

Mineralen en Gesteenten deel 1

1. Inleiding
2. Chemische basiskennis
3. Kristallografie
4. Mineralogie
5. Optische mineralogie

Tentamens en Beoordeling

- Alle vijf onderdelen van ta1900 (ta1900-1 t/m ta1900-5) worden afgesloten met een tentamen. Deze deeltentamens bepalen gezamenlijk het cijfer voor ta1900
 - Voor elk deeltentamen krijg je een cijfer
 - Deelcijfers worden afgerond op 1 decimaal
 - Elk deelcijfer moet minimaal een 5.0 zijn
 - De deelcijfers worden gemiddeld tot een eindcijfer; alle deeltentamens wegen even zwaar.

Tentamens en Beoordeling

- Het eindcijfer wordt afgerond op .0 of .5; afronding (dit zijn algemene regels ta):
 - $x.1$ en $x.2 \rightarrow x.0$
 - $x.3$ t/m $x.7 \rightarrow x.5$
 - $x.8$ en $x.9 \rightarrow (x+1).0$
- Het eindcijfer moet minimaal 6.0 zijn
- Let op: je moet dus minimaal een 5.8 halen voor afronding tot een 6.0

Tentamens en Beoordeling

- Er zijn twee manieren om dit vak af te ronden:
- **Optie 1:**
 - De tentamens van de delen 1, 2 en 3 kunnen vervangen worden door twee toetsen per deel. Deze worden halverwege en direct na de desbetreffende onderwijsperiode ingeroosterd
 - De tentamens van de delen 4 en 5 kunnen vervangen worden door een toets direct na afloop van het onderwijs
- **Optie 2:**
 - In de tentamenperiode volgend op het onderwijs is een tentamen ingeroosterd die over de gehele stof van het desbetreffende deel zal gaan.

Optie 1:

- Het tentamen van **deel 1** kan vervangen worden door twee deeltoetsen; elk toetscijfer moet **minimaal een 4.0** zijn (afronding op 1 decimaal)
- Het gemiddelde van deze twee toetsen is het cijfer voor deel 1 indien het gemiddelde van de twee toetscijfers **tenminste een 5.0** bedraagt (afronding op 1 decimaal).
- Indien het gemiddelde van de toetscijfers lager is dan een 5.0 vervallen de cijfers voor de toetsen en moet het tentamen over de gehele stof gedaan worden
- De toetscijfers zijn slechts één jaar geldig.
- De **delen 2 en 3** gaan op dezelfde manier
- De **delen 4 en 5** kunnen d.m.v. één toets per deel, direct na afloop van het onderwijs, afgerond worden; of d.m.v. het tentamen in de tentamenperiode. Zowel voor de toets als het tentamen moet **minimaal een 5.0** gehaald worden (afronding op 1 decimaal)

Optie 2:

- In de tentamenperiode volgend op het onderwijs is een tentamen ingeroosterd die over de gehele stof van het desbetreffende deel zal gaan
- Let op: er is per onderdeel maar één tentamen per jaar
- Per deel van ta1900 mag je zelf beslissen welke optie je volgt. Als je één van de deoltoetsen niet doet, voor één van de toetsen minder dan een 4.0 haalt of het gemiddelde van de twee toetsen is lager dan 5.0 dan is alleen optie 2 van toepassing

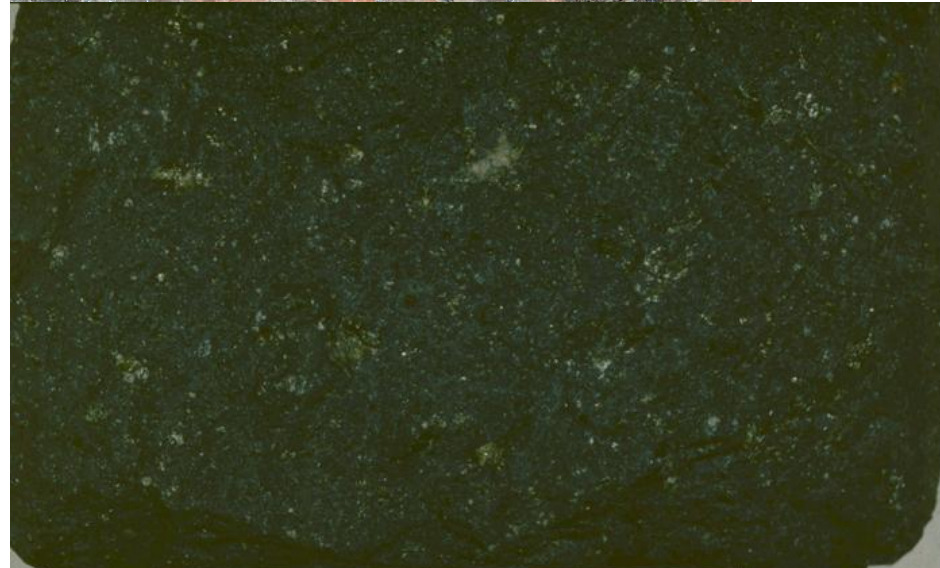
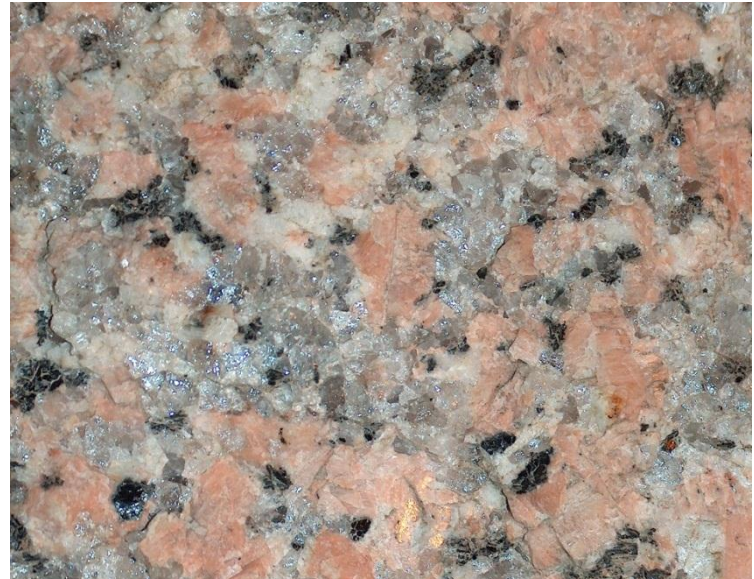
Toetsen en tentamen deel 1

- Toets 1.1: woensdag 3 oktober 2012
17.30-19.00 uur; zaal CT-IZ 1.96 en 2.98
Tentamenstof: hfd 2 t/m 4 (m.u.v.: 3.8 en 4.4) en de tijdens het college behandelde stof
- Toets 1.2: woensdag 24 oktober
10.45 – 12.15 uur; zaal CT-IZ 0.96 en 1.96
Tentamenstof: hfd 5 (m.u.v.: 5.8) en de tijdens het college behandelde stof
- Tentamen: woensdag 7 november
9.00 – 12.00 uur
Tentamenstof: hfd 2 t/m 5 (m.u.v.: 3.8, 4.4 en 5.8) en de tijdens het college behandelde stof

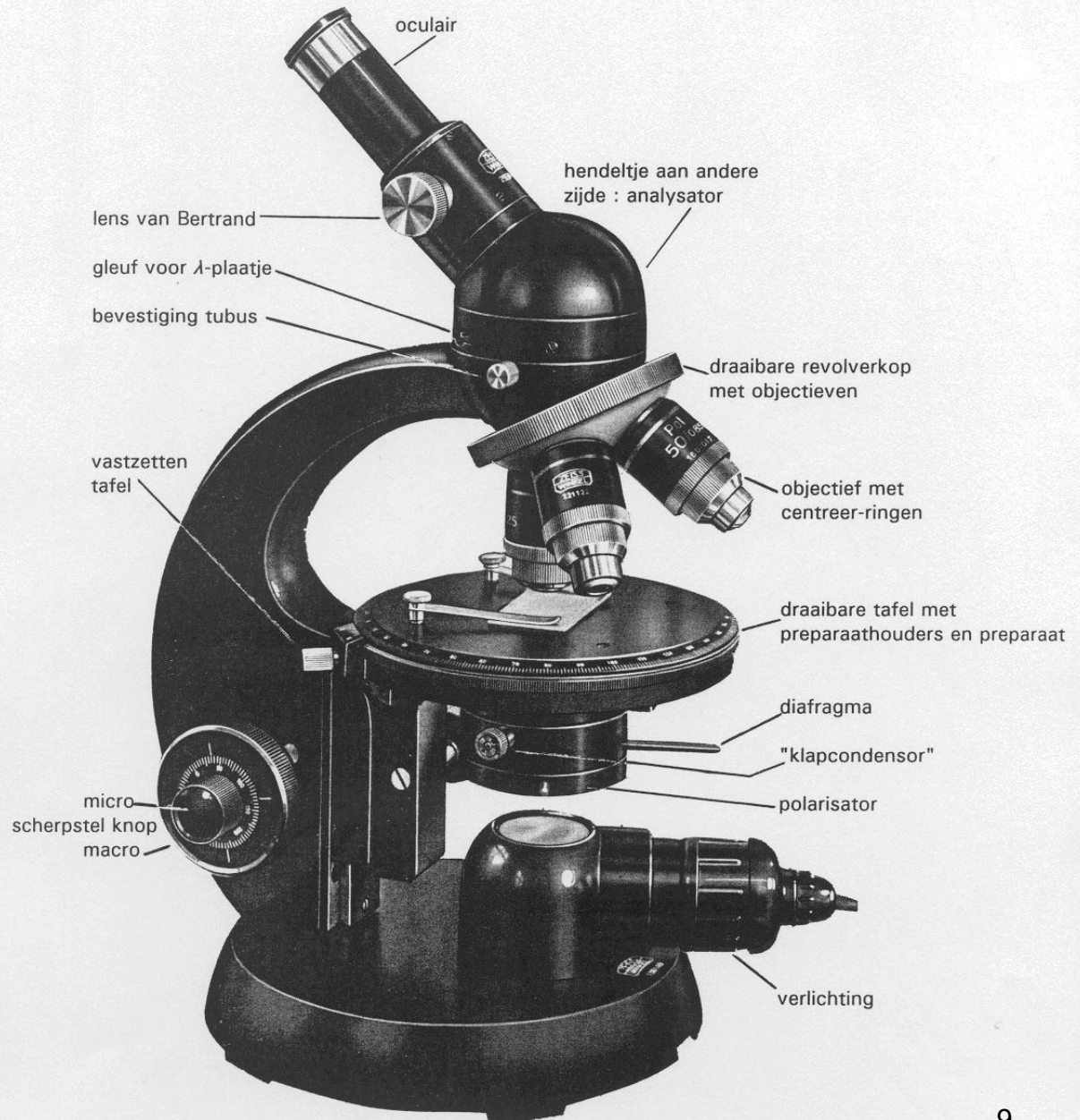
mineraal:



gesteente:



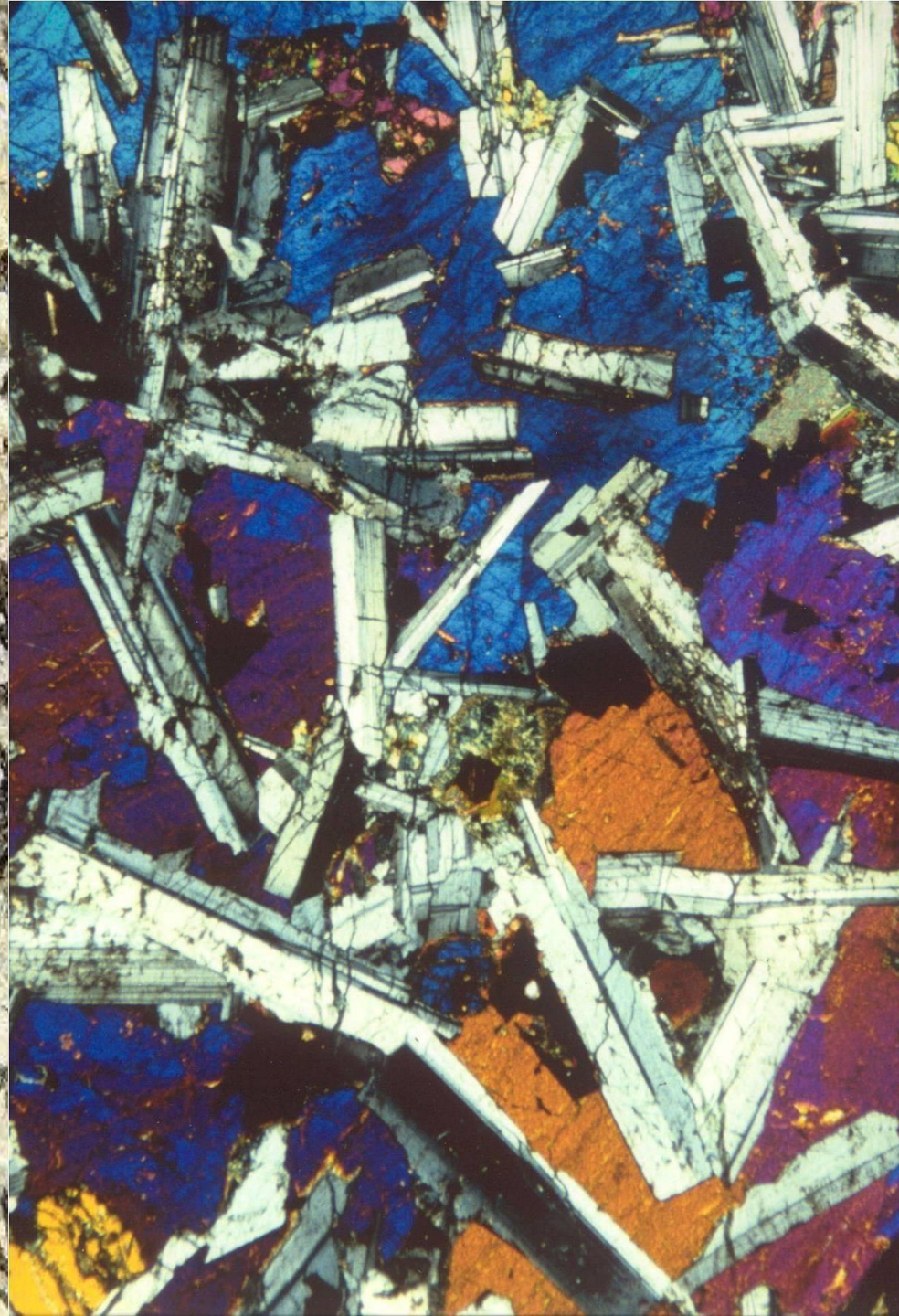
De polarisatie- microscop

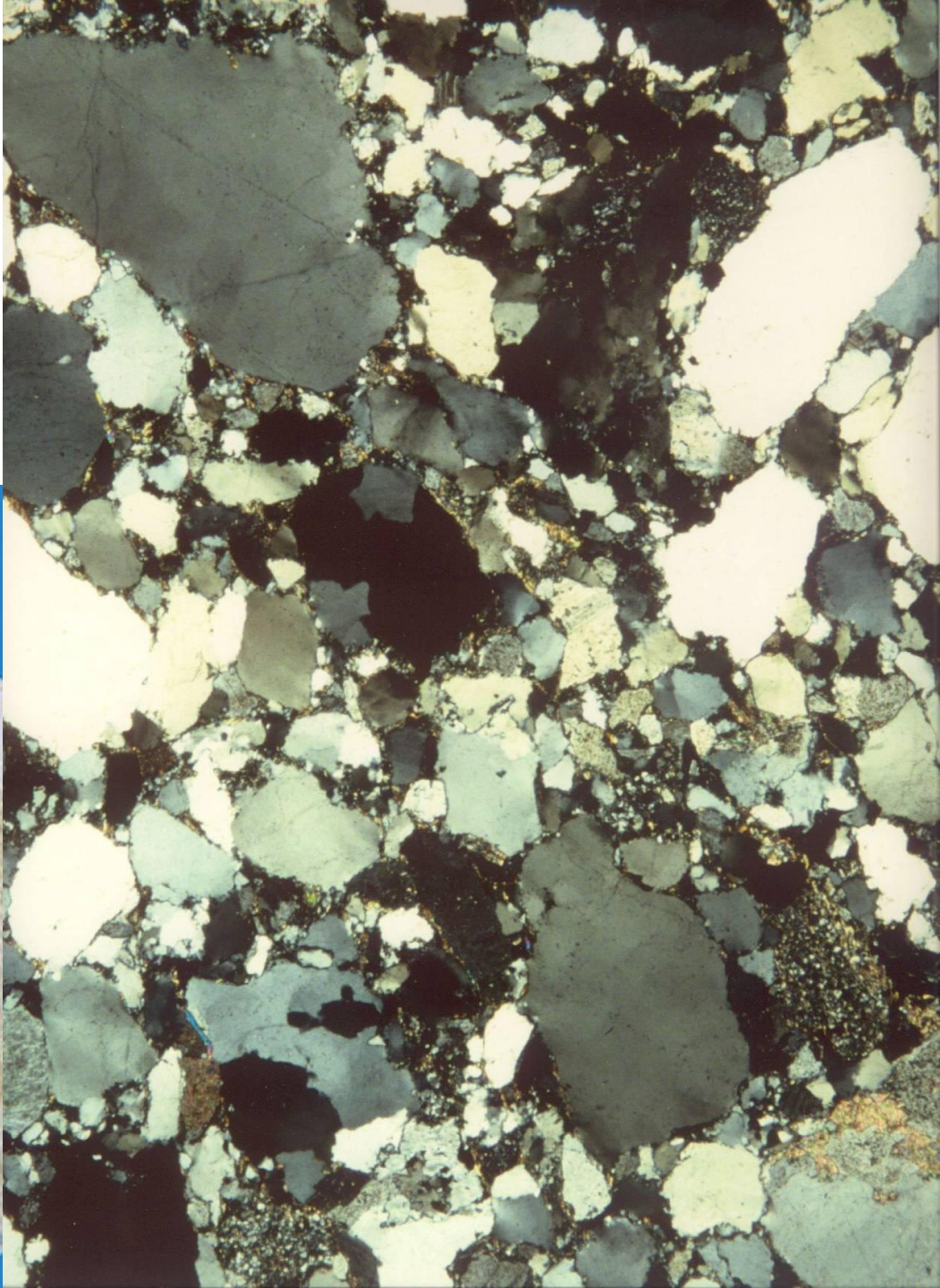


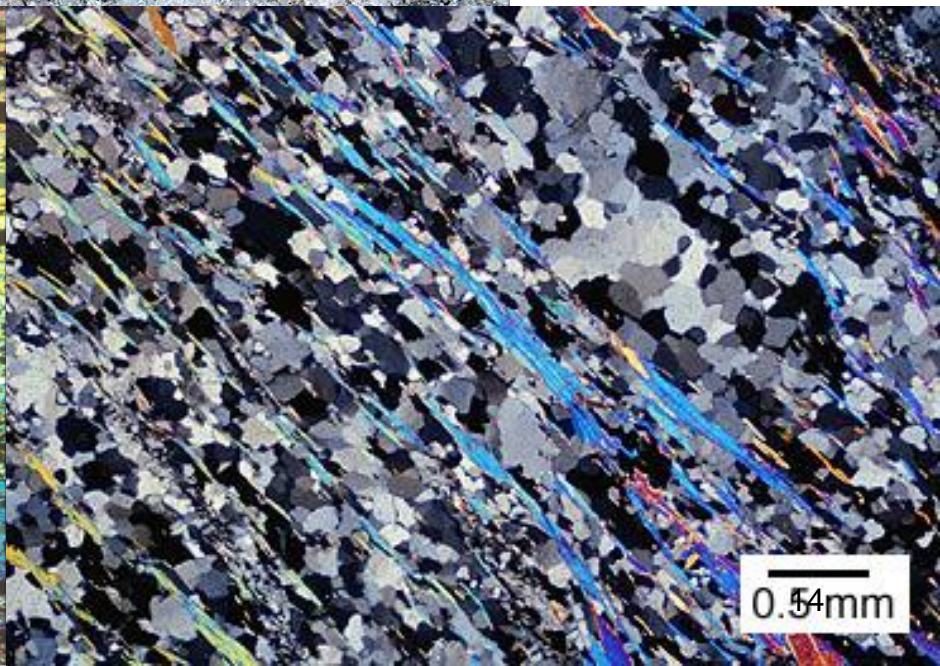
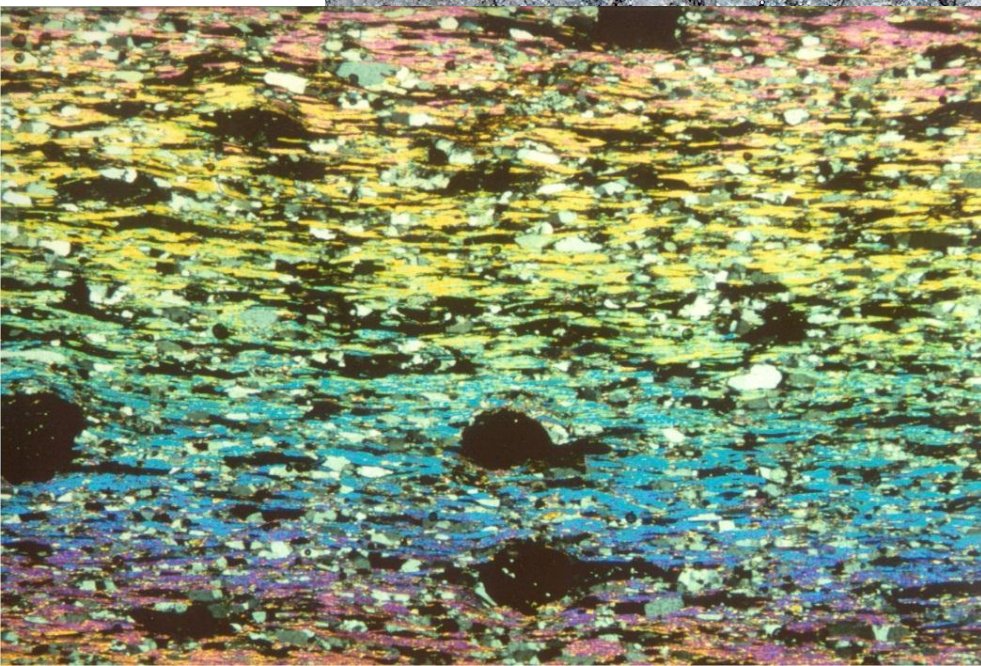
Optische mineralogie

- De interactie van licht en mineralen levert een scala aan optische eigenschappen
- Voor de bestudering van deze eigenschappen worden slijpplaatjes (dunne doorsneden) gemaakt, deze hebben een dikte van $0.03 \text{ mm} = 30\mu\text{m}$

Hoe zien gesteenten er uit als we
ze bekijken door een
polarisatiemicroscop?





