

---

### Opgave 1

---

- a Accommoderen: dichtbij kijken, het oog instellen op voorwerpen dichterbij dan de verte.
- b Het nabijheidspunt: het punt dat men nog scherp ziet bij maximale accommodatie, dat is dus zo dichtbij als mogelijk. Gemiddelde waarde: 25 cm. Mensen die *bijziend* zijn kunnen zonder bril wel dichterbij scherpstellen.
- c Vertepunt: punt op grote afstand dat men scherp ziet zonder te accommoderen. Voor een gezond oog is dat oneindig. Voor een *bijziend oog* is dat dichterbij. Bijvoorbeeld op enkele meters.
- d Ongewapend oog: oog zonder hulpmiddelen.

---

### Opgave 2

---

- a Licht van ver komt in *evenwijdige* stralen.
- b Kijk je in de verte dan is je oog ongeaccommodeerd.

---

### Opgave 3

---

De aanpassing op lichtintensiteit gebeurt door verandering van lichtgevoeligheid van de staafjes en kegeltjes op het netvlies. Bovendien door vernauwing of vergroting van de oogpupil.

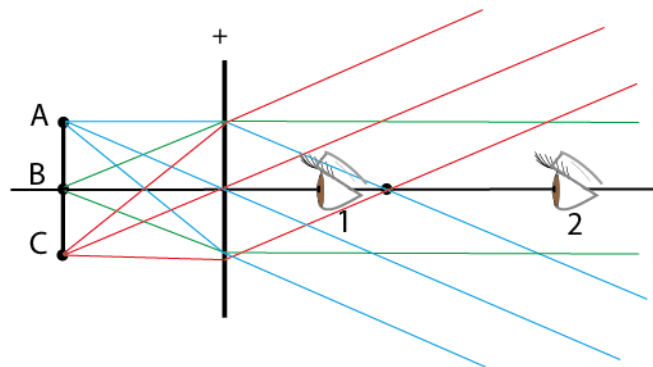
---

### Opgave 4

---

In de afbeelding is een loep en een voorwerp ABC getekend. Het voorwerp staat in het brandpunt.  
De punten A, B en C geven evenwijdige bundels na de loep.

Het oog nr 1 ontvangt evenwijdige bundels van A (blauw), B (groen) en C (rood).



Oog 1 kan A, B en C zien.

Oog 2 ontvangt alleen de groene stralen. Oog 2 kan de punten A en C niet zien.

Dus hoe dichterbij het oog bij de loep is, des te groter het gezichtsveld.

---

### Opgave 5

---

Breking door een positieve lens.

- a Een straal die evenwijdig aan de hoofdas invalt gaat na breking door F (brandpunt).
  - b Een straal door het brandpunt vóór de lens, gaat na breking evenwijdig aan de hoofdas verder.
  - c Een straal door het optisch middelpunt, gaat ongebroken door.
- 

### Opgave 6

---

*Gegeven:* loep,  $f = 2,0$  cm, waarnemer met  $n = 20$  cm.

*Gevraagd:* a)  $N_{\text{hoek}}$ , b)  $N_{\text{hoek}}$  maximaal geaccommodeerd c)  $v$  in beide gevallen

*Oplossing:*

a  $N_{\text{hoek, ongeaccommodeerd}} = n / f \rightarrow 20 / 2 = \mathbf{10 \times}$

b  $N_{\text{hoek, maximaal geaccommodeerd}} = n / f + 1 \rightarrow 20 / 2 + 1 = \mathbf{11 \times}$

- c Voor het ongeaccommodeerd oog staat het voorwerp in het brandpunt van de loep.  
Dus: **2,0 cm.**

Voor het maximaal geaccommodeerde oog moeten we  $v$  berekenen.

$b = -20$  cm, negatief want het oog kijkt naar een *virtueel* beeld dat in het nabijheidspunt staat.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{2,0} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{2,0} + \frac{1}{20} \rightarrow \frac{1}{v} = \frac{22}{40} \rightarrow v = \mathbf{1,8 \text{ cm}}$$

Het voorwerp moet dus staan tussen 1,8 cm en 2,0 cm van de loep.

