVLAK DOOR TOEVOEGING VAN EEN VASTE STOF

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

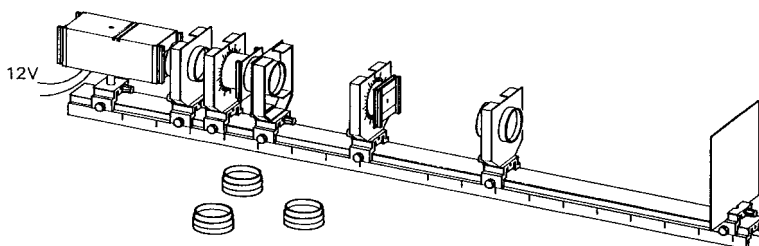
Optische bank of 2 Statief rails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaaf 10 cm
4 Glijzadels voor optische bank
2 Glijzadels met stelschroef
Glijzadel met schaal aanduiding, scherm en aanwijzer
2 Lens en dia houders
2 Afneembare dia houders
2 Houders voor polarisatiefilters
2 Polarisatiefilters
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Set van enkele cirkelgleuven
Kwarts kristal voor polarisatie
Scherm, wit
2 snoertjes
Elektrische voeding



We plaatsen een kwartskristal in het pad van de gepolariseerde lichtstralen. We onderzoeken de effecten op het beeld.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We zetten de bolle lens recht voor de lichtbron. We plaatsen de houder voor polarisatiefilters met een polarisatiefilter erin (de analysator) op een afstand van ongeveer 28 cm voor de lichtbron. We monteren de dia houder met de enkele cirkelgleuf ($d = 8 \text{ mm}$) op het polarisatiefilter. De



enkele cirkelgleuf wordt scherp afgebeeld met behulp van de bolle lens ($f = +100 \text{ mm}$) die we op een afstand van ongeveer 14 cm voor de enkele cirkelgleuf geplaatst hebben. Het scherm staat op een afstand van ongeveer 90 cm vanaf de lichtbron aan het andere uiteinde van de optische bank.

Het tweede polarisatiefilter (de polarisator) monteren we op de tweede houder voor polarisatiefilters. We zetten hem in het pad van de lichtstralen op ongeveer 5 cm voor de lens ($f = +50 \text{ mm}$). De twee polarisatiefilters staan in dezelfde richting opgesteld (op dezelfde positie als de schaal met gradenboog).

1. Proef:

We draaien het polarisatiefilter (de polarisator) op zo'n manier dat er geen licht te zien is achter de twee filters („gekruiste filters“). Het beeld van de enkele cirkelgleuf is verdwenen van het scherm. We zetten een lens en dia houder met het kwartskristal in het stralen pad tussen de twee polarisatiefilters op een afstand van ongeveer 8 cm tot de lens ($f = +50 \text{ mm}$). Hij moet op zo'n manier komen te staan dat de dia houder recht tegenover de polarisator staat. Het kwartskristal moet volledig verlicht zijn (verschuif de dia houder indien nodig of pas de plaatsingshoogte van de lichtbron aan!)

Er verschijnt nu een lichtvlek op het scherm, hetgeen bewijst dat het kwartskristal effect heeft op de bewegingsrichting van het gepolariseerde licht.

We draaien de polarisator langzaam 360° rond. We zien de lichtvlek op het scherm in de kleuren groen, blauw, rood en geel. Dit zijn de complementaire kleuren van de spectrumkleuren van licht die dienovereenkomstig uitgedoofd. Het kwarts geeft elke kleur licht (elke afzonderlijke golflengte) een ander polarisatievlak (rotatie dispersie).

Als de polarisator naar links gedraaid is (tegen de klok in, recht tegenover de lichtstraal) om licht in de volgorde rood, geel, groen, blauw te krijgen, dan is het kwarts rechtshandig (rechtshandig kwarts). Als de polarisator in de tegenovergestelde richting moet worden gedraaid om dezelfde kleur volgorde te ontvangen, dan is het kwarts linkshandig.

2. Proef:

We monteren de kleurfilters rood, groen en blauw een voor een op de lens ($f = +50 \text{ mm}$). Eerst staan de twee polarisatiefilters in gekruiste positie. We proberen het licht op het scherm wordt in alle drie de gevallen zo ver mogelijk te dimmen door aan de polarisator te draaien. We lezen de bijbehorende draaihoeken af van de schaal.