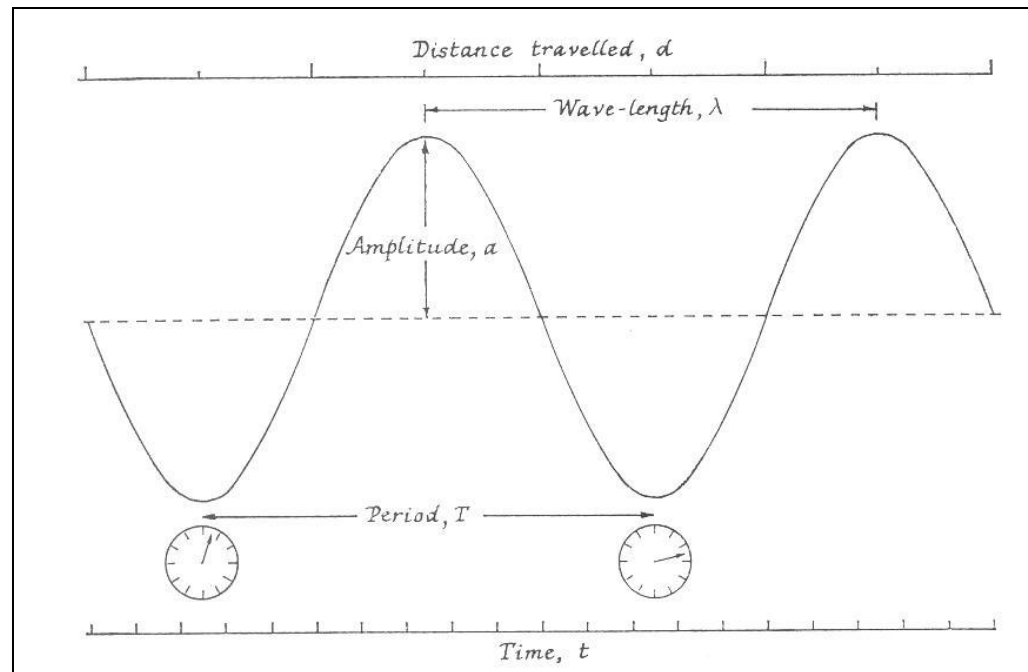


0.54mm

- De interactie van licht en mineralen levert een scala aan optische eigenschappen
- Elk mineraal wordt beschreven door een combinatie van optische eigenschappen die karakteristiek is voor het mineraal

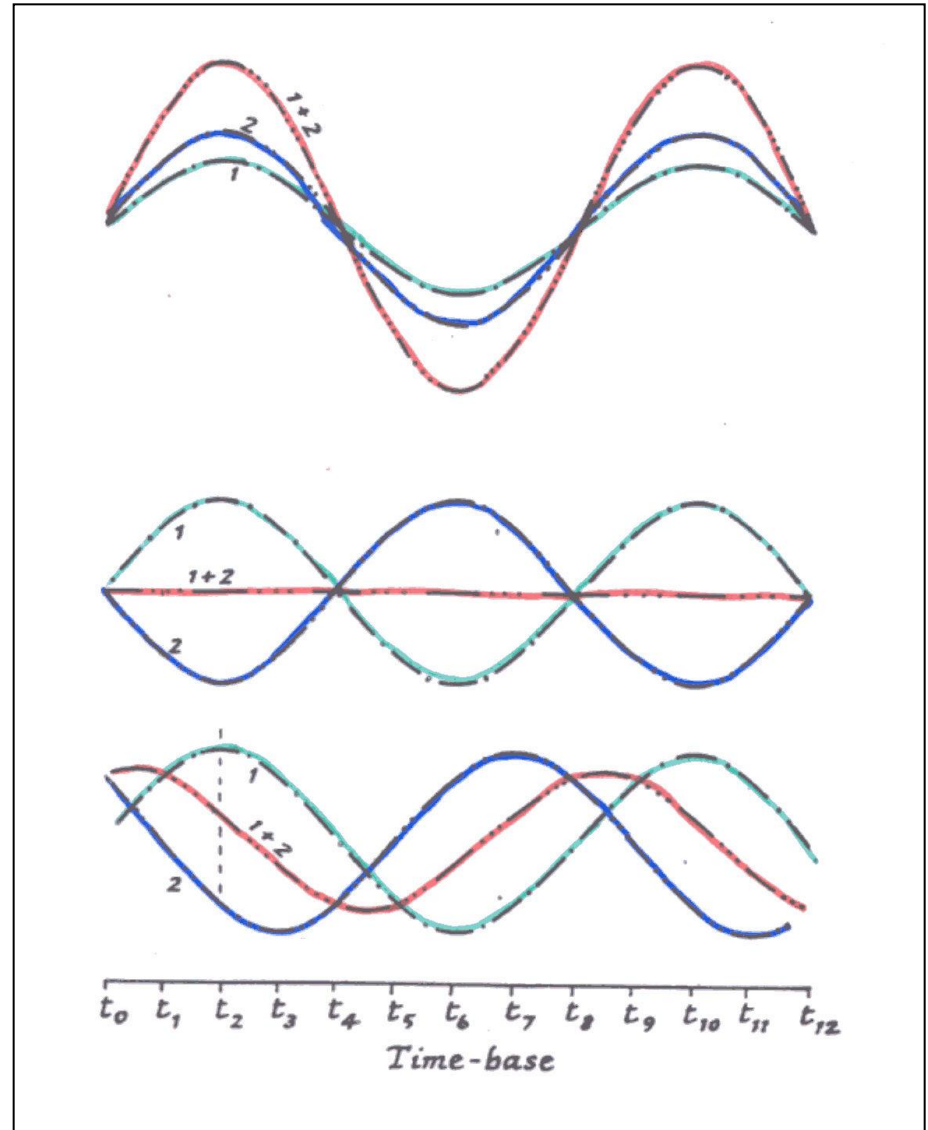
Licht (1)

Licht is een electromagnetische straling. Het bestaat uit een ontelbaar aantal golfbewegingen die alle loodrecht op de voortplantingsrichting van het licht trillen.



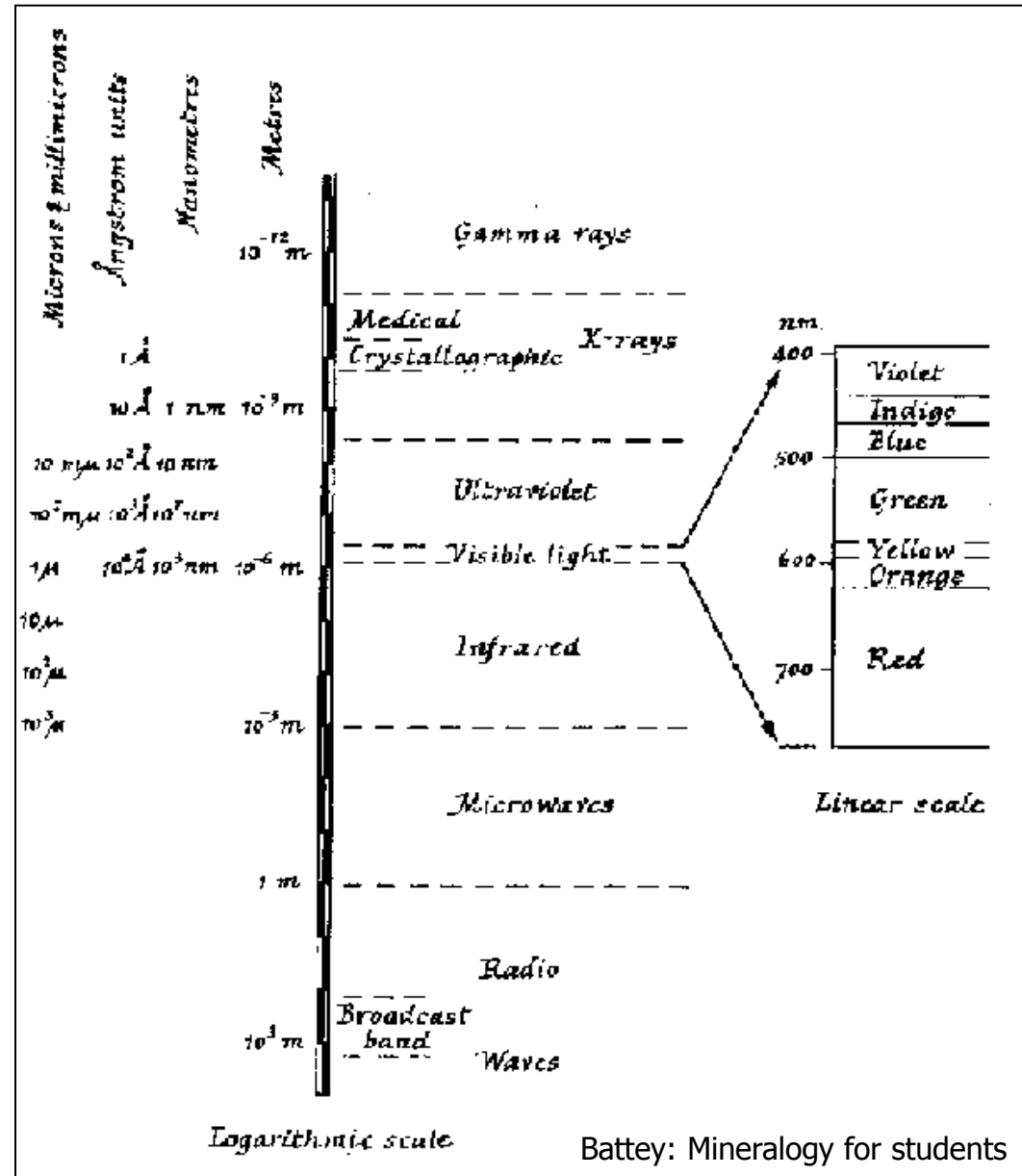
Licht (2)

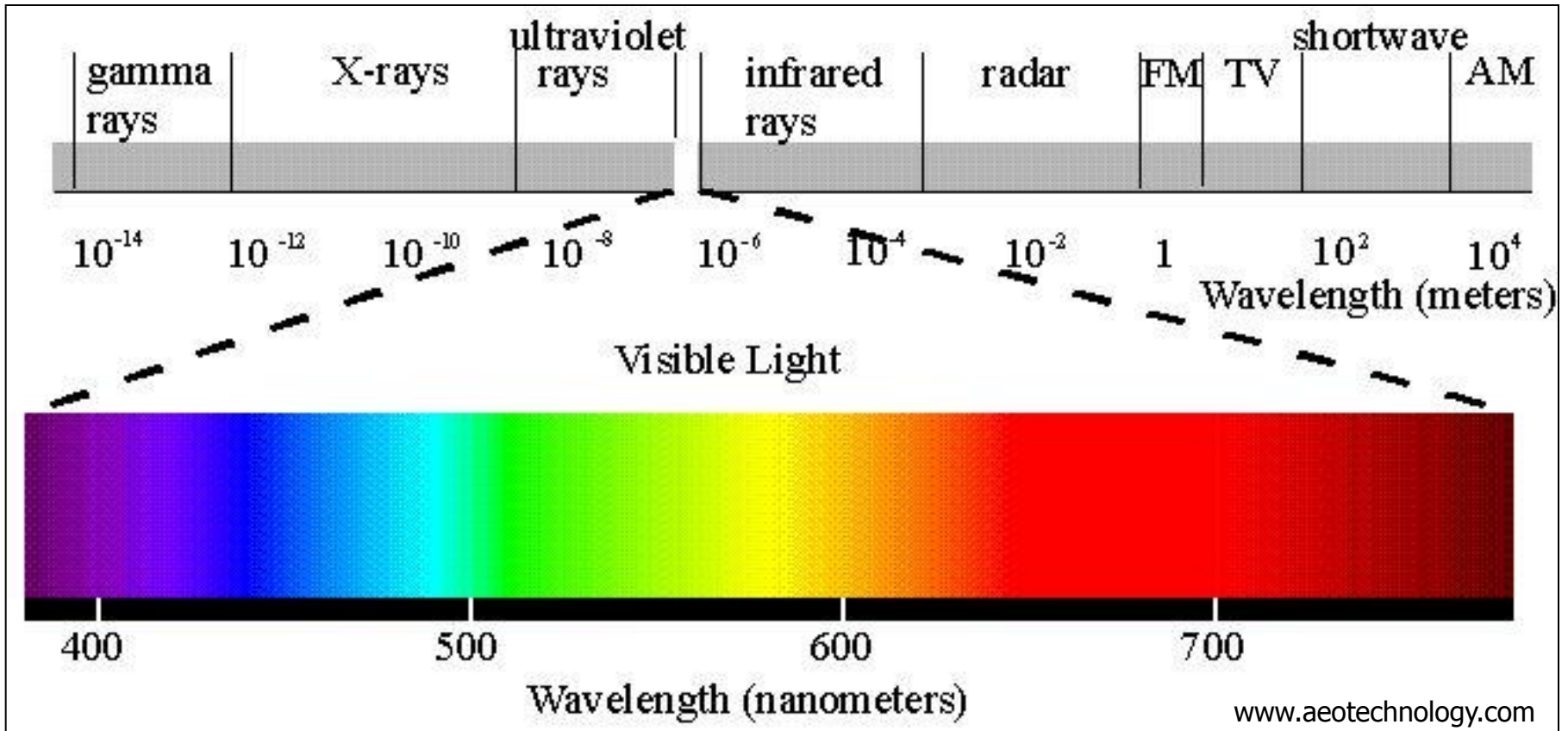
Tussen lichtstralen
die in hetzelfde vlak
trillen treedt
interferentie op



Licht (3)

Licht met golflengtes tussen 390 en 760 nm. kunnen wij zien als een kleur; het wordt het 'zichtbare licht' genoemd'. Menging van deze kleuren levert 'wit' licht



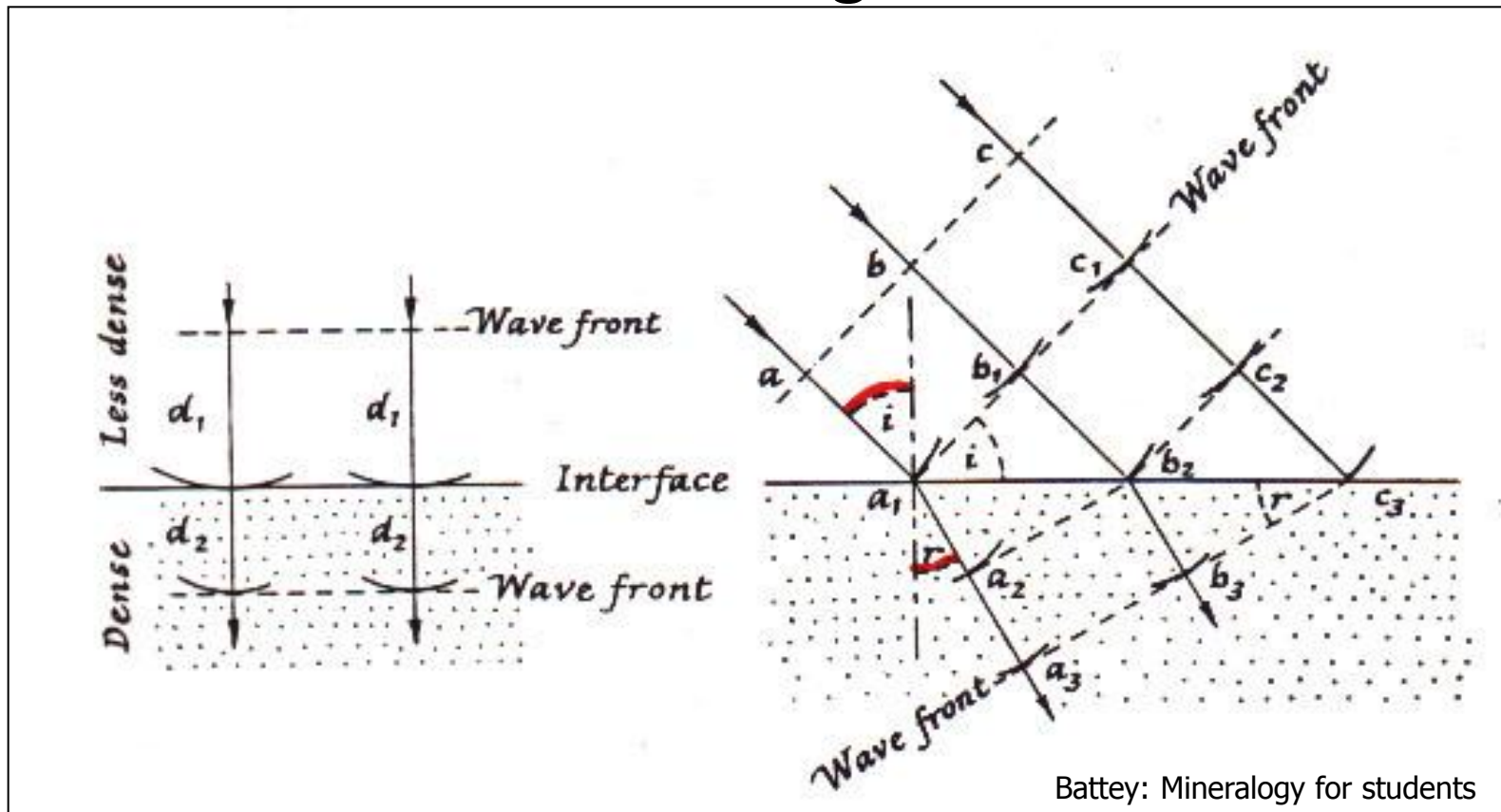


Interactie licht en mineraal

- Een lichtstraal die op een mineraal valt brengt electronen in trilling en verliest een deel van haar energie: zij ondervindt vertraging
- Deze vertraging is karakteristiek voor het mineraal
- En wordt de **brekingsindex** (n) genoemd
- $n = v_{\text{vacuum}} / v_{\text{mineraal}} \approx v_{\text{lucht}} / v_{\text{mineraal}} \quad (n > 1)$