---

### Opgave 7

---

*Gegeven:* loep,  $N_{\text{hoek, ongeacc}} = 8,0 \times$ .

*Gevraagd:* a)  $f$  b)  $f$  als  $N_{\text{hoek, max geacc}} = 8,0 \times$

*Oplossing:*

a  $N_{\text{hoek, ongeacc}} = n / f \rightarrow 25 / f = 8,0 \rightarrow f = 25 / 8,0 = \mathbf{3,1 \text{ cm}}$

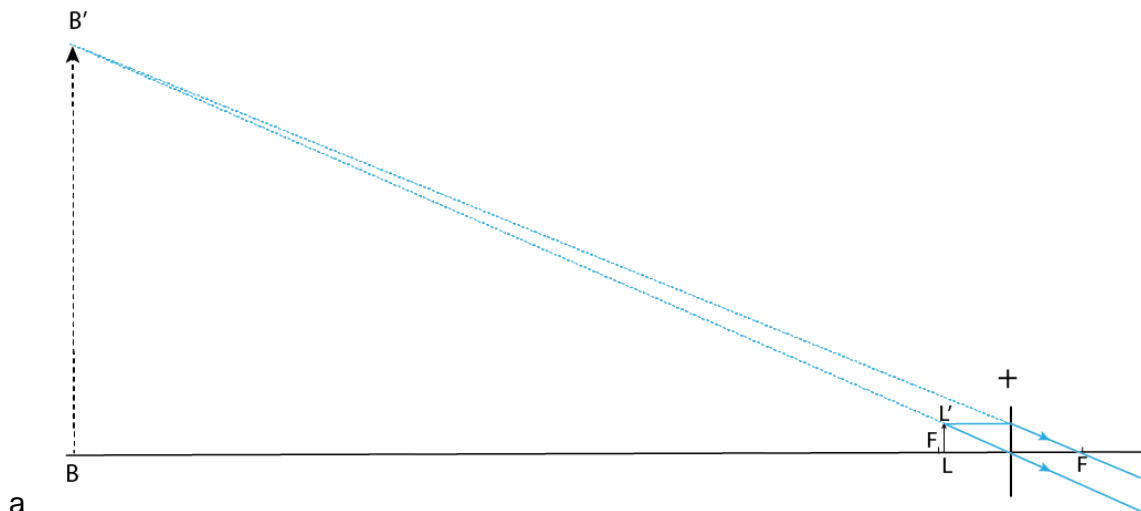
b  $N_{\text{hoek, max geacc}} = (n / f) + 1 \rightarrow 25 / f + 1 = 8,0 \rightarrow f = 25 / 7,0 = \mathbf{3,6 \text{ cm}}$

Opgave 8

Gegeven: loep,  $f = 3,5$  cm,  $v = 3,2$ .

Gevraagd: a) constructie b)  $b$  c) scherp beeld? d)  $v$  ongeaccommodeerd?  
 e) constructie van d f)  $v$  max accommodatie? g)  $N$  beide gevallen?  
 h)  $v$  gebied voor scherp beeld?

Oplissing:



b  $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{3,5} = \frac{1}{b} + \frac{1}{3,2} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{3,5} - \frac{1}{3,2} \rightarrow b = -37$  cm

c Het oog kan dit goed waarnemen want de (absolute waarde van de) voorwerpsafstand is groter dan het nabijheidspunt (25 cm).