Rood, Groen, Blauw

Omdat het kwartskristal een diameter heeft van 1,5 mm en omdat zijn polarisatievermogen wordt vastgesteld per 1 mm weglengte, wordt de gemeten draaihoek gedeeld door 1,5. Zo kunnen we het polarisatie vermogen van het kwarts voor afzonderlijke golflengten berekenen.

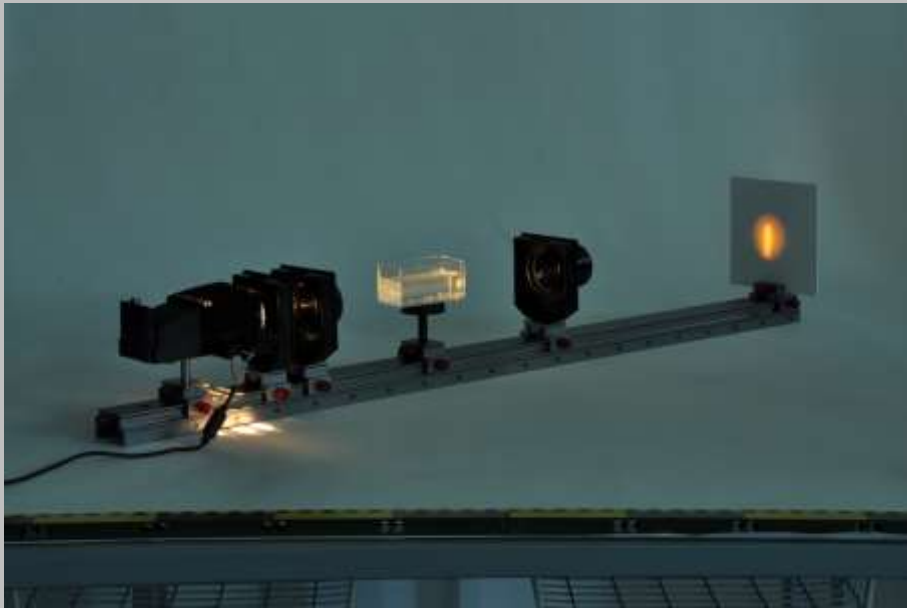
Resultaat: Het polarisatievlak van gepolariseerd licht wordt in een parallel-vlak kwartskristal gedraaid in een richting, die loodrecht staat ten opzichte van de optische as. De verandering van polarisatiehoek hangt af van de kleur en dus van de golflengte van het licht.

Tip: Het zou beter zijn om een extra glijzadel te gebruiken (uit de statiefdoos) om zodoende de enkele cirkelgleuf in een eigen lens en dia houder te zetten op de optische bank, en ook om de analysator in de proeven weer aan te passen. Dan is de rotatierichting precies het tegenovergestelde van wat we hierboven beschreven hebben en de naam „rechtshandig kwarts“ ligt dan voor de hand.

8.5. MODEL VAN EEN SACCHARIMETER

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

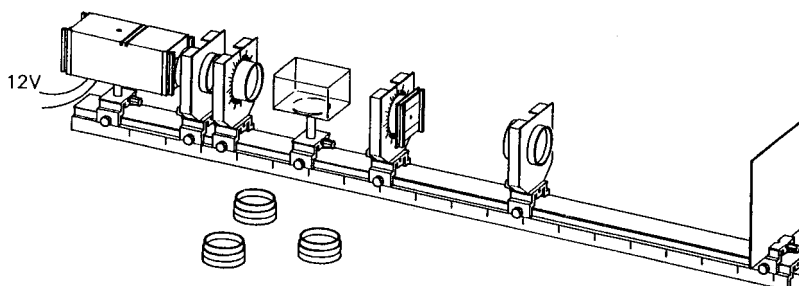
Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
4 Glijzadels voor optische bank
2 Glijzadels met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
Lens en dia houder
2 Houders voor polarisatiefilters
Afneembare dia houder
2 Polarisatiefilters
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Set van enkele cirkelgleuven
Set met optelbare kleurfilters
Scherm, wit
Prismatafel
Cuvet
2 snoertjes
Elektrische voeding
Meetcilinder 100 ml
Suiker