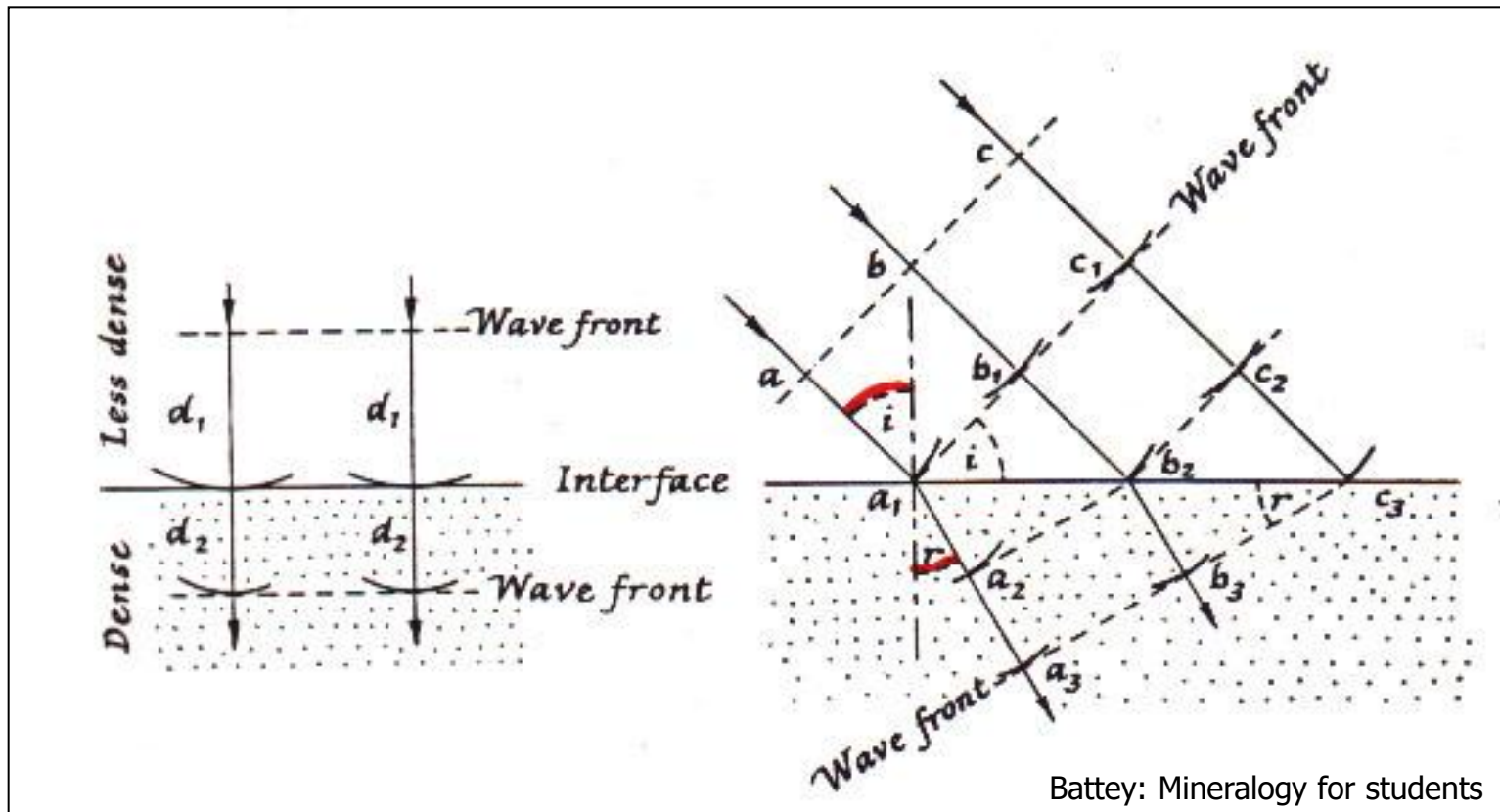
Brekingindex (1)

- Een straal die recht invalt wordt vertraagd maar verandert niet van richting



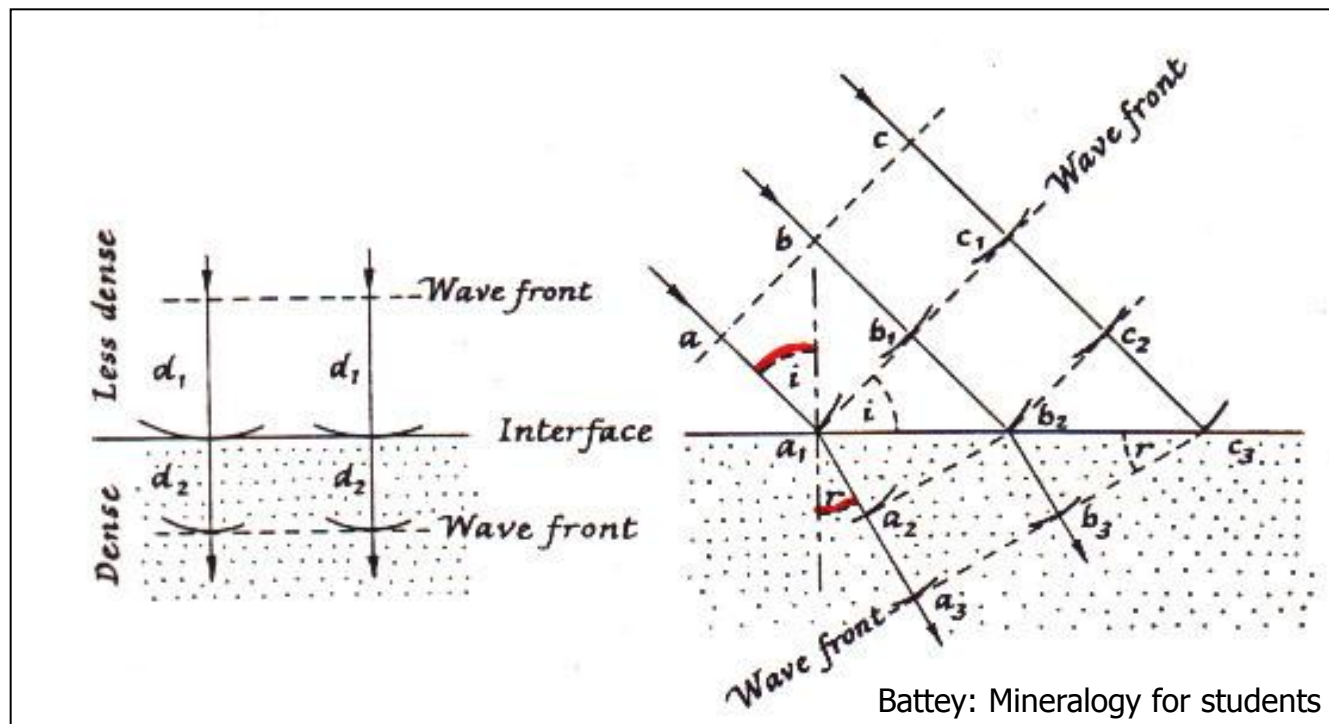
Brekingindex (2)

- Een straal die scheef invalt wordt vertraagd én verandert van richting



Brekingsindex (3)

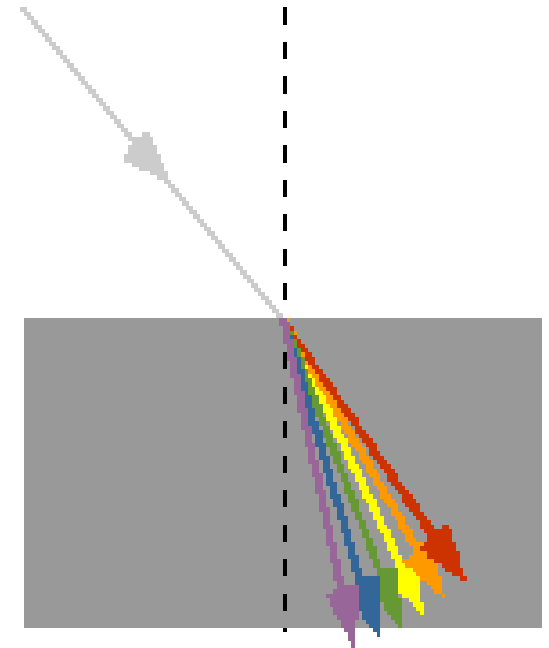
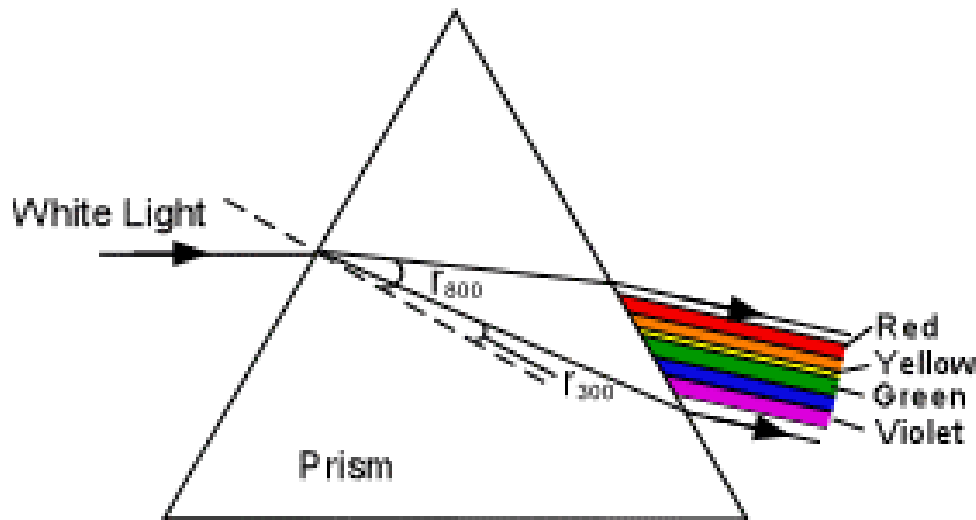
- Van n naar N: breking naar de normaal toe
- Van N naar n: breking van de normaal af
- $n = v_{\text{vacuum}} / v_{\text{mineraal}} = \sin i / \sin r$



Batley: Mineralogy for students

Brekingindex (4)

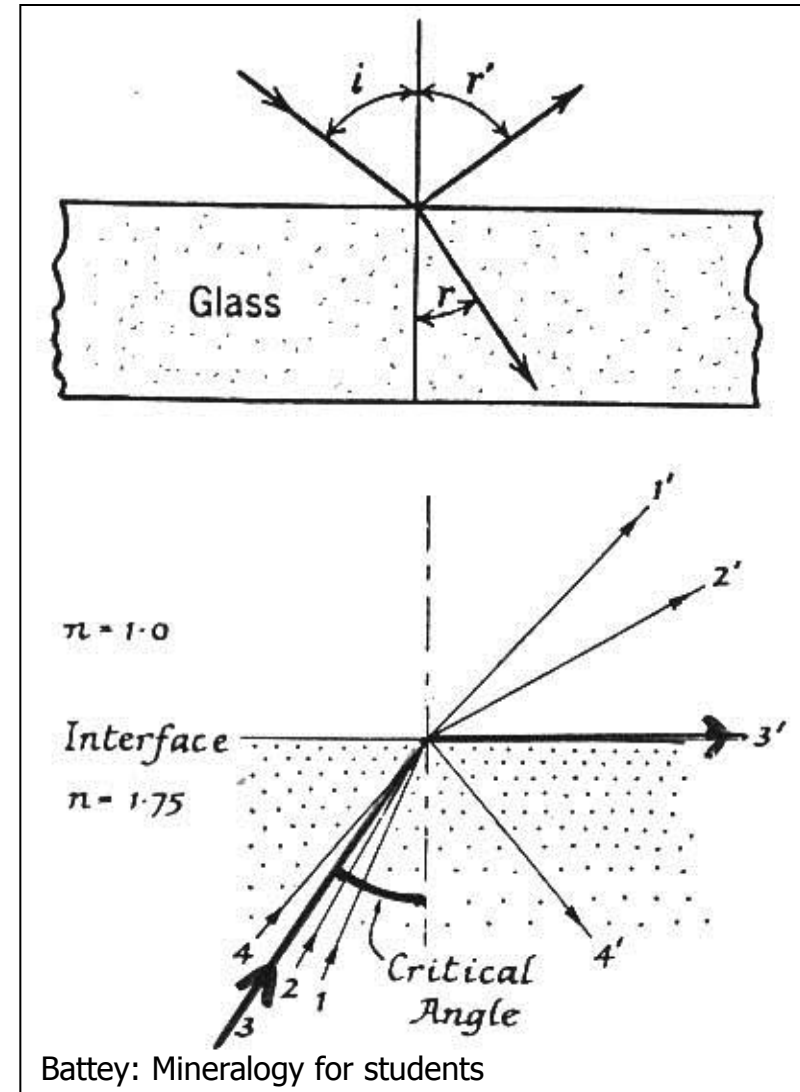
De breking van het licht, en dus de brekingindex is afhankelijk van de golflengte van het licht, er treedt **dispersie** op:



Reflectie en Breking (=refractie)

Naast breking treedt ook reflectie op. De hoek van inval is gelijk aan de hoek van terugkaatsing ($i = r'$).

$N \rightarrow n$: de hoek tussen de normaal en de lichtstraal kan zó groot worden dat alleen reflectie optreedt. grenshoek=kritische hoek



Brekingindex (5)

- Licht valt op een mineraal
- Electronen worden in trilling gebracht
- Het aantal electronen dat in trilling gebracht wordt is afhankelijk van de kristallijne structuur
- Afhankelijk van de 'invalsrichting' van de lichtstraal treedt een zekere vertraging op
- n is een richtingsafhankelijke eigenschap!

Brekingsindex (6)

- Welke kristalstelsels worden gekarakteriseerd door één brekingsindex?
 - het kubische stelsel
- Welke kristalstelsels worden gekarakteriseerd door een range van waarden voor de brekingsindex?
 - alle andere kristalstelsels

In het algemeen:

Macroscopische en microscopische eigenschappen zijn afhankelijk van de kristallijne structuur van de mineralen. Afhankelijk van de 'kijkrichting' kan de opbouw er anders uitzien - hierdoor kunnen ook de eigenschappen variaties laten zien.

Isotroop - Anisotroop (1)

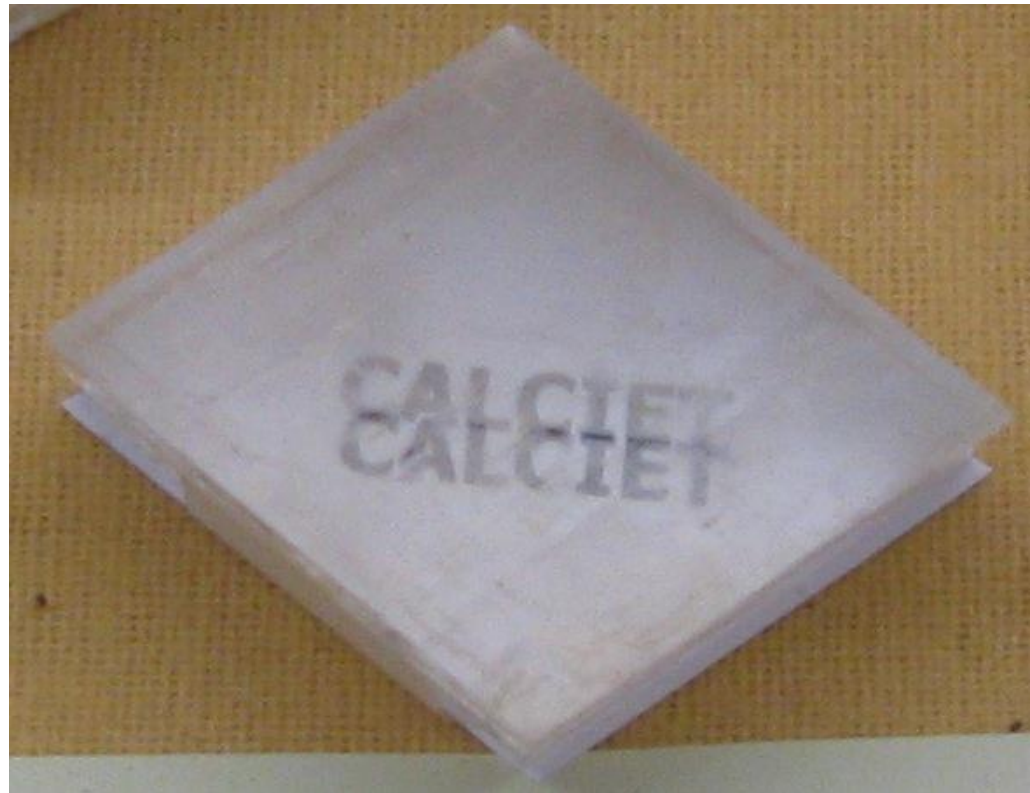
- Een materie is **isotroop** indien het in alle richtingen hetzelfde gedrag vertoont, dezelfde eigenschappen heeft.
- Een materie is **anisotroop** indien de eigenschappen richtingsafhankelijk zijn.

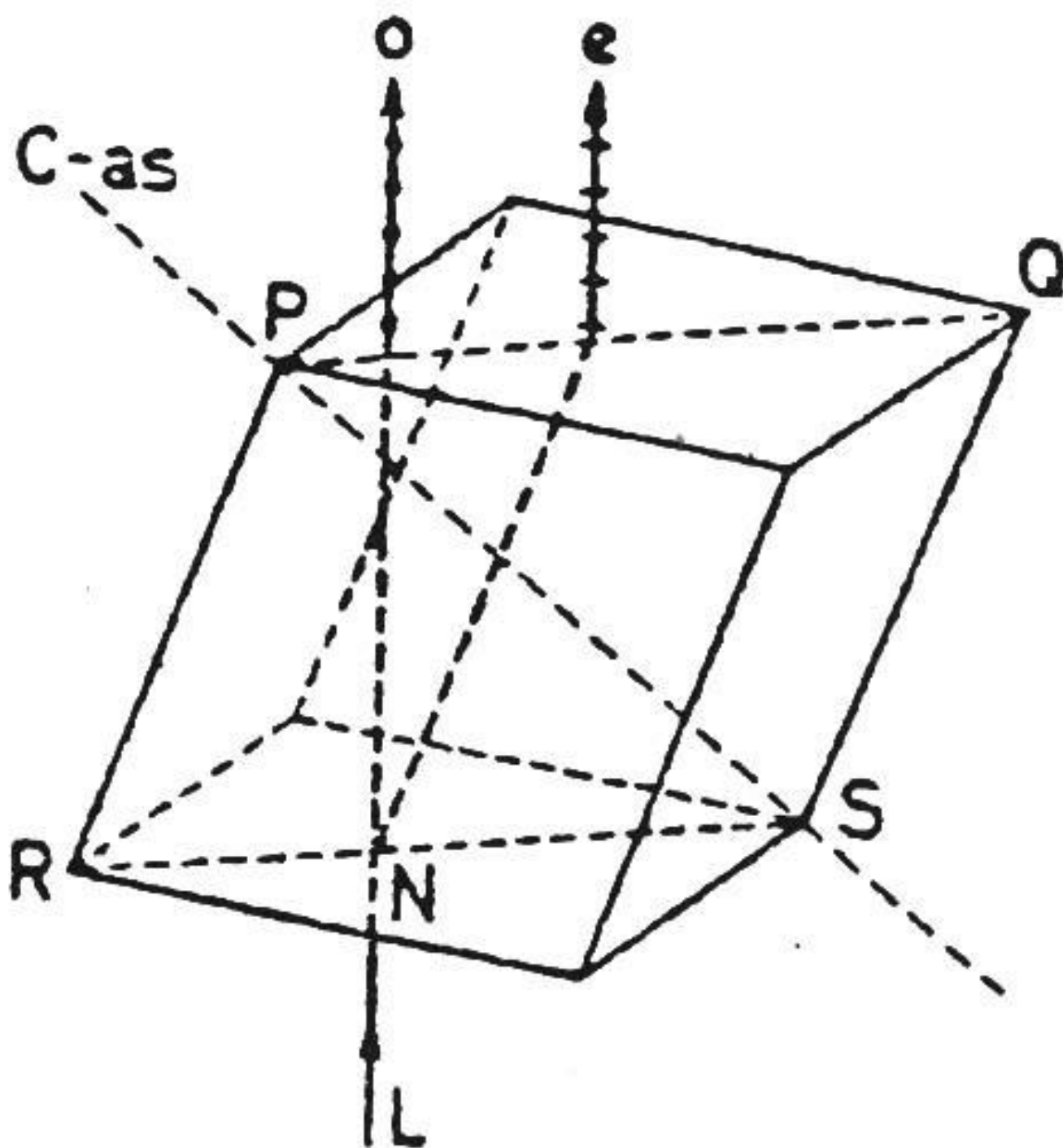
Isotroop – Anisotroop (2)

- Anisotrope mineralen:
triklien, monoklien, orthorhombisch,
trigonaal, tetragonaal en hexagonaal stelsel
- Isotrope mineralen:
kubisch stelsel
(ook: gassen, vloeistoffen)