d Als het oog niet zou accommoderen moeten de uitkomende stralen evenwijdig zijn. Dus het voorwerp in F.  $v = f = 3,5$  cm



f Met maximaal geaccommodeerd oog zie je het voorwerp (in dit geval virtueel beeld) op 25 cm. Namelijk in het nabijheidspunt. De voorwerpsafstand is dan:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{3,5} = \frac{1}{-25} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{3,5} + \frac{1}{25} = \frac{1}{v} \rightarrow v = 3,1$  cm

g  $N_{\text{hoek, ongeacc}} = n / f \rightarrow 25 / 3,5 = 7,1 \times$

$N_{\text{hoek, max geacc}} = (n / f) + 1 \rightarrow 25 / 3,5 + 1 = 8,1 \times$

h Het voorwerp moet staan tussen **3,5 cm (f) en 3,1 cm**  
 3,5 cm voor het ongeaccommodeerde oog,  
 3,1 cm voor het maximaal geaccommodeerde oog.

Opgave 9

Op het objectief staat 15 x en op het oculair: 10 x.

Dan is de vergroting simpelweg:  $15 \times 10 = 150 \times$ .

### Opgave 10

Microscop

*Gegeven:*  $f_{\text{obj}} = 5,00 \text{ mm}$ ,  $f_{\text{oc}} = 2,00 \text{ cm}$ ,  $v_{\text{obj}} = 5,20 \text{ mm}$ .

*Gevraagd:* a)  $b_{\text{obj}}$  b) mechanische tubuslengte c)  $N_{\text{hoek, micr}}$  d) constructie

*Oplossing:*

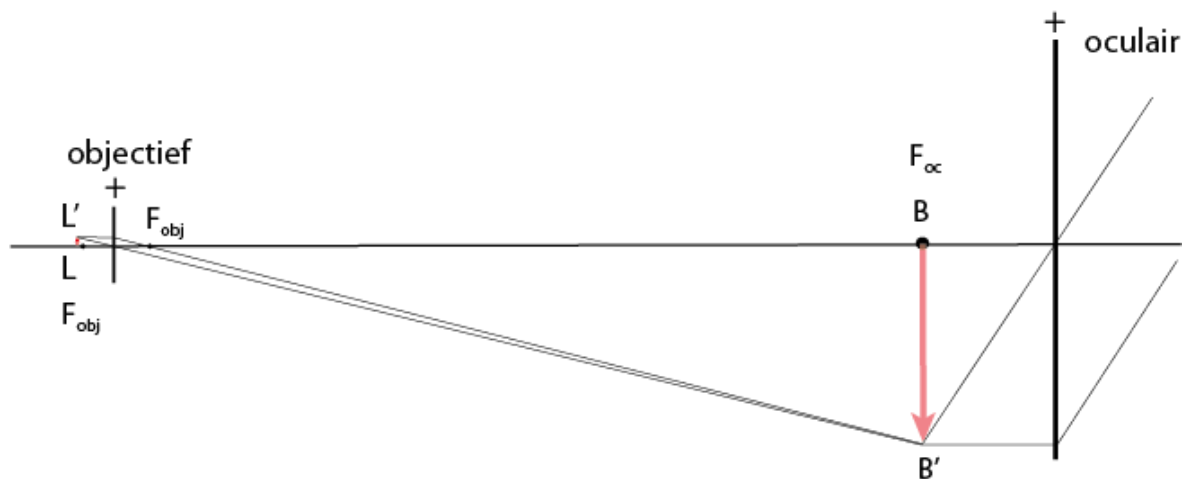
a  $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{5,00} = \frac{1}{b} + \frac{1}{5,20} \rightarrow \frac{1}{5,00} - \frac{1}{5,20} = \frac{1}{b} \rightarrow b = 130 \text{ mm}$

b mechanische tubuslengte =  $b_{\text{obj}} + f_{\text{oc}} \rightarrow 130 + 20,0 = 150 \text{ mm}$

c  $N_{\text{hoek, micr}} = N_{\text{obj}} \times N_{\text{hoek, oc}} =$

$$\frac{b_{\text{obj}}}{v_{\text{obj}}} \cdot \frac{n}{f_{\text{oc}}} = \frac{13,0}{0,52} \times \frac{25}{2,00} = 313 \times \quad (3,1 \cdot 10^2 \times)$$

d



Er is geprobeerd om deze constructie zo goed mogelijk in verhouding te maken. Hierdoor ontstaat een extreem beeld, maar wel kloppend met de werkelijkheid: heel kleine voorwerpsafstand (5,2 mm) en een grote beeldafstand (130 mm). Een nadeel van een tekening in juiste verhouding is dat de constructiestralen niet altijd de lichtstralen zijn die je benut bij het kijken door het oculair.