Oplossingen van „optisch actieve“ stoffen draaien het polarisatievlak van een gepolariseerde lichtbundel. We gebruiken een suikeroplossing en meten de „specifieke rotatie“.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We plaatsen de bolle lens ($f = +50 \text{ mm}$) recht tegenover de lichtbron. We plaatsen een houder voor polarisatiefilters (de analysator) op een afstand van ongeveer 28 cm voor de lichtbron. We monteren de dia houder met de enkele cirkelgleuf ($d = 8 \text{ mm}$) op het polarisatiefilter. De enkele cirkelgleuf wordt scherp



weergegeven door middel van de bolle lens ($f = +100 \text{ mm}$) die geplaatst is op een afstand van ongeveer 14 cm tegenover de enkele cirkelgleuf. Het scherm staat op een afstand van ongeveer 90 cm vanaf de lichtbron aan het andere uiteinde van de optische bank.

We monteren het tweede polarisatiefilter (de polarisator) op de tweede houder voor polarisatiefilters. En zetten hem in het stralen pad ongeveer 5 cm voor de lens ($f = +50 \text{ mm}$). Eerst draaien we de twee polarisatiefilters tot minder dan 90° . Het scherm is donker.

1. Proef:

We plaatsen het glijzadel met de stelschroef met daarop een prismatafel tussen de twee polarisatiefilters in (op een afstand van ongeveer 22 cm tot de lichtbron). We zetten de cuvet erop (in de lengterichting, gericht op de lichtstraal).

De lichtstraal moet de cuvet direct boven de bodem binnendringen. De cuvet bevat precies 60 cm^3 water.

Dan bereiden we 40 g suiker voor en voegen de helft daarvan toe aan het water. Nadat het suiker is opgelost wordt er een lichtvlek zichtbaar op het scherm. We draaien de polarisator. Als we hem met de klok mee draaien (tegenover de lichtstraal, rechtshandige draaiing) dan wordt de lichtvlek helderder. Bij „linkshandige draaiing“ wordt de lichtvlek donkerder, dan blauw, paars, geel en tenslotte weer lichter.

Resultaat:

Een suikeroplossing veroorzaakt een rechtshandige draaiing van het polarisatievlak. De draaihoek hangt af van de golflengte. („rechtshandige draaiing“ heeft betrekking op de richting waarin de analysator zou moeten worden aangepast om weer duisternis te verkrijgen.)

2. Proef:

We draaien de polarisatiefilters naar minder dan 90° . We plaatsen de kleurfilters rood, geel, groen en blauw een voor een in de stralenbaan door ze op de condensatorlens te zetten ($f = +50 \text{ mm}$). We meten de draaihoeken van de polarisator die leiden tot een bijna volledig uitdoven van de lichtvlek op het scherm.

Uitdoven met:

rood, geel, groen, blauw

3. Proef:

We lossen de tweede helft van de afgewogen suiker op in de cuvet. Nu meten we opnieuw de draaihoeken voor de kleuren totdat ze uitdoven.

Uitdoven met:

rood, geel, groen, blauw

De draaihoeken worden gereduceerd tot de helft. De draaihoek is recht evenredig met de dikte van de laag of concentratie.

Evaluatie:

We bepalen de „specifieke draaiing“ van de suikeroplossing. In de formule

$$\alpha = c \cdot l \cdot [\alpha] \quad (c \dots \text{concentratie, } l \dots \text{laagdikte})$$

$[\alpha]$ is de specifieke rotatie, is de draaihoek bij een laagdikte van 10 cm (= 1 dm) en 1 g actieve optische stof in 1 cm³ oplossing. Deze hangt af van de temperatuur en de golflengte. De laagdikte is de lengte, of beter gezegd, de breedte van de cuvet.

De oplossing (40 g suiker in 60 cm³ water) heeft een volume van

$$V = \dots\dots\dots \text{ mL (bepaal volume met de cilinder met schaalverdeling!)}$$

$$c = m / V \quad (\text{massa van de opgeloste suiker en bepaalde volume geeft } c \text{ in g/mL})$$

Voeg c , l en de draaihoek in de hierboven gegeven formule. Het resultaat is de specifieke draaiing met vier kleuren:

	rood filter	geel filter	groen filter	blauw filter
specifieke draaiing				

Conclusie:

De specifieke draaiing is het laagst bij rood, terwijl hij het grootst is bij blauw licht.