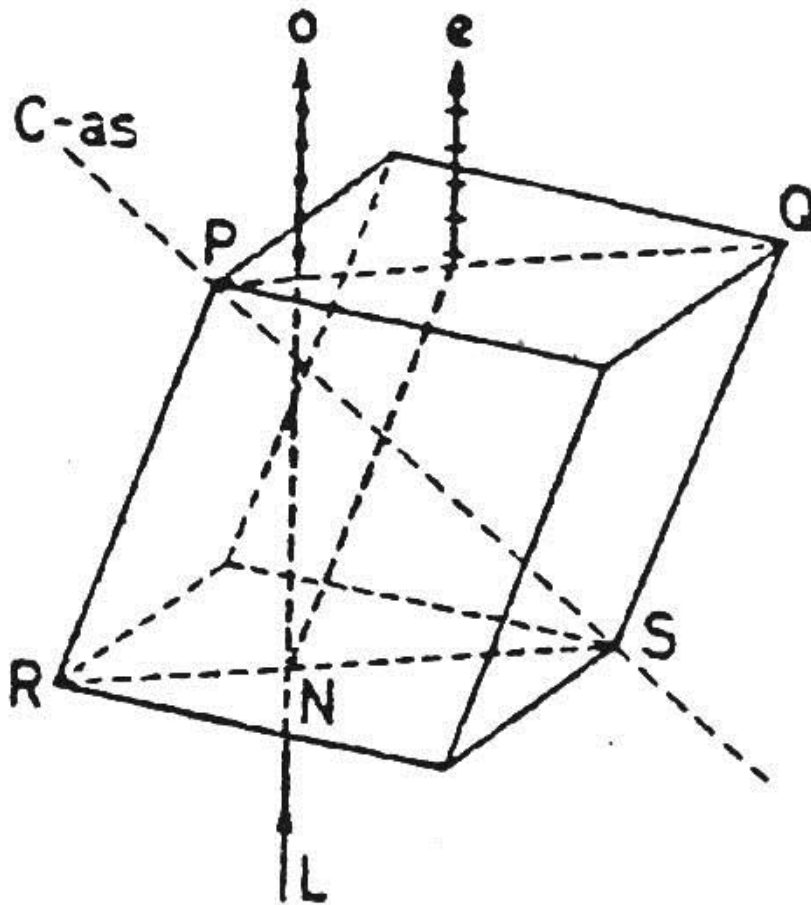
Dubbelbreking - dB (1)

- Anisotrope mineralen vertonen **dubbelbreking**
- Calciet laat dit in extreme mate zien:



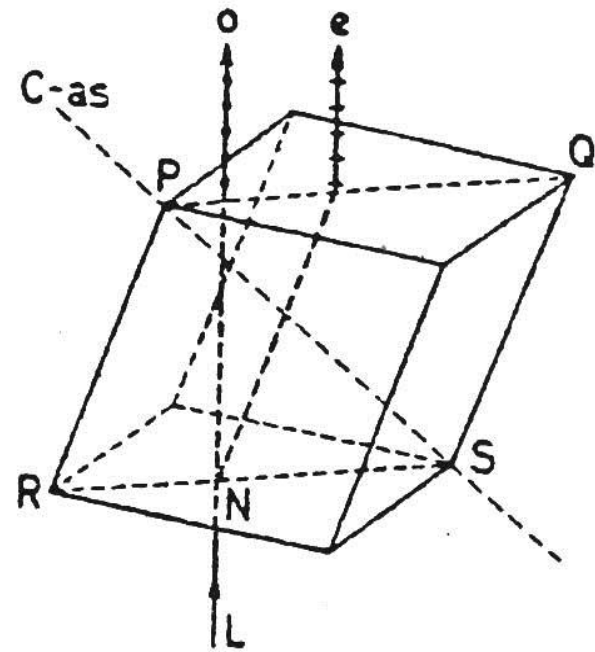


Dubbelbreking in calciëet (2)



- Een lichtstraal L die loodrecht invalt splitst zich bij N in twee deelstralen.
- Eén deelstraal gaat rechtdoor en ondervindt een zekere vertraging
- De tweede deelstraal wordt afgebroken en ondervindt een andere vertraging

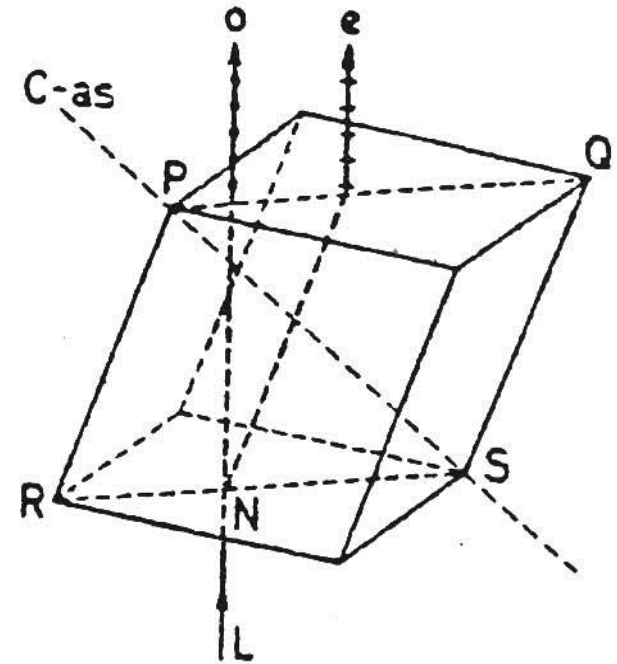
Dubbelbreking in calciet (3)



- De rechtdoorgaande straal wordt de ordinaire straal (o-straal) genoemd
- De afgebroken straal wordt de extra-ordinaire straal (e-straal) genoemd
- De o- en de e-straal ondervinden een verschillende brekingsindex: n_o en n_e

Dubbelbreking in calcië (4)

- De hoek die tussen de twee deelstralen ontstaat is een maat voor de dubbelbreking
- De dubbelbreking kan ook aangegeven worden als het verschil tussen de hoogste en laagste brekingsindex : $dB = N - n$
- In calcië : $dB = n_o - n_e'$



Dubbelbreking (5)

- Let op: niet alle mineralen worden gekarakteriseerd door een o- en e-straal
- In het algemeen : $dB = n_z - n_x$
 $n_z > n_x$

Dubbelbreking (6)

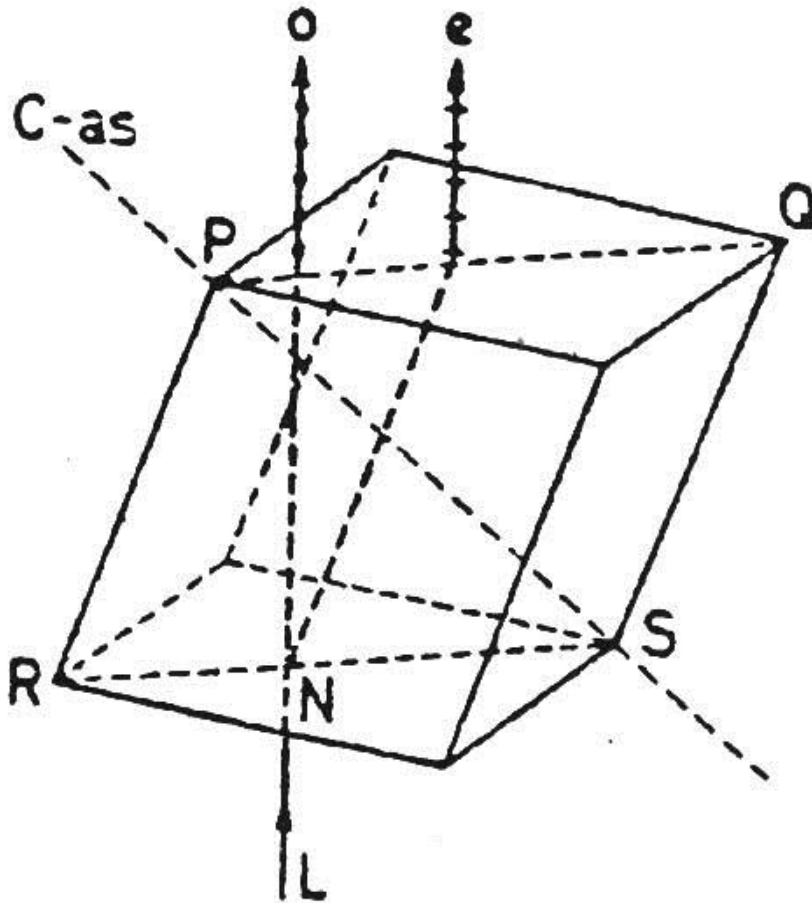
Algemeen:

- De brekingsindex is een richtingsafhankelijke eigenschap
- Ook de dubbelbreking is dus een richtingsafhankelijke eigenschap
- Elk anisotroop mineraal heeft een range van waarden voor de dubbelbreking

Dubbelbreking (7)

- Elk mineraal heeft een minimale en een maximale waarde voor de dubbelbreking
- De maximale waarde is karakteristiek

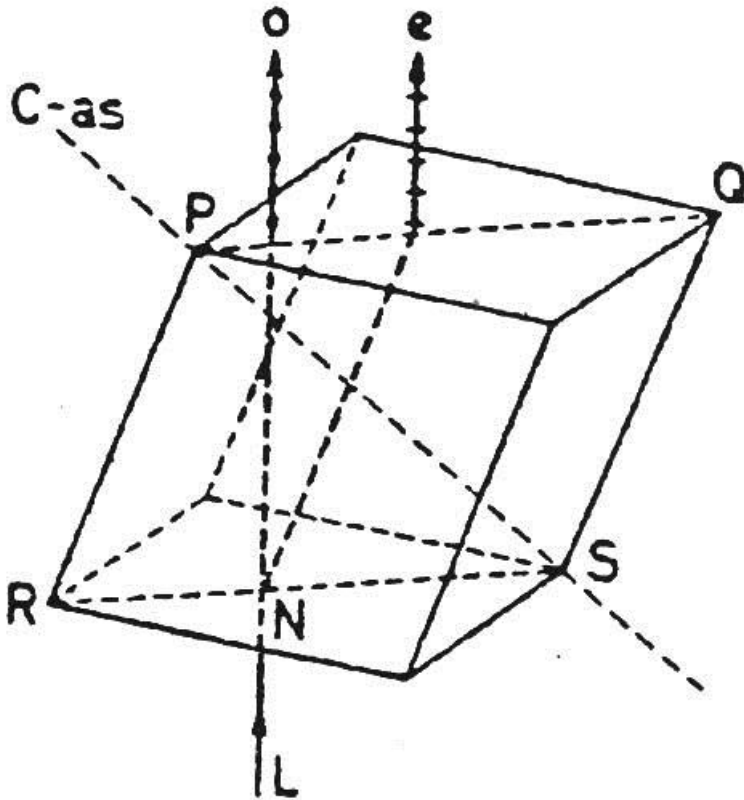
Dubbelbreking in calciet (8)



- Als calciet wordt rondgedraaid blijft de ene afbeelding op z'n plaats, de andere afbeelding draait hier omheen.
- De deelstralen worden in het mineraal gepolariseerd

Polarisatie

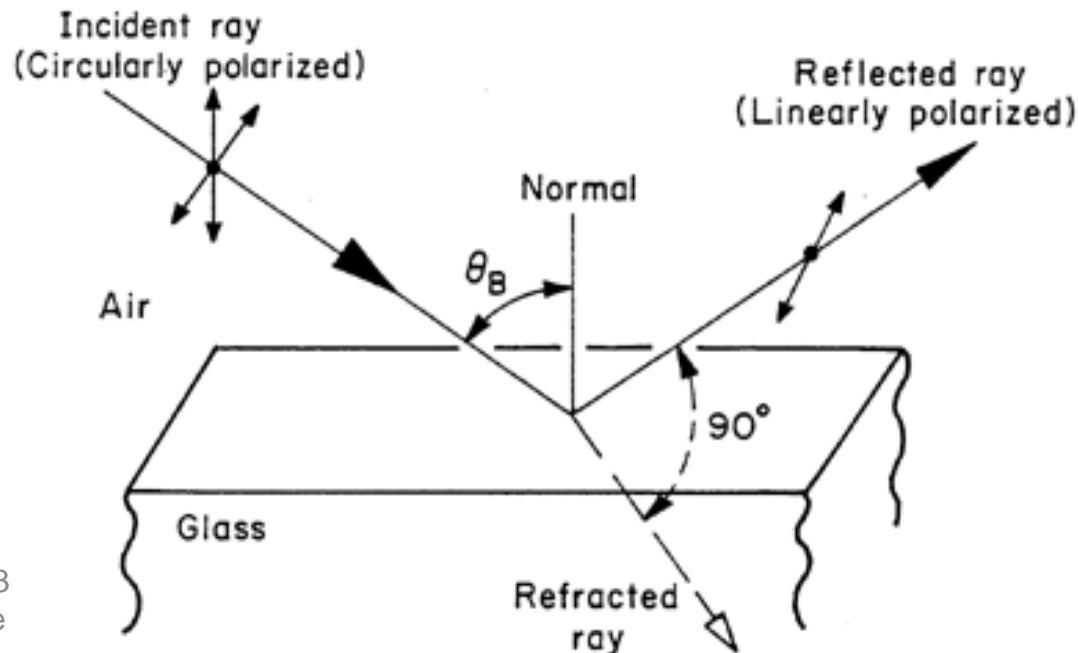
Polarisatie



- De twee deelstralen zijn gepolariseerd in twee richtingen loodrecht op elkaar
- - : trillingsvlak is evenwijdig aan papier
- ● : trillingsvlak is loodrecht op papier

Polarisatie treedt ook buiten op

- En is maximaal als de hoek tussen de gereflecteerde en gebroken straal 90° is.
- De polarisatie is parallel aan het oppervlak



- Haidinger B\"uschel (Haidinger's brush)



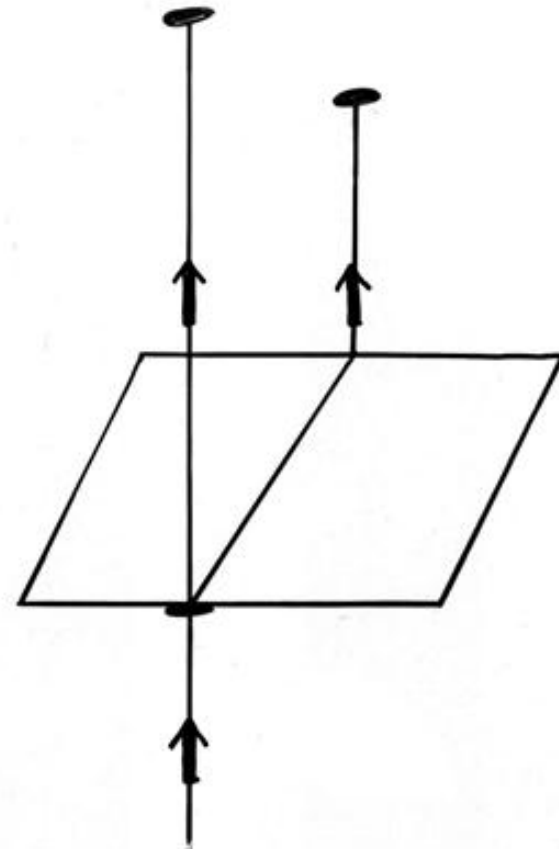
wikipedia

Ook:



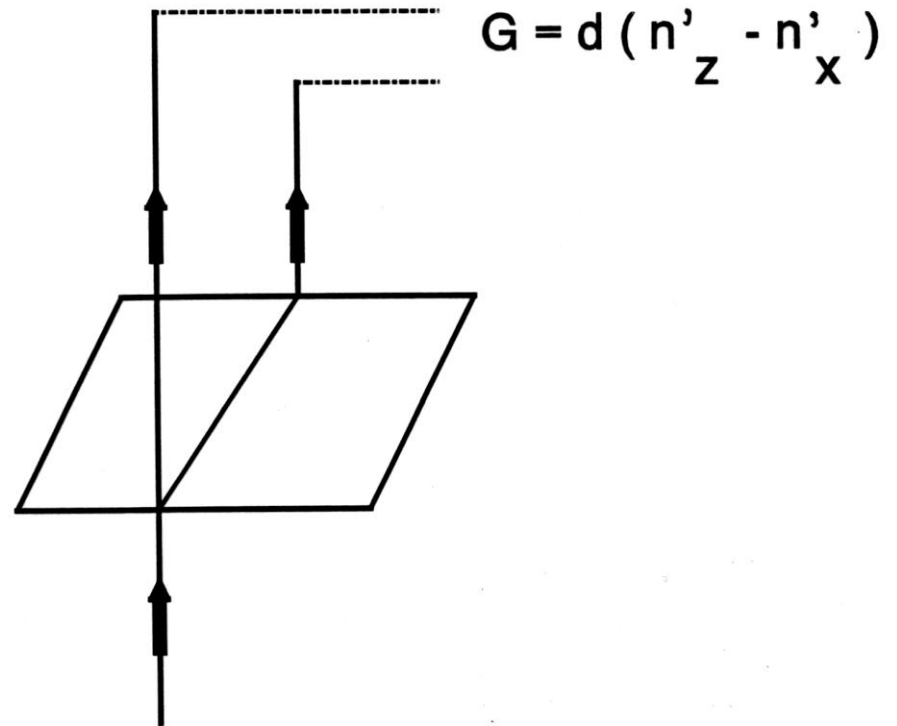
- De twee afbeeldingen liggen niet in hetzelfde vlak
- Ze zijn niet tegelijk scherp

Dit weglengteverschil wordt
Gangverschil (G) genoemd



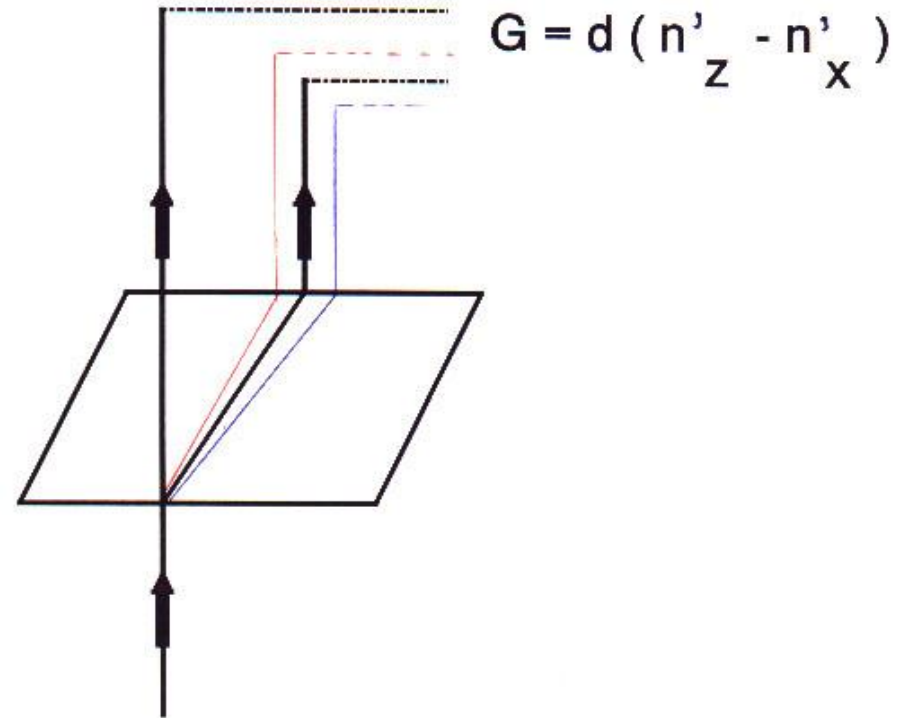
Gangverschil (1)

- Het gangverschil komt overeen met een faseverschil
- Het gangverschil is afhankelijk van:
 - dikte d van de dd
 - de dubbelbreking



Gangverschil (2)

- G is tevens afhankelijk van λ
- G is een richtingsafhankelijke eigenschap
- G is maximaal als
 $G = d (n_z - n_x) \text{ nm}$
- $d = 30 \mu\text{m} = 30.000 \text{ nm}$



Interactie licht en mineraal: resumé 1

- Elke lichtstraal ondervindt vertraging: dit wordt de brekingsindex (n) genoemd
- n is een richtingsafhankelijke eigenschap
- Een lichtstraal splitst zich in 2 deelstralen
- Beide deelstralen zijn gepolariseerd, in twee richtingen loodrecht op elkaar