### Opgave 11

Microscop

*Gegeven:*  $f_{\text{obj}} = 1,00 \text{ cm}$ ,  $f_{\text{oc}} = 2,50 \text{ cm}$ ,  $N_{\text{hoek}} = 300 \times$ .

*Gevraagd:* a)  $N_{\text{obj}}$  b) mechanische tubuslengte

*Oplossing:*

a  $N_{\text{hoek}} = 300 = N_{\text{obj}} \cdot N_{\text{oc}}$

$$N_{\text{oc}} = n / f_{\text{oc}} = 25,0 / 2,50 = 10,0 \times$$

$$N_{\text{obj}} = N_{\text{hoek,micr}} / N_{\text{oc}} \rightarrow N_{\text{obj}} = 300 / 10,0 = \mathbf{30,0 \times}$$

b Mechanische tubuslengte =  $b_{\text{obj}} + f_{\text{oc}}$

$f_{\text{oc}}$  is bekend,  $b_{\text{obj}}$  kunnen we berekenen:  $b_{\text{obj}} = 30 \times v_{\text{obj}}$

$$\frac{1}{f_{\text{obj}}} = \frac{1}{v_{\text{obj}}} + \frac{1}{b_{\text{obj}}} \rightarrow \frac{1}{1,00} = \frac{1}{v} + \frac{1}{30v} \rightarrow v_{\text{obj}} = 1,03 \text{ cm}$$

$$b_{\text{obj}} = 30,0 \times 1,033 = 31,0 \text{ cm.}$$

$$\text{Mechanische tubuslengte} = 31,0 + 2,5 = \mathbf{33,5 \text{ cm}}$$

## Opgave 12

Microscop

*Gegeven:*  $f_{\text{obj}} = 1,00 \text{ cm}$ ,  $f_{\text{oc}} = 2,00 \text{ cm}$ .

*Gevraagd:* mechanische tubuslengte en  $N_{\text{micr}}$  voor  $v_{\text{obj}} = 1,50 \text{ cm}$ ,  $1,20 \text{ cm}$ ,  $1,10 \text{ cm}$ ,  $1,05 \text{ cm}$ .

*Oplossing:*

Mechanische tubuslengte =  $b_{\text{obj}} + f_{\text{oc}}$

$$N_{\text{micr}} = \frac{b_{\text{obj}}}{v_{\text{obj}}} \cdot \frac{n}{f_{\text{oc}}}$$

$f_{\text{oc}}$  is steeds  $2,00 \text{ cm}$ .

$b_{\text{obj}}$  moeten we steeds berekenen:

$$\text{a} \quad \frac{1}{f_{\text{obj}}} = \frac{1}{v_{\text{obj}}} + \frac{1}{b_{\text{obj}}} \rightarrow \frac{1}{b_{\text{obj}}} = \frac{1}{1,00} - \frac{1}{v_{\text{obj}}} \rightarrow \frac{1}{b_{\text{obj}}} = \frac{1}{1,00} - \frac{1}{1,50} \rightarrow b = 3,0 \text{ cm}$$

$$\text{Mechanische tubuslengte} = 3,0 + 2,0 = \mathbf{5,0 \text{ cm}}$$

$$N_{\text{micr}} = (3,0 / 1,5) \times (25 / 2,0) = \mathbf{25 \times}$$

$$\text{b} \quad \frac{1}{f_{\text{obj}}} = \frac{1}{v_{\text{obj}}} + \frac{1}{b_{\text{obj}}} \rightarrow \frac{1}{b_{\text{obj}}} = \frac{1}{1,00} - \frac{1}{v_{\text{obj}}} \rightarrow \frac{1}{b_{\text{obj}}} = \frac{1}{1,00} - \frac{1}{1,20} \rightarrow b = 6,0 \text{ cm}$$