Tip:

Gebruik liever een extra glijzadel (uit de statiefdoos) om de enkele cirkelgleuf in een eigen dia houder op de optische bank te plaatsen, en ook om de analysator in de proeven opnieuw aan te passen. Dan is de draairichting het tegenovergestelde van hetgeen hierboven beschreven is en de benaming „rechtshandige oplossingen“ ligt dan voor de hand.

8.6. FOTO-ELASTICITEIT

Gebruikte kit:

P9901-4L Optica 1, P9902-4H Optica 2, P9902-4K Optica 3



Materiaal:

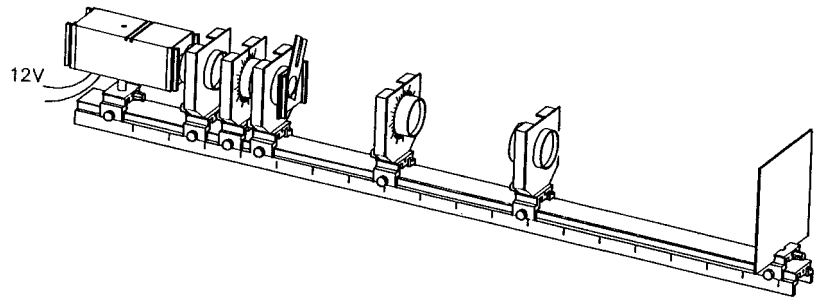
Optische bank of 2 Statiefrails en 1 railkoppelstuk
Lichtbron
Staaft 10 cm
4 Glijzadels voor optische bank
2 Glijzadels met stelschroef
Glijzadel met schaalverdeling, scherm en aanwijzer
Afneembare dia houder
2 Lens en dia houders
2 Houders voor polarisatiefilters
2 Polarisatiefilters
Lens in houder $f = +50$ mm
Lens in houder $f = +100$ mm
Object voor foto elasticiteit
Scherm, wit
2 Snoertjes
Elektrische voeding



Dubbele refractieve stoffen tussen gekruiste polarisatiefilters produceren patronen met hun beelden. Het kleurpatroon verandert door externe mechanische invloeden.

Vorbereitung:

Bouw op volgens de schets. We plaatsen de bolle lens ($f = +50 \text{ mm}$) direct tegenover de lichtbron. We klemmen het object voor foto elasticiteit schuin in de dia houder en plaatsen deze middels de lens en dia houder op de optische bank ongeveer 18 cm afstand van de lichtbron. De bolle lens ($f = +100 \text{ mm}$) staat op een afstand van ongeveer 30 cm van de lichtbron.



We plaatsen het scherm op een afstand van ongeveer 90 cm van de lichtbron aan het andere uiteinde van de optische bank. Het plastic object wordt scherp afgebeeld op het scherm door middel van de lens ($f = +100 \text{ mm}$). We halen het plastic object dan weer uit de stralenbaan.

We zetten de houder voor polarisatiefilters met het polarisatiefilter (de analysator) op een afstand van ongeveer 23 cm voor de lichtbron. Het tweede polarisatiefilter (de polarisator) plaatsen we op de tweede polarisatiefilterhouder en in de stralenbaan op ongeveer 6 cm tegenover de lens ($f = 50 \text{ mm}$). De twee polarisatiefilters wijzen beide in dezelfde richting (de richting van de gradenboogsschaal). We passen de analysator zodanig aan dat de polarisatiefilters op een stand van minder dan 90 graden staan. Het scherm is donker.

Proef:

We voegen het plastic object opnieuw in op de stralenbaan (tussen de twee gekruiste polarisatiefilters). We oefenen druk uit op het plastic object, we proberen het te buigen, enz.. Er worden kleurpatronen zichtbaar op het scherm, die veroorzaakt worden door de inwendige spanningsverschillen in het plastic materiaal.

We draaien de analysator en bekijken de lichtvlek op het scherm.

Conclusie:

Mechanische spanning maakt een transparant isotropisch materiaal dubbel refractief.



©Fruhman, GmbH
NTL Manufacturer & WholeSaler
Werner von Siemens Str. 1
A-7343 Neutal, Austria

www.ntl.at



CMA
A.J.Ernststraat 169
1083 GT Amsterdam

www.cma-science.nl