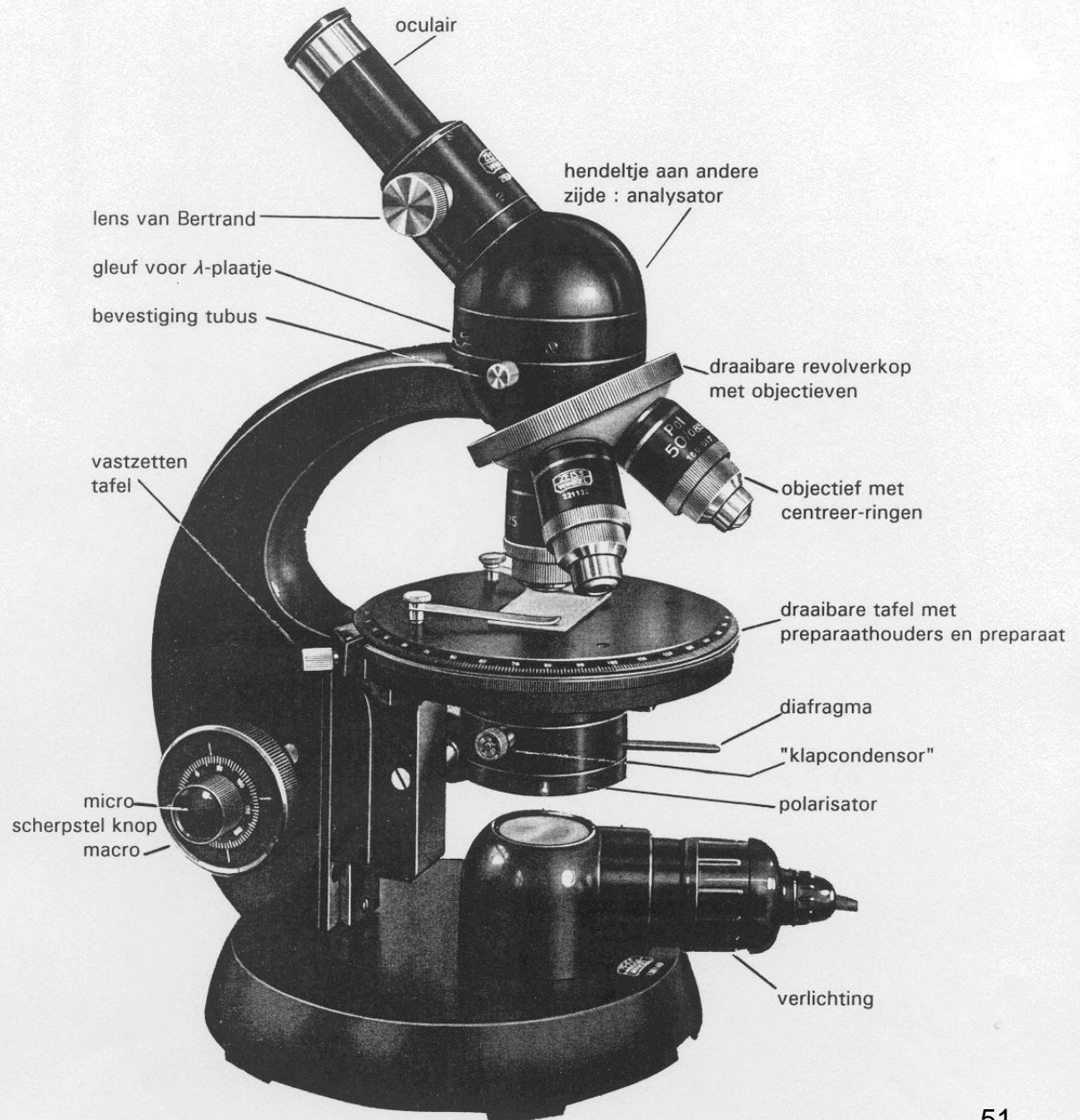
Interactie licht en mineraal: resumé 1

- De hoek tussen de deelstralen is een maat voor de dubbelbreling: $dB = (n_z - n_x)$
- dB is een richtingsafhankelijk eigenschap
- Bij het verlaten van het mineraal zijn de twee deelstralen uit fase, dit wordt het Gangverschil G genoemd.
- G is een richtingsafhankelijke eigenschap

In diverse talen

- N = brekingsindex
= index of refraction
= Brechungsindex
- dB = dubbelbreking
= double refraction
= birefringence
= Doppelbrechung
- G = gangverschil
= optical path difference
= (relative) retardation
= Gangunterschied

De polarisatie- microscop



Het vervolg (1)

- Er valt niet één straal op het kristal, maar zeer vele.
- Alle stralen veroorzaken gepolariseerde deelstralen, waartussen een G ontstaat.
- In en boven het kristal treedt interferentie op.
- Zodra de analysator ingeschoven wordt gaat van elke overgebleven straal een resultante door de analysator.

Het vervolg (2)

- Er treedt in de analysator opnieuw interferentie op
- Elke lichtstraal die de analysator verlaat heeft een bepaalde golflengte en bijbehorende kleur
- Menging van deze kleuren levert een mengkleur op: de **interferentiekleur**

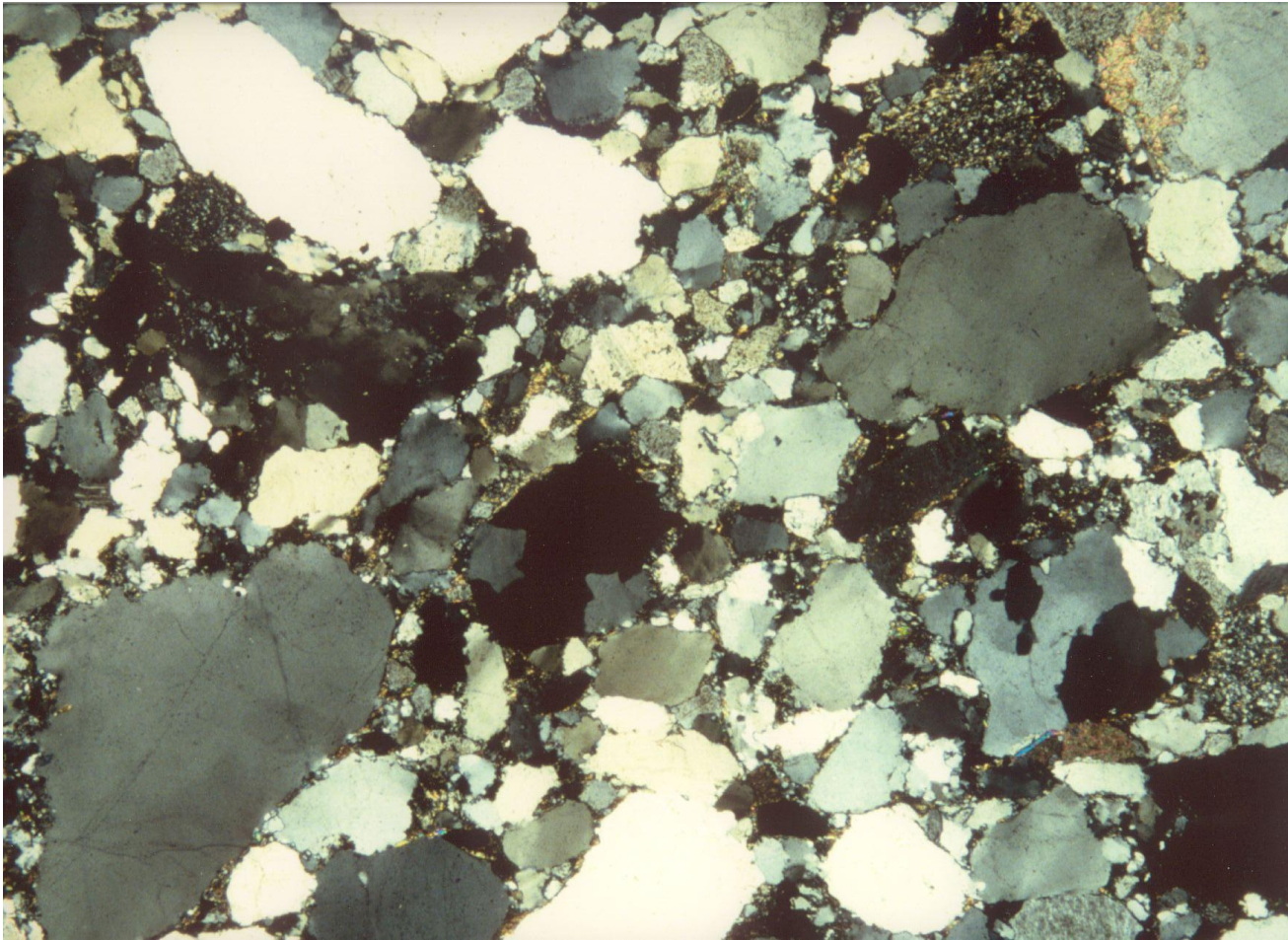
Interferentiekleur (1)

- Elke combinatie van gangverschillen die bij een bepaalde oriëntatie van het kristal ontstaat, levert een karakteristieke interferentiekleur.
- Het gangverschil is richtingsafhankelijk
- De interferentiekleur dus ook!

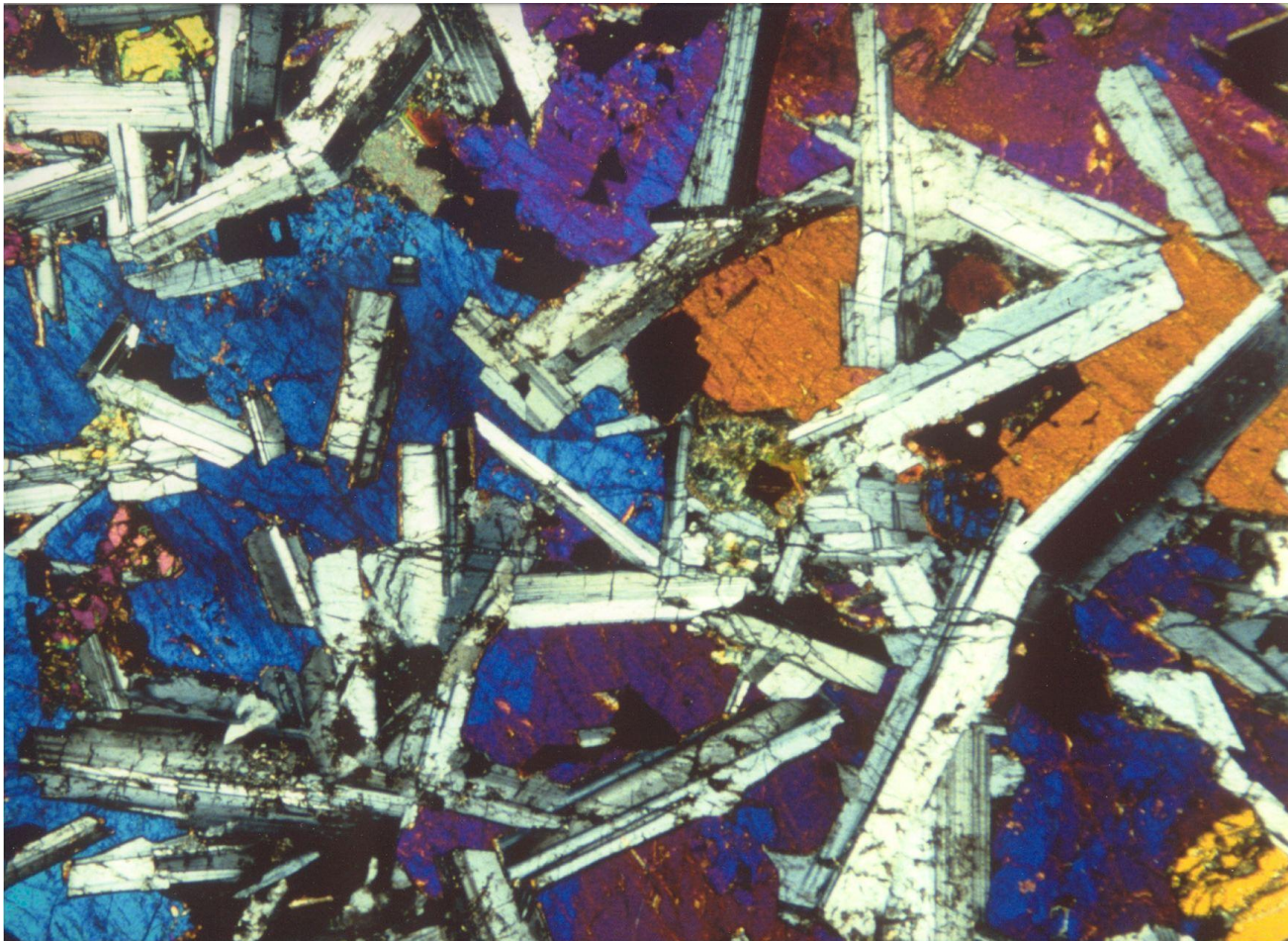
Interferentiekleur (2)

- Elk anisotroop mineraal kent een range van waarden voor de dubbelbreking: van 0 tot maximaal
- Dus laat elk anisotroop mineraal een scala aan interferentiekleuren zien
- De kleur die bij de maximale dubbelbreking hoort is karakteristiek!

Kwarts in zandsteen

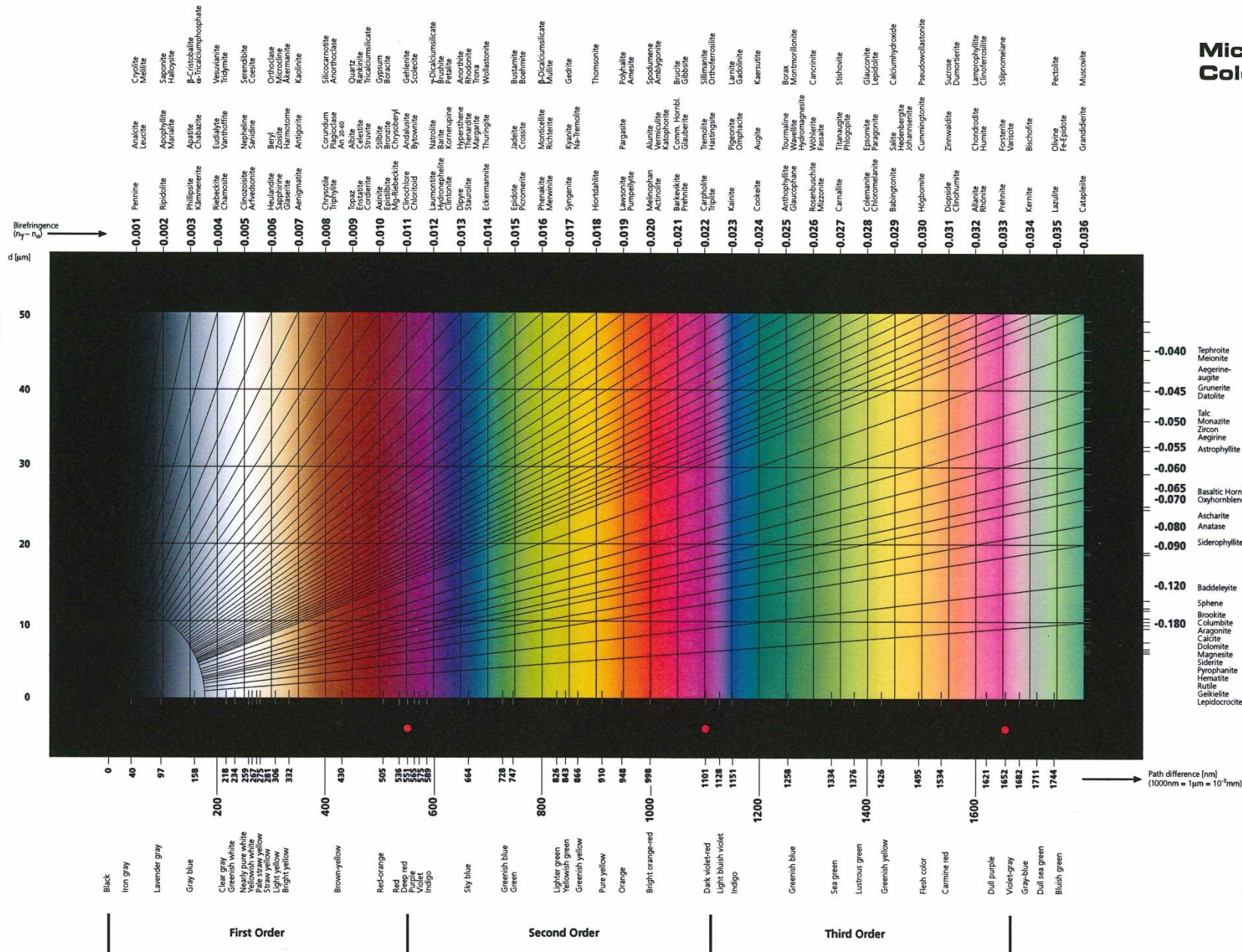


Augiet en plagioklaas in gabbro



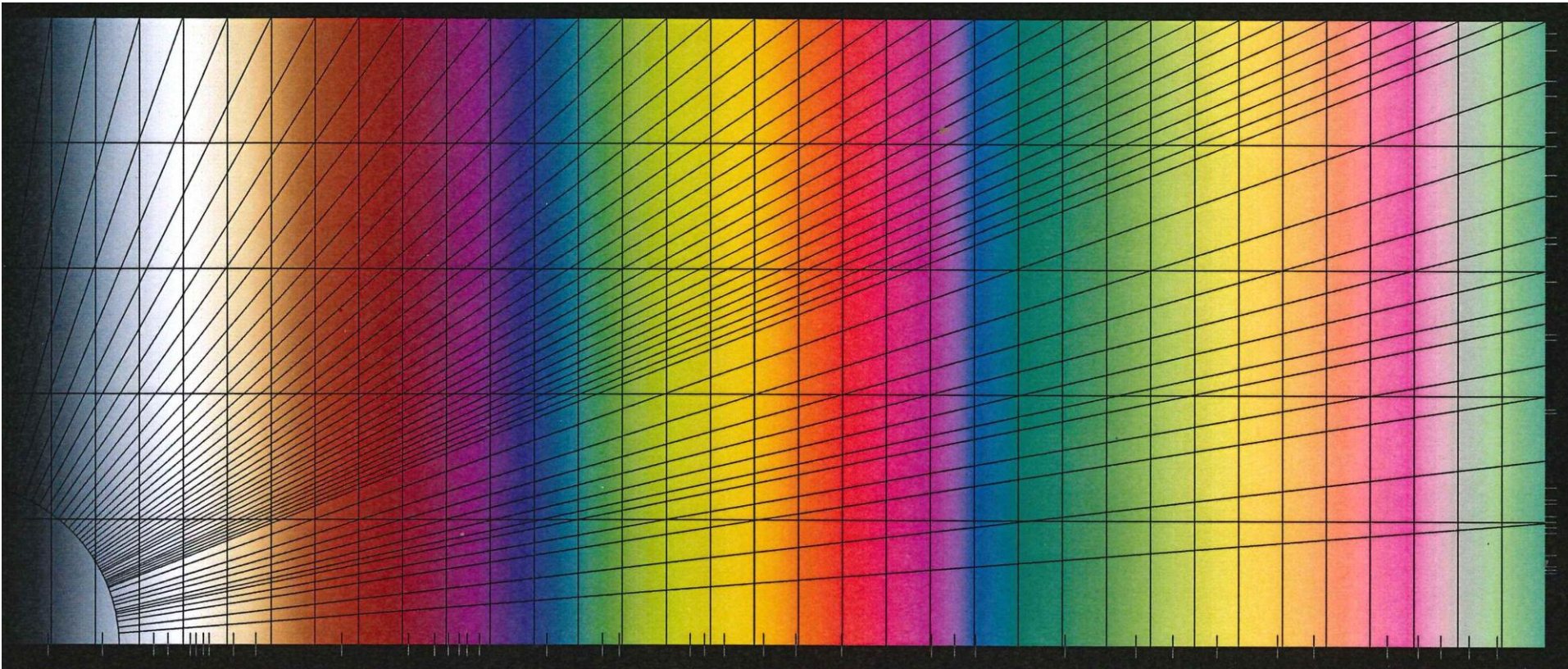
Interferentiekleur (3): Michel Lévy

Michel-Lévy Color Chart



We make it visible.