$$\text{Mechanische tubuslengte} = 6,0 + 2,0 = \mathbf{8,0 \text{ cm}}$$

$$N_{\text{micr}} = (6,0 / 1,2) \times (25 / 2,0) = \mathbf{63 \times}$$

$$\text{c} \quad \frac{1}{b_{\text{obj}}} = \frac{1}{1,00} - \frac{1}{1,10} \rightarrow b = 11,0 \text{ cm}$$

$$\text{Mechanische tubuslengte} = 11,0 + 2,0 = \mathbf{13,0 \text{ cm}}$$

$$N_{\text{micr}} = (11,0 / 1,10) \times (25 / 2,0) = 125 \times \quad \mathbf{1,3 \cdot 10^2}$$

d  $\frac{1}{b_{\text{obj}}} = \frac{1}{1,00} - \frac{1}{1,05} \rightarrow b = 21,0 \text{ cm}$

Mechanische tubuslengte = 21,0 + 2,0 = **23,0 cm**

$$N_{\text{micr}} = (21,0 / 1,05) \times (25 / 2,0) = 250 \times \quad \mathbf{2,5 \cdot 10^2}$$

---

### Opgave 13

---

- a Sferische aberratie: lenzen die bestaan uit bolsegmenten geven de randstralen een te sterke breking. Dit geldt voor alle golflengten (kleuren).  
Chromatische aberratie: de breking hangt af van de golflengte van het licht. Kortere golflengten (groen, blauw) geven sterkere breking dan langere golven (oranje, rood). Dit noemen we *dispersie*. En dus verschillen de brandpuntsafstanden voor verschillende kleuren licht.
- b Nee. Bij monochromatisch licht zijn er niet meerdere golflengten. Dus ook geen dispersie. Een Pietje Precies zou hier kunnen zeggen: "maar monochromatisch licht heeft toch ook een zekere bandbreedte?" Dat is natuurlijk zo maar deze band kan wel uiterst smal zijn zodat dispersie geen rol speelt.
- c Ja. Sferische aberratie ontstaat door de te sterke breking van randstralen, welke kleur maakt niet uit. Het gebeurt voor elke kleur licht.

---

### Opgave 14

---

*Beeldwerving* wil zeggen dat het beeld scherp wordt afgebeeld op een krom vlak. Als je dit beeld op een plat vlak wil afbeelden is het midden scherp maar de randen onscherp. Of omgekeerd.

*Beeldvertekening* wil zeggen dat rechte lijnen krom worden afgebeeld. Dit kan zijn tonvormig, dan wordt een vierkant boller afgebeeld. Het kan ook kussenvormig zijn. Een vierkant wordt dan afgebeeld als kussen, niet boller maar holler.

---

### Opgave 15

---

Astigmatisme is een fout die ontstaat doordat de lens niet zuiver bolvormig is maar licht cilindrisch. Het gevolg is dat een punt als klein streepje wordt afgebeeld. Een horizontaal streepje en in een iets ander brandpunt een verticaal streepje. Dit is erger voor randstralen.

---

### Opgave 16

---

Alle beeldfouten die erger zijn door randstralen kunnen worden beperkt door de randstralen tegen te houden. Dat doe je door het diafragma te verkleinen.

Diafragmeren helpt tegen:

- a sferische aberratie  
d astigmatisme

- e beeldwerving
- f coma

Diaframeren helpt niet tegen:

- b chromatische aberratie
- c beeldvertekening

---

### Opgave 17

---

Nee. Bij een vergroting van  $1000 \times$  wordt niet automatisch het scheidend vermogen (detailscherpte) ook  $1000 \times$  zo goed.  
Het scheidend vermogen hangt af van de golflengte en van de apertuur.  
En natuurlijk van de kwaliteit van het objectief.

---

### Opgave 18

---

Als we uitgaan van een maximale gezichtshoek ( $\alpha$ ) van  $0,0003$  rad in het nabijheidspunt, dan geldt (voor dit oog):

$$\alpha = 0,0003 = d / 20 \rightarrow d = 20 \times 0,0003 = \mathbf{0,0060 \text{ cm} \quad (60 \mu\text{m})}$$

---

### Opgave 19

---

Scheidend vermogen:  $y = 1 / d$  waarbij  $d = 0,61 \cdot \lambda / NA$

We gaan uit van een gemiddelde golflengte (geel licht) van  $550 \cdot 10^{-9}$  m.

$$y = NA / 0,61 \cdot \lambda$$

- a  $y = 0,25 / 0,61 \times 550 \cdot 10^{-9} = \mathbf{7,5 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}}$
- b  $y = 0,75 / 0,61 \times 550 \cdot 10^{-9} = \mathbf{2,2 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}}$
- c  $y = 1,05 / 0,61 \times 550 \cdot 10^{-9} = \mathbf{3,1 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}}$

---

### Opgave 20

---

*Gegeven:*  $NA = 0,70$ , droog objectief dus  $n = 1,00$ .

*Gevraagd:* apertuur ( $\alpha$ )

*Oplossing:*

$$NA = n \cdot \sin(\frac{1}{2}\alpha) \rightarrow \frac{1}{2}\alpha = \text{invsin}(NA/n) \rightarrow \alpha = 2 \times \text{invsin}(NA/n)$$

$$\alpha = 2 \times \text{invsin}(0,70 / 1,00) = 2 \times \text{invsin}(0,70 / 1,00) \rightarrow \alpha = 2 \times 44,4^\circ = 88,85 \rightarrow \mathbf{89^\circ}$$

Opgave 21

---

*Gegeven:* Objectief immersievloeistof,  $n = 1,5$ ,  $d = 0,28 \mu\text{m}$ .

*Gevraagd:* a)  $y$  (scheidend vermogen), b)  $NA$  c)  $\alpha$

*Oplossing:*

a  $y = 1 / d \rightarrow y = 1 / 0,28 \cdot 10^{-6} \text{ m} = \mathbf{3,6 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}}$

b  $d = 0,61 \cdot \lambda / NA$ , voor  $\lambda$  nemen we weer een gemiddelde golflengte van 550 nm.

$$0,28 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,61 \times 550 \cdot 10^{-9} \text{ m} / NA$$

$$NA = 0,61 \times 550 \cdot 10^{-9} / 0,28 \cdot 10^{-6} = \mathbf{1,20}$$

c  $NA = n \cdot \sin(\frac{1}{2}\alpha) \rightarrow \frac{1}{2}\alpha = \text{invsin}(NA/n) \rightarrow \alpha = 2 \times \text{invsin}(1,20 / 1,5) = \mathbf{106^\circ}$

---

Opgave 22

---

- a Een tubuslens dient om een beeld te vormen uit de evenwijdige bundel die van het objectief komt.
- b Een evenwijdige bundel uit het objectief is nuttig als men de microscoop veelzijdig wil maken. In de evenwijdige bundel kunnen filters of spiegels geplaatst worden.

*Dat kan natuurlijk ook wel als de bundel niet evenwijdig is, maar met een parallelle bundel is het ontwerp eenvoudiger met minder kans op optische fouten.*

---

Opgave 23

---

PIANAPO	gecorrigeerd voor beeldveldwelling (plan = vlak) en voor chromatische aberratie (4 kleuren)
100	vergroting 100 x
OI	Olie Immersie
1.35	nummerieke apertuur
0.10	vrije werkafstand 0,10 mm
0.17 mm	gecorrigeerd voor dekglassdikte 0,17 mm

---

Opgave 24

---

SWH	super widefield Huygens oculair
10 x	vergroting 10 x
26.5	veldgetal 26,5 mm
-8 ~ +2	oogcorrectie van -8 tot +2 dioptrie



Opgave 25

---

*Gegeven:*  $N_{\text{obj}} = 80 \times$ ,  $N_{\text{oc}} = 10 \times$ , veldgetal: 18 mm, object is  $\frac{1}{3}^{\text{e}}$  van gezichtsveld.