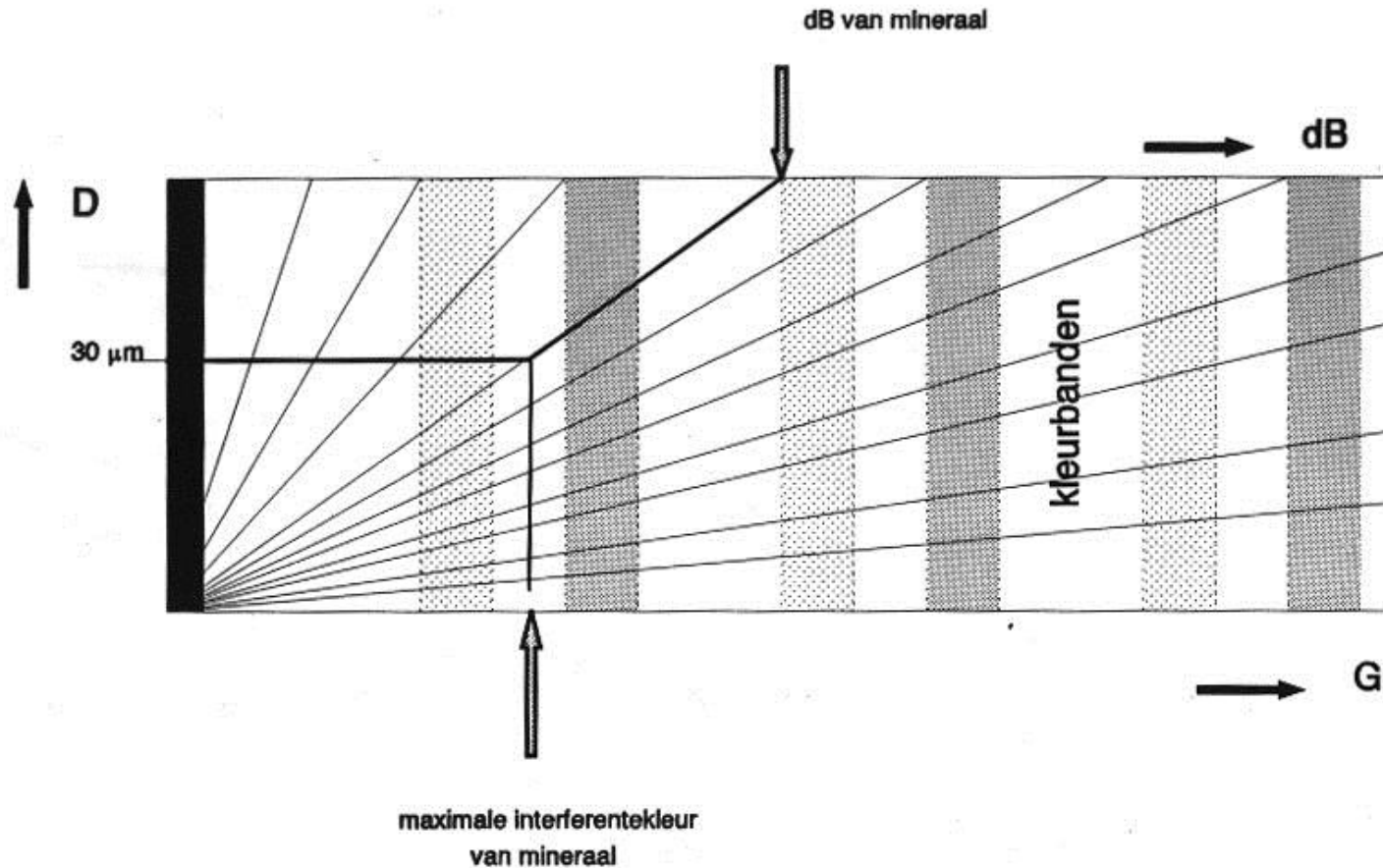
Interferentiekleur (4)



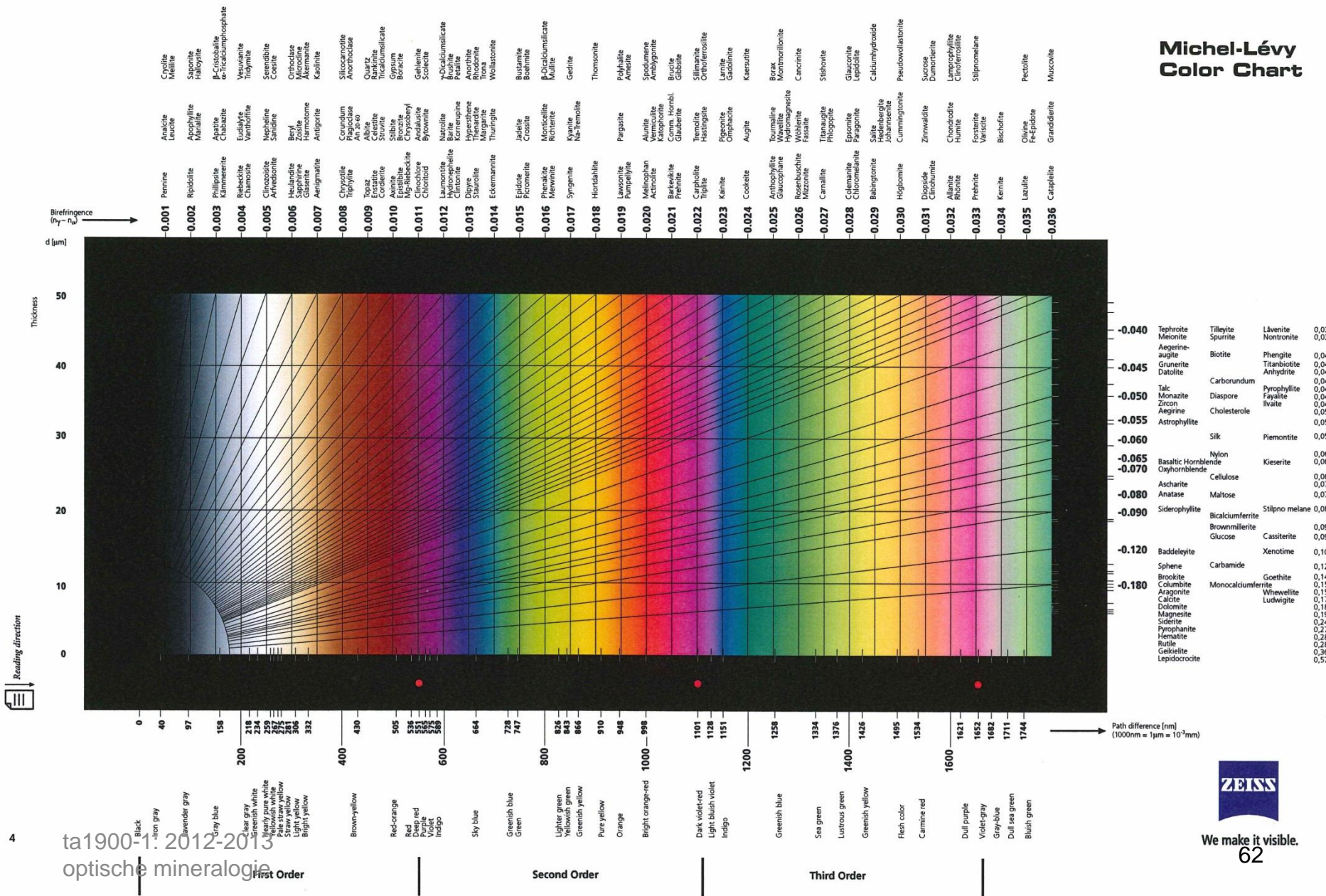
$$G = d(n_z - n_x) = d(\text{dB})$$

- Er is dus een lineair verband tussen G en dB
- G is een faseverschil, eenheid: nm
- $d = 30\mu\text{m} = 30.000 \text{ nm}$
- $\text{dB} = G/d$: getal zonder eenheid
- dB is af te lezen op de kleurenkaart

Van G naar dB (1)



Van G naar dB (2)



**Michel-Lévy
Color Chart**



We make it visible.

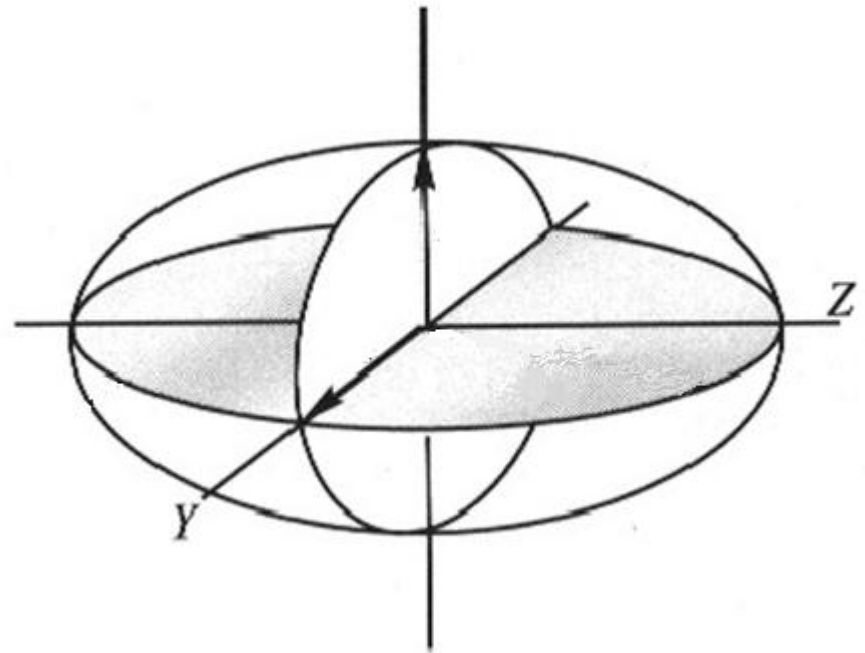
Indicatrix (1)

- Voor alle mineralen zijn de waarden voor de brekingsindex vastgelegd in een ruimtelijk lichaam
- Ook de waarden voor de dubbelbreking zijn m.a.w. in dit geconstrueerde lichaam vastgelegd.
- Dit lichaam wordt een **indicatrix** genoemd

Indicatrix (2)

- De indicatrix kent vier basisvormen:
 - bol
 - omwentelingsymmetrische ellipsoïde:
 - met een langgerekte vorm
 - met een afgeplatte vorm
 - algemene ellipsoïde
- Elk mineraal heeft een indicatrix met karakteristieke afmetingen

De indicatrix van calciet (1)



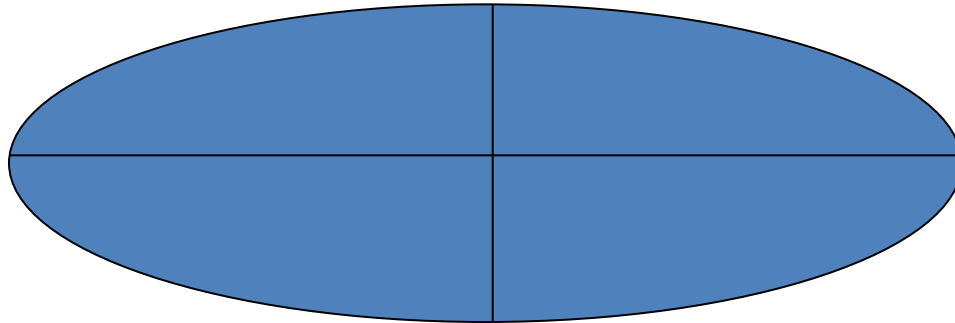
Ellips van doorsnede (1)

- Wordt een mineraal doorgesneden dan wordt ook de indicatrix doorgesneden, altijd door z'n middelpunt.
- De doorsnede van een indicatrix geeft altijd een ellips, de zogenaamde 'ellips van doorsnede'

Ellips van doorsnede (2)

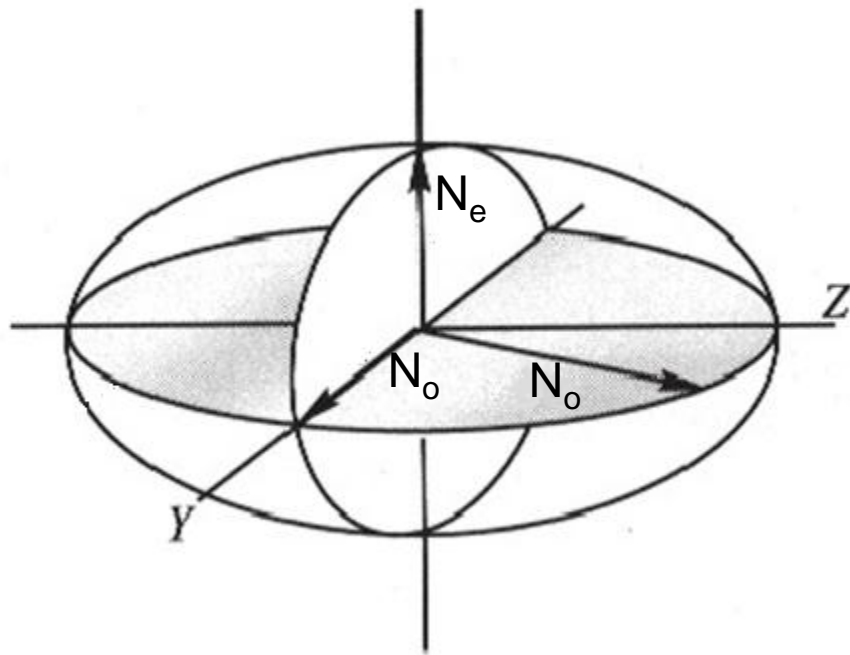
- De ellipticiteit van deze ellips van doorsnede is variabel
- Elke indicatrix heeft een ellips van doorsnede met een minimale ellipticiteit
- Elke indicatrix heeft een ellips van doorsnede met een maximale ellipticiteit
- Tussen deze uiterste waarden varieert de vorm van de ellips van doorsnede 'traploos'

Ellips van doorsnede (3)

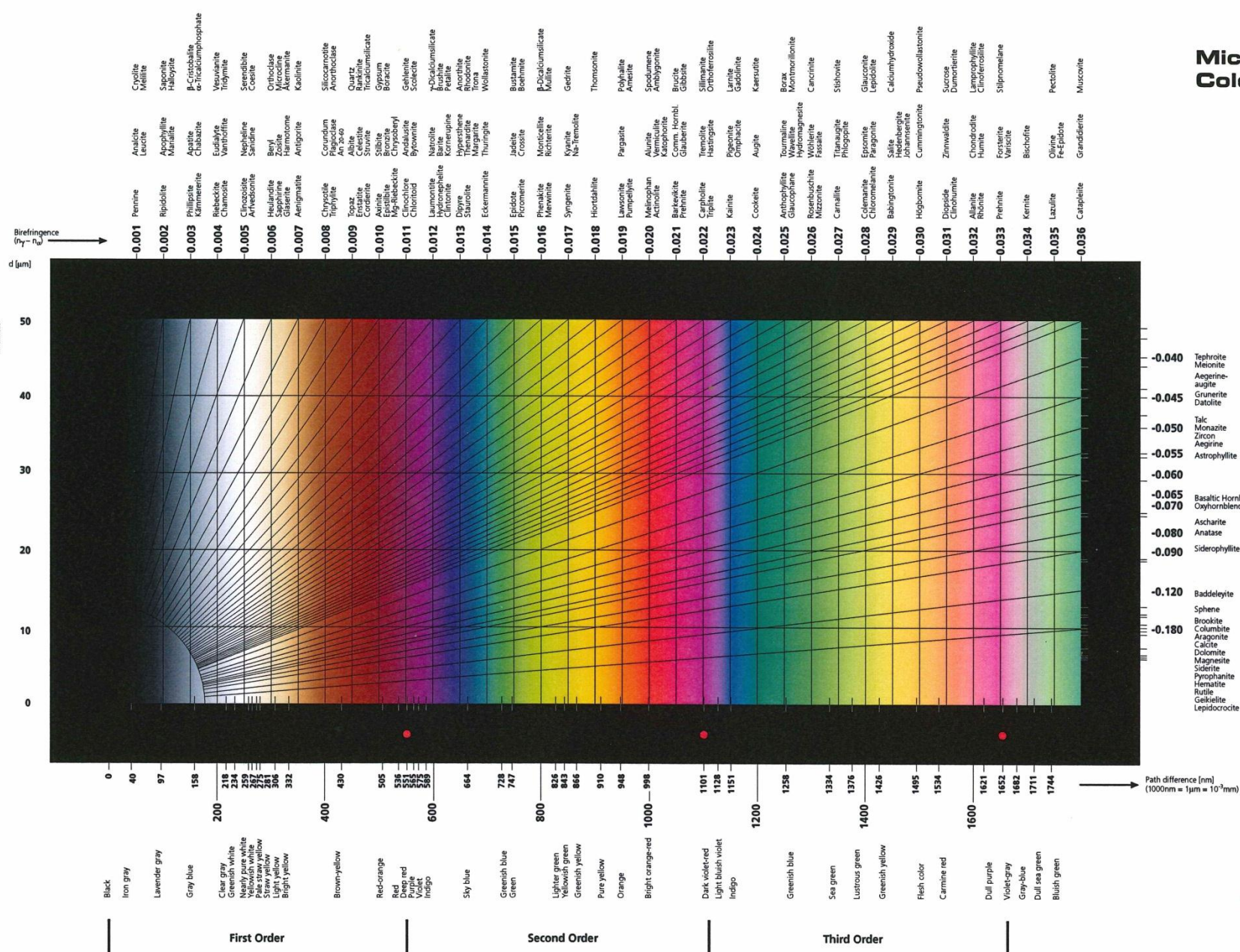


- De assen geven de polarisatierichting van de twee deelstralen weer
- De lengten van de assen geven de waarden voor n van de deelstralen weer
- Het verschil in lengte geeft de dB weer

De indicatrix van calciëet (2)

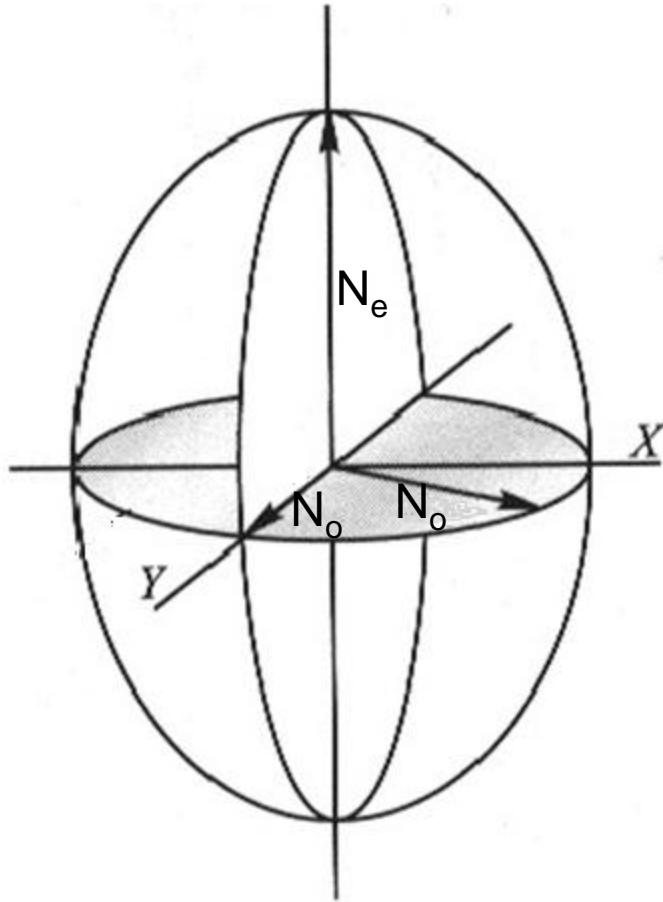


Michel-Lévy Color Chart

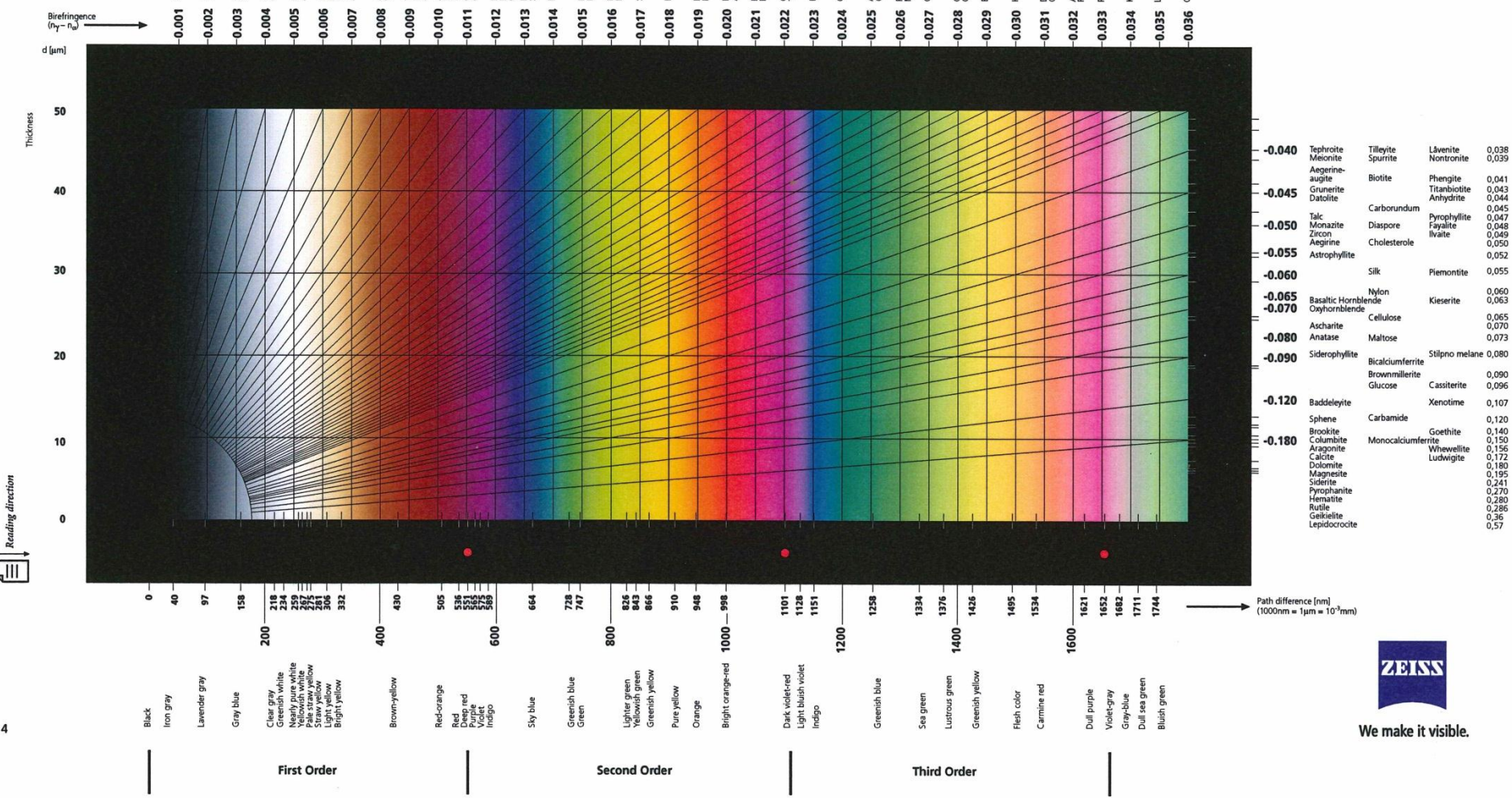


We make it visible.