*Gevraagd:* afmeting object

*Oplossing:*

$$\text{Effectieve gezichtsveld} = \frac{\text{veldgetal}}{N_{\text{obj}}}$$

$$\text{Effectieve gezichtsveld} = 18 \text{ mm} / 80 = 0,23 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{3}^{\text{e}} \text{ deel hiervan: } 0,225 / 3 = \mathbf{0,075 \text{ mm}}$$

---

Opgave 26

---

*Gegeven:* Objectmicrometer schaaldeel: 10  $\mu\text{m}$ , 34,5 schaaldelen oculairmicrometer = 5,0 schaaldelen objectmicrometer.

*Gevraagd:* Afmeting micro-organisme van 7,5 schaaldelen oculairmicrometer.

*Oplossing:*

We zetten dit nog even op een rijtje:

1 schaaldeel **object**micrometer = 10  $\mu\text{m}$  *dit is een werkelijke afstand per schaaldeel*

5,0 schaaldelen **object**micrometer = 34,5 schaaldelen **oculair**micrometer (*in het beeld*)

? schaaldelen **object**micrometer = 7,5 schaaldelen **oculair**micrometer (*in het beeld*)

Op de plaats van het vraagteken moet staan:  $7,5 \times 5,0 / 34,5 = 1,086$  schaaldeel.

Dus: 7,5 schaaldeel in het beeld dat je in het oculair waarneemt komt overeen met 1,086 schaaldeel in de werkelijkheid, waarbij 1 schaaldeel 10  $\mu\text{m}$  is.

De werkelijke grootte is dus:  $1,086 \times 10 \mu\text{m} = \mathbf{11 \mu\text{m}}$ .

---

Opgave 27

---

De condensor moet de hele apertuur van het objectief met licht kunnen vullen. De apertuur van de condensor is daarom in dezelfde orde van grootte als die van het objectief. Dus: **1,25**.

---

Opgave 28

---

De apertuur van de condensor kunnen we veranderen met het apertuurdiafragma van de condensor.

---

### Opgave 29

---

De instrumentele insteldiepte van een microscoop hangt af van:

- numerieke apertuur
  - de vergroting
  - de golflengte
  - brekingsindex
- 

---

### Opgave 30

---

De grootste instrumentele insteldiepte bereik je met:

- a een kleine numerieke apertuur van het objectief,
  - b een geringe vergroting.
- 

---

### Opgave 31

---

- a Een transmissiemicroscoop geeft een helderveldbeeld, de achtergrond is verlicht en het object is als silhouet zichtbaar.  
Een donkerveldbeeld heeft een onverlichte achtergrond en het object tekent zich verlicht hierop af.
  - b Voor donkerveld moet je de condensor vervangen.
  - c De directe lichtstralen komen onder een te grote hoek aan. Ze vallen buiten de apertuur van het objectief.
- 

---

### Opgave 32

---

- a Bij fasecontrastmicroscopie anders:
    - condensor (met fasering)
    - objectief (met faseplaatje)
    - centreertelescoop (apart onderdeel om te centreren).
  - b De fasering zit tussen de lichtbron en de condensor.
  - c Het faseplaatje laat het directe (niet van object afkomstige) licht door en vertraagt dit licht iets.
  - d De centreertelescoop beeldt de fasering af zodat fasering en faseplaatje nauwkeurig gecentreerd kunnen worden.
- 

---

### Opgave 33

---

Nomarski.

- a Het licht wordt gesplitst in twee bundels die haaks op elkaar gepolariseerd zijn. Beide bundels gaan wel door het object maar worden hier in verschillende mate afgeremd. De lichtbundels worden weer samengevoegd voor het oculair.
- b DIC is de afkorting van: Differential Interference Contrast.

---

### Opgave 34

---

- a Bij fluorescentiemicroscopie is anders:
  - reflectiemicroscoop (geen transmissie)
  - uv-lichtbron
  - twee filters (excitatie- en barrièrefilter)
  - dichroïdespiegel
- b Fluorescentie is het verschijnsel dat een stof elektromagnetische straling absorbeert en daarna straling van een langere golflengte uitzendt. Meestal bedoelen we: absorptie van uv-licht en emissie van zichtbaar licht.
- c Excitatiefilter: zit tussen lichtbron en object, dient om alleen uv-licht door te laten. Barrièrefilter: zit na de dichroïde spiegel, dient om de niet gewenste fluorescentie golflengten tegen te houden.
- d We gebruiken een uv-lamp omdat absorptie van uv-licht en emissie van zichtbaar licht meest wordt toegepast.
- e Kwarts laat veel uv-licht door, glas vrijwel niet.
- f Een dichroïdespiegel. Dat is een spiegel die uv-licht weerkaatst en fluorescentie-straling doorlaat.
- g Fluorochroom: een molecuul dat het fluorescentie vertoont.

---

### Opgave 35

---

Polarisatiemicroscopie wordt toegepast op stoffen met *anisotrope* eigenschappen.

Dat wil zeggen dat een eigenschap zoals lichtbreking niet in elke richting hetzelfde is. En de lichtbreking afhangt van de polarisatie van het licht.

Polarisatiemicroscopie is dus niet geschikt voor uitsluitend *isotrope* stoffen.

---

### Opgave 36

---

- a De polarisator is een filter dat één trilrichting doorlaat. Na het filter is het licht gepolariseerd.
- b De analysator is eenzelfde soort filter maar wordt gebruikt om de polarisatierichting (trilrichting) van het gepolariseerde licht te meten.

---

### Opgave 37

---

Een *anisotrope* stof heeft in verschillende richtingen verschillende optische eigenschappen.

Dat wil zeggen dat een eigenschap zoals lichtbreking niet in elke richting hetzelfde is. En de lichtbreking afhangt van de polarisatie van het licht.

---

### Opgave 38

---

Je kunt met een elektronenmicroscoop kleinere objecten zichtbaar maken omdat de golflengte van elektronenstraling veel kleiner is dan van licht.

Opgave 39

---

Elektronenmicroscopie vindt plaats in vacuüm. Hierdoor zijn veel soorten objecten zoals levend biologisch materiaal, niet zichtbaar te maken. Ze zouden verdampen en verschrompelen. Alleen als het materiaal gedroogd is kan een beeld gemaakt worden.

---

Opgave 40

---

Bij TEM (Transmission Electron Microscopy) gaat de elektronenbundel door het object heen. Vaak heeft het object niet voldoende dikte om elektronen tegen te houden. Met aangehechte zware metalen ontstaat er wel een contrastrijk beeld. Zware metalen houden meer elektronen tegen.

---

Opgave 41

---

Een koolstofreplica is een kopie van het oppervlak van een monster of preparaat. Het preparaat zelf is bijvoorbeeld biologisch materiaal dat na het opbrengen van een koolstof laagje, wordt weggespoeld. Het overblijvende koolstofplaatje is het monster waarvan het oppervlak bekeken wordt met de elektronenmicroscopie.

---

Opgave 42

---

Een scanning microscoop geeft een beeld in lijntjes.

---

Opgave 43

---

*Gegeven:*  $U_{AK} = 15 \text{ kV}$

*Gevraagd:*  $\lambda$

*Oplossing:*

$$\lambda = \frac{1,23 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{U_{AK}}} = \frac{1,23 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{15000}} = 1,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$