De indicatrix van kwarts



Michel-Lévy Color Chart

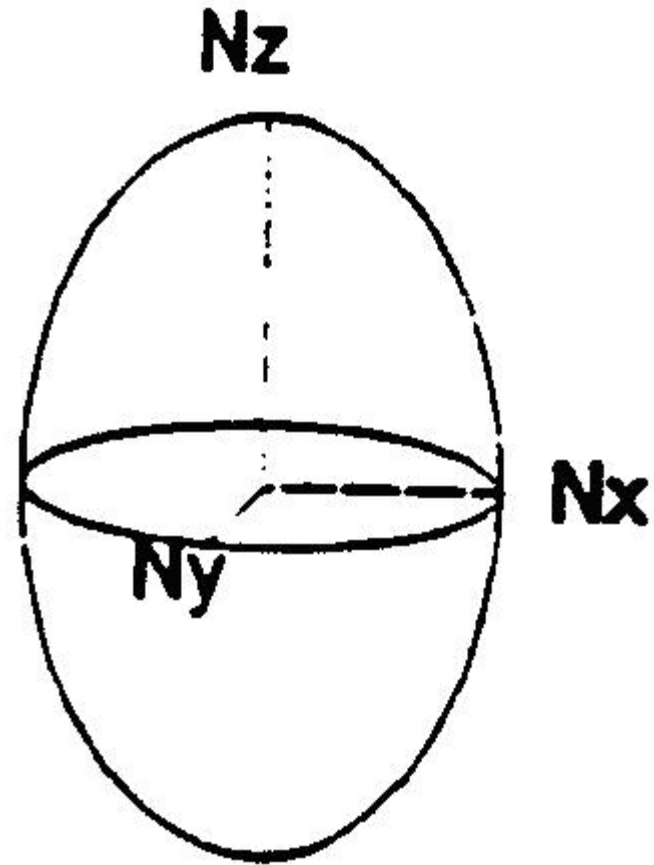


Welke kristalstelsels hebben een indicatrix die omwentelings-symmetrisch is?

trigonaal, tetragonaal en hexagonaal stelsel

Algemene ellipsoïde

- $n_z > n_{ij} > n_x$
- Bij welke kristalstelsels hoort deze indicatrix?



Bolvormige indicatrix

- Welke kristalstelsels hebben een bolvormige indicatrix?
- Wat is de maximale dB van mineralen met een bol als indicatrix?
- Welke interferentiekleur hoort daarbij?

Uitdoving (1)

Anisotrope mineralen kunnen zo doorgesneden zijn dat ze géén interferentiekleur laten zien:

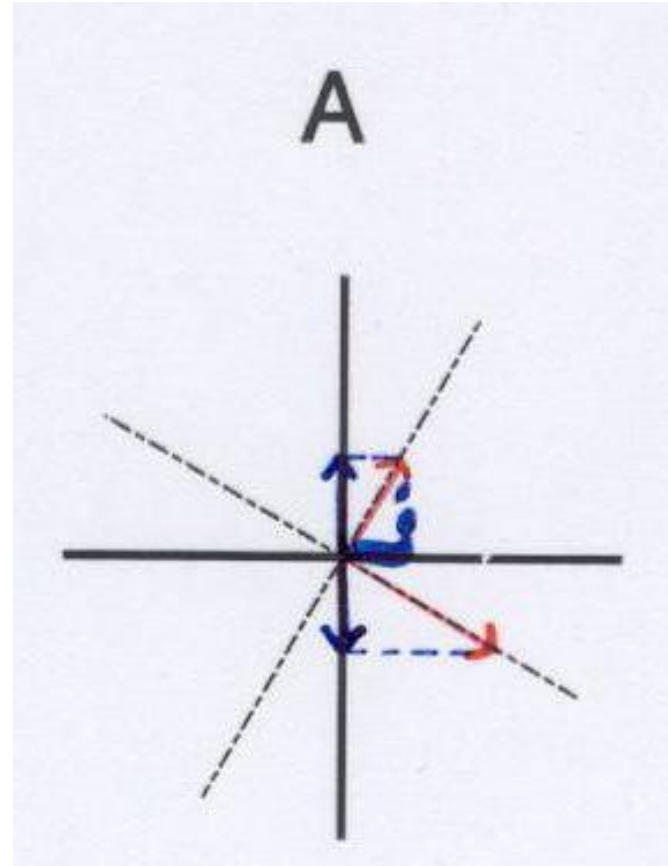
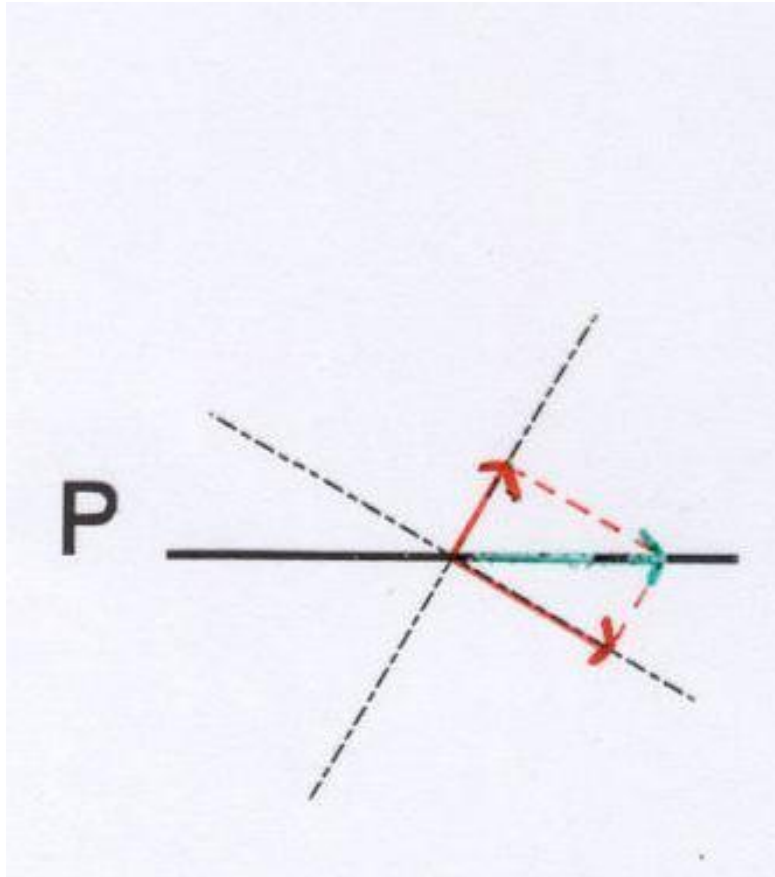
- Het mineraal ligt in de uitdovingsstand
- Ellips van doorsnede heeft een cirkelvorm

Uitdoving (2)

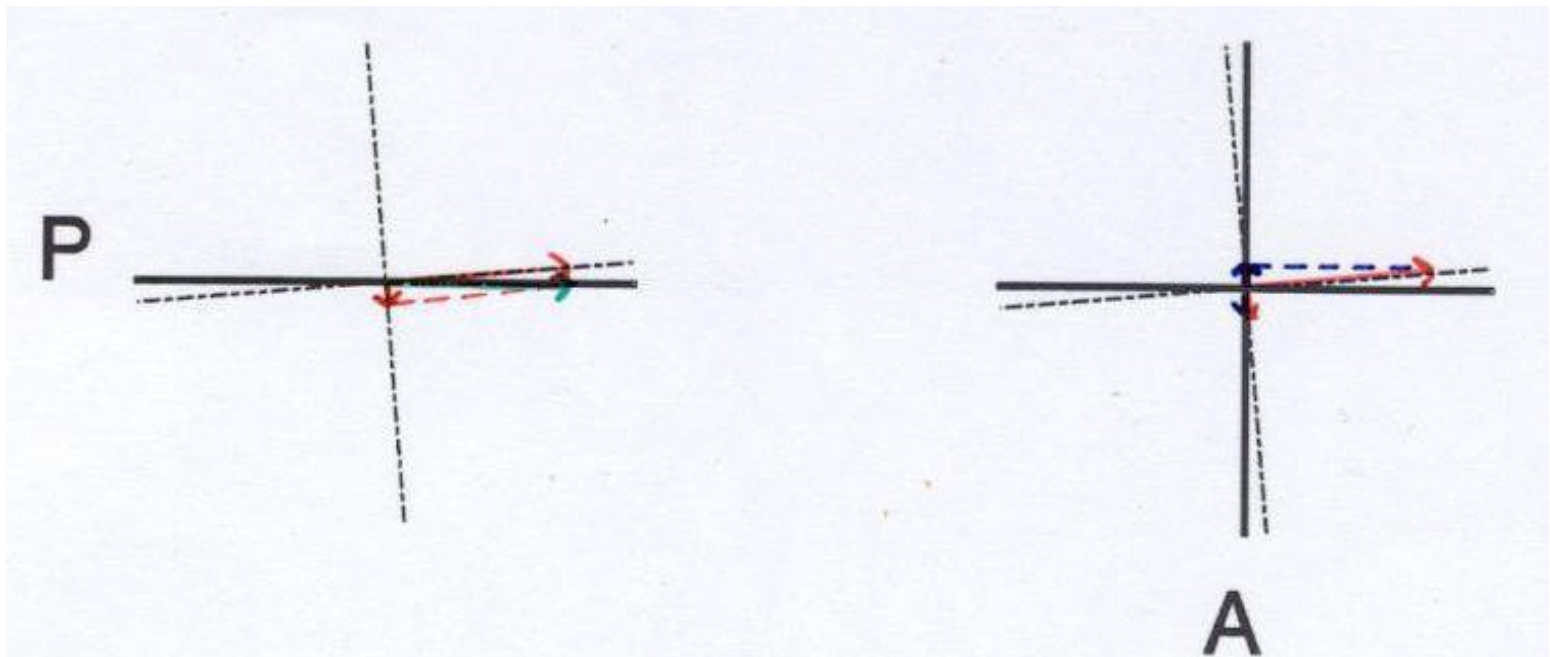
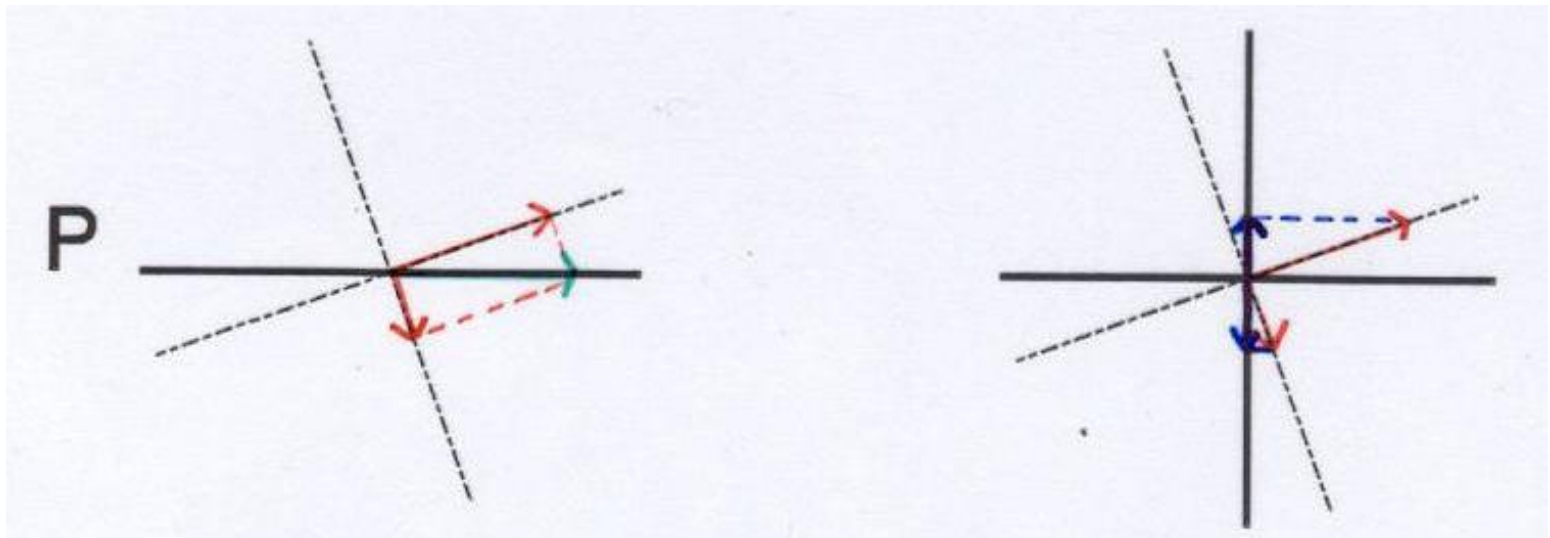
Anisotrope mineralen kunnen zo doorgesneden zijn dat ze géén interferentiekleur laten zien:

- Het mineraal ligt in de uitdovingsstand
- De ellips van doorsnede heeft een cirkelvorm

Uitdovingsstand



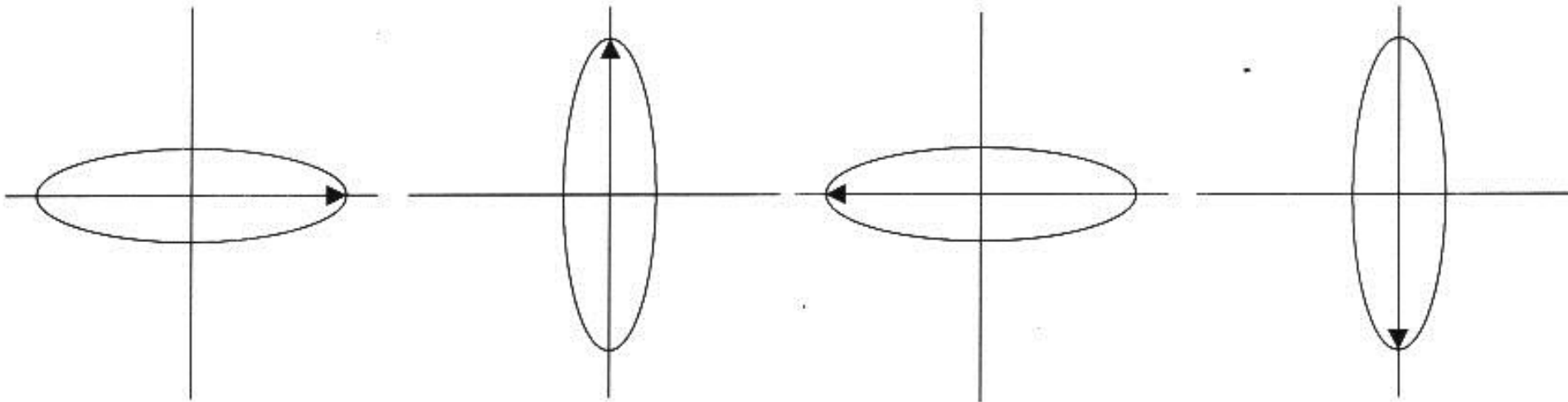
----- : assen van de ellips van doorsnede



----- : assen van de ellips van doorsnede

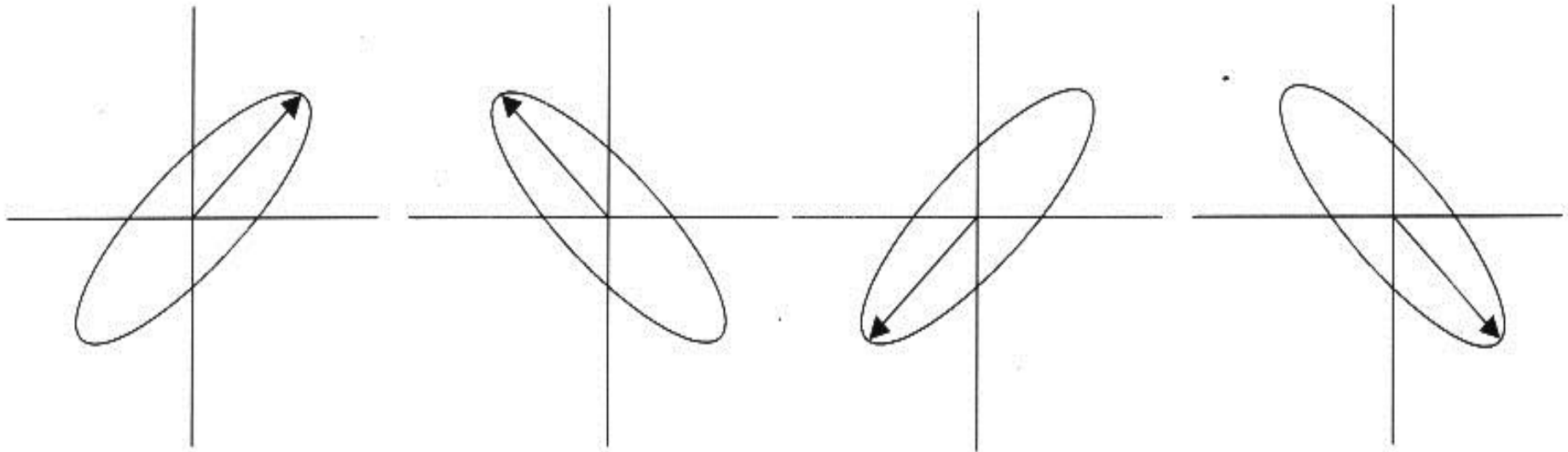
uitdoovingsstand = 0°-stand

Tijdens 360° ronddraaien vindt 4 x uitdooving plaats.



45°-standen

- De standen met de helderste interferentiekleuren zitten precies tussen de uitdoovingsstanden in



Uitdoving (3)

Anisotrope mineralen kunnen zo door-gesneden zijn dat ze géén interferentiekleur laten zien:

- Het mineraal ligt in de uitdovingsstand
- Ellips van doorsnede heeft een cirkelvorm
- Waarom vindt uitdoving plaats als de ellips van doorsnede cirkelvormig is?

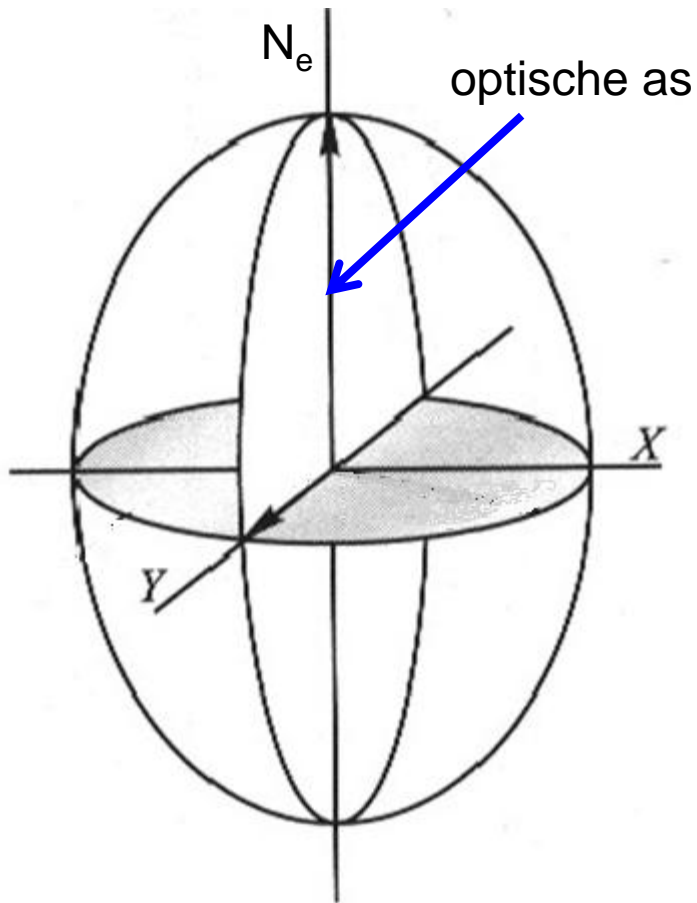
- De cirkelsnede van de ellips van doorsnede van een anisotroop mineraal gedraagt zich als een isotroop mineraal
- Het wordt de **isotrope snede** genoemd
- De loodlijn op de cirkelsnede wordt de **optische as** genoemd

Alle indicatrices van anisotrope mineralen hebben ten minste één doorsnede die cirkelvormig is.

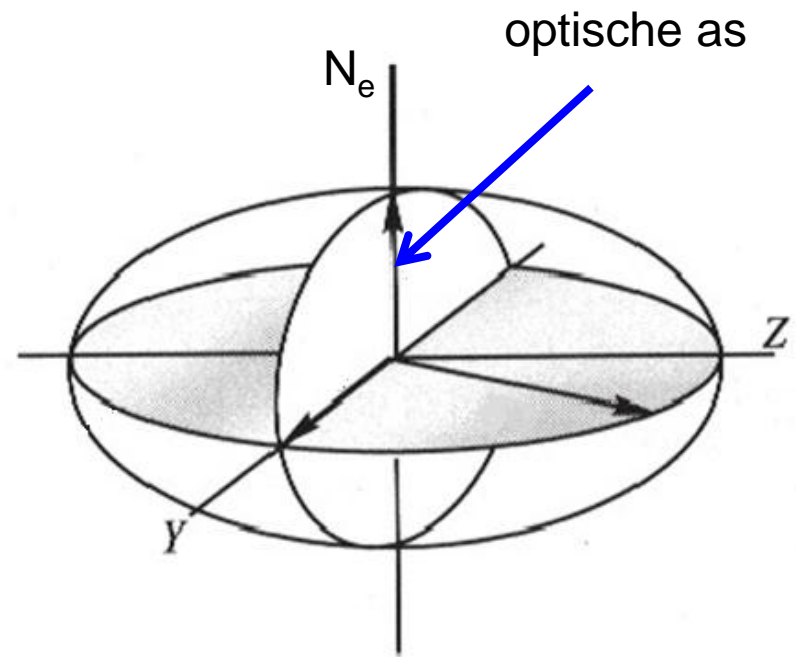
De optische as (1)

- Een indicatrix met de vorm van een omwentelings-ellipsoïde heeft 1 cirkelvormige doorsnede.
- Mineralen met een dergelijke indicatrix zijn dus **optisch 1-assig**.
- Er bestaan zowel optisch 1-assige positieve als optisch 1-assige negatieve mineralen.

1-assig positiv:



1-assig negativ:



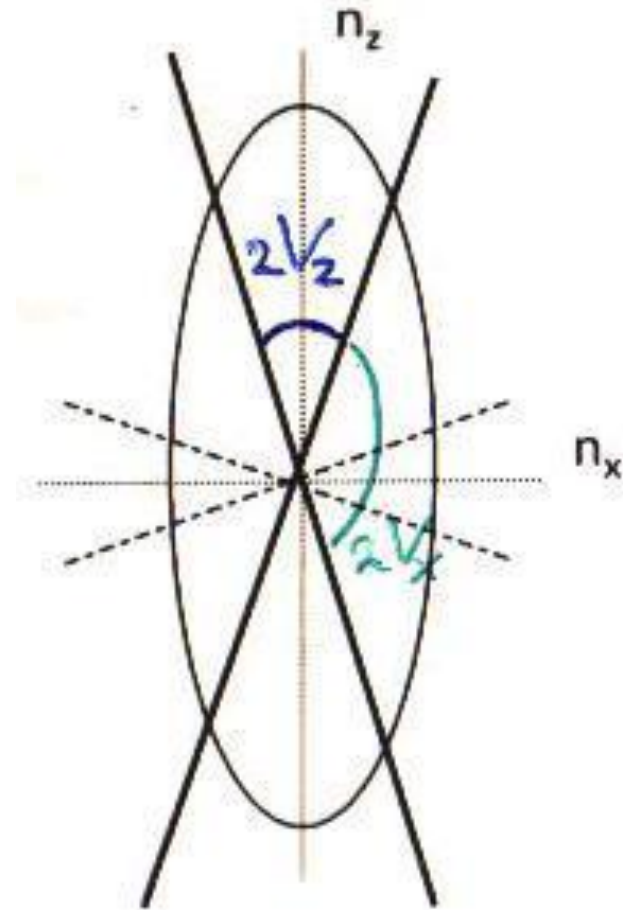
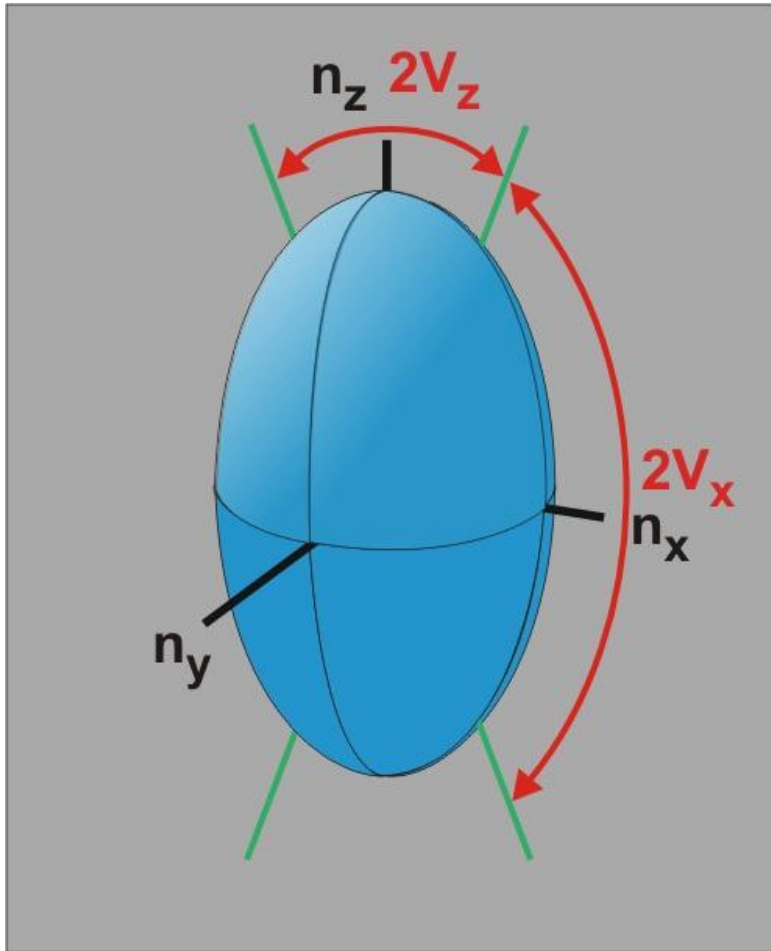
De optische as (2)

- Heeft de indicatrix die de vorm heeft van een algemene ellipsoïde ook een cirkelsnede?
- Ja, deze indicatrices hebben zelfs twee cirkelvormige doorsneden
- en dus twee optische assen.

De optische as (3)

- Mineralen die een algemene ellipsoïde als indicatrix hebben zijn dus **optisch 2-assig**.
- Er bestaan zowel optisch 2-assige positieve als optisch 2-assige negatieve mineralen.

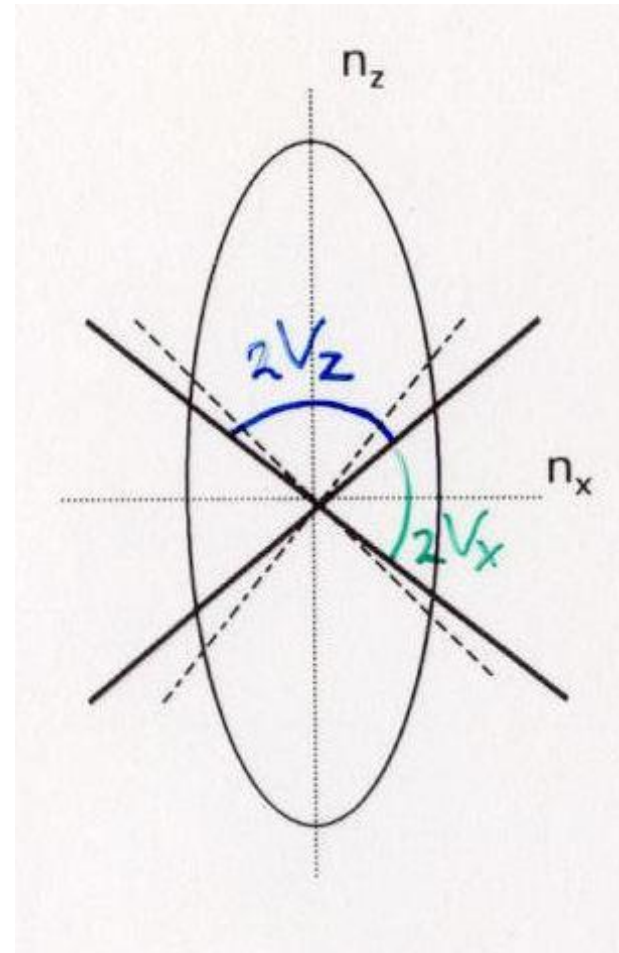
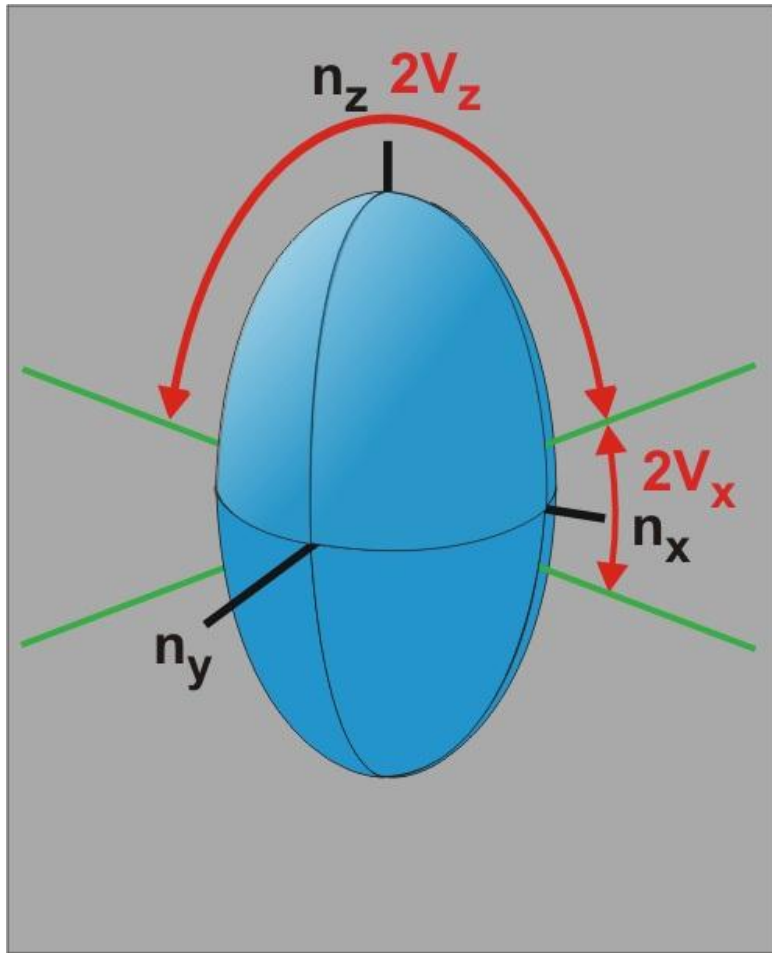
2-assig positief



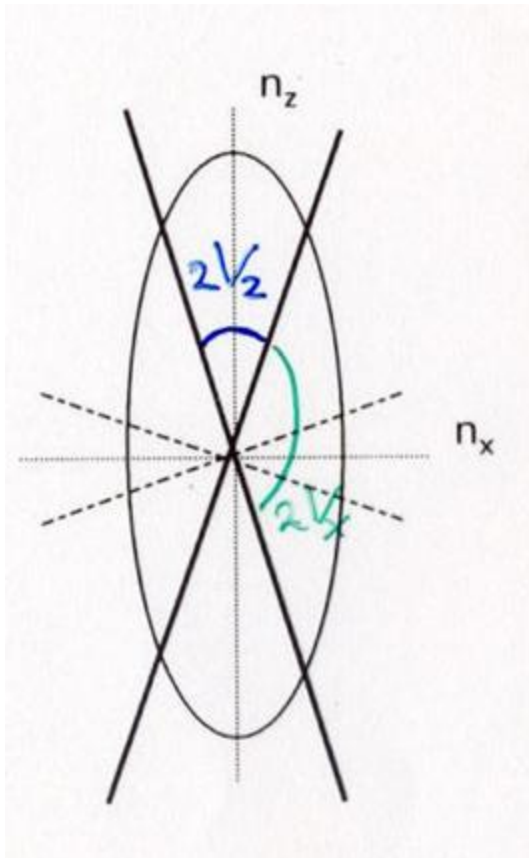
-----: cirkelsnedes

___: optische assen

2-assig negatief



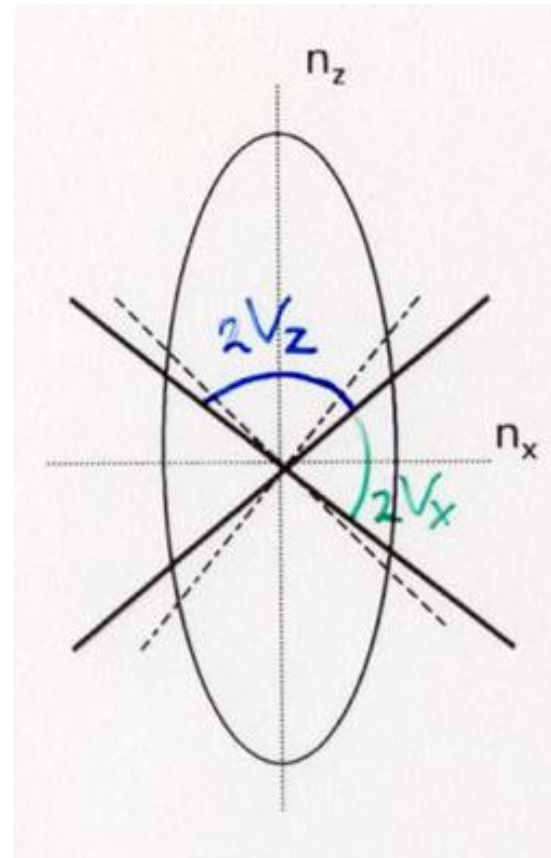
-----: cirkelsnedes
____: optische assen



2-assig positief:

$$2V_z < 90^\circ$$

$$2V_x > 90^\circ$$



2-assig negatief:

$$2V_z > 90^\circ$$

$$2V_x < 90^\circ$$

De optische as (4)

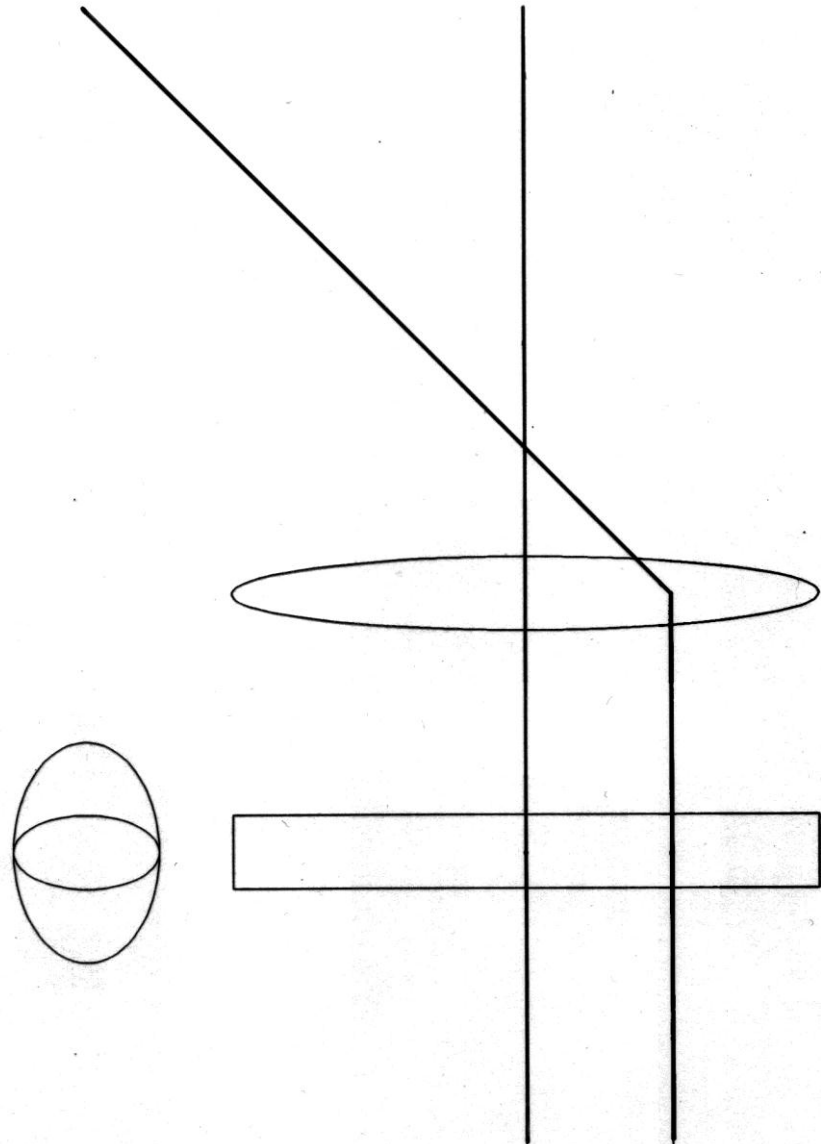
- Optische assen zijn zichtbaar te maken
- Hiervoor wordt een **interferentiefiguur** gemaakt
- Dit interferentiefiguur wordt ook wel een **assenbeeld** genoemd

Interferentiefiguur of assenbeeld

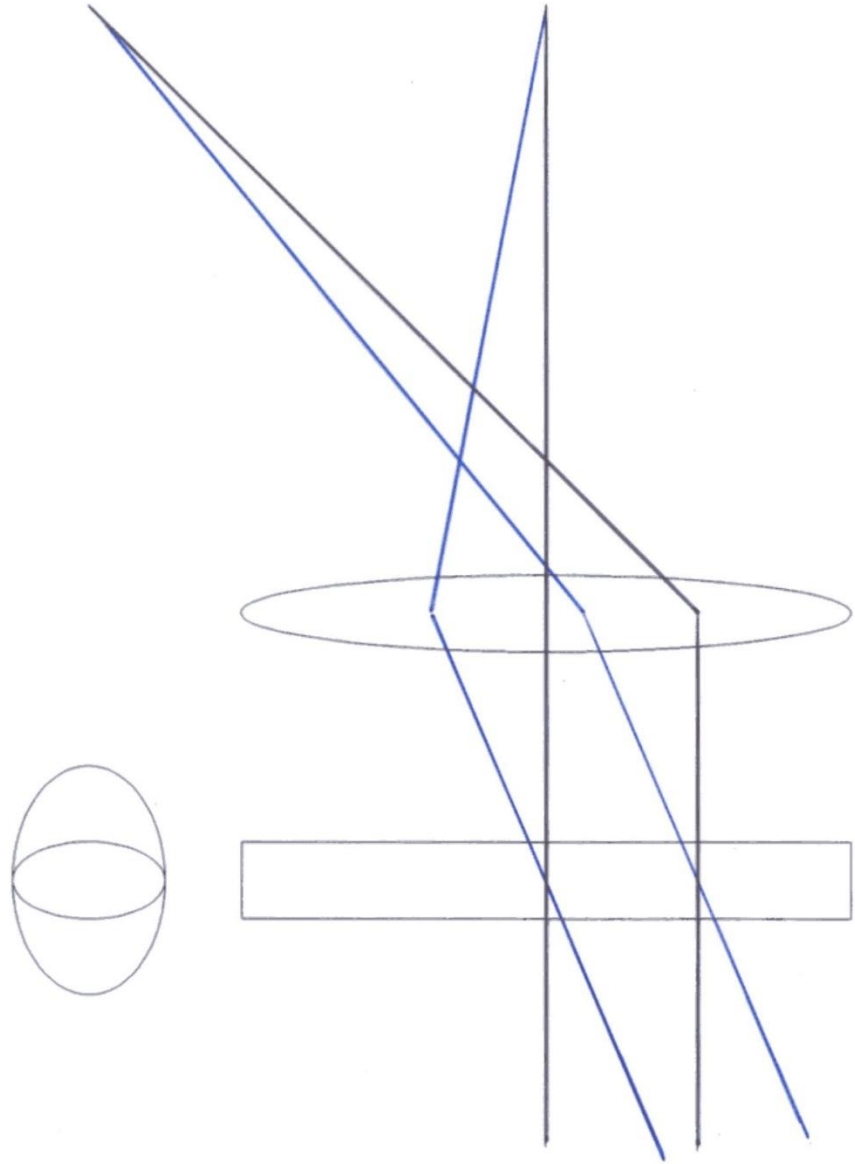
- Een assenbeeld wordt gemaakt door een kegelvormige lichtbundel (conoscopisch licht) op een specifieke doorsnede van het mineraal te laten vallen
- Voor 1-assige mineralen is hiervoor de cirkelsnede van de indicatrix nodig
- Deze snede staat immers loodrecht op de optische as

Assenbeeld kwarts (1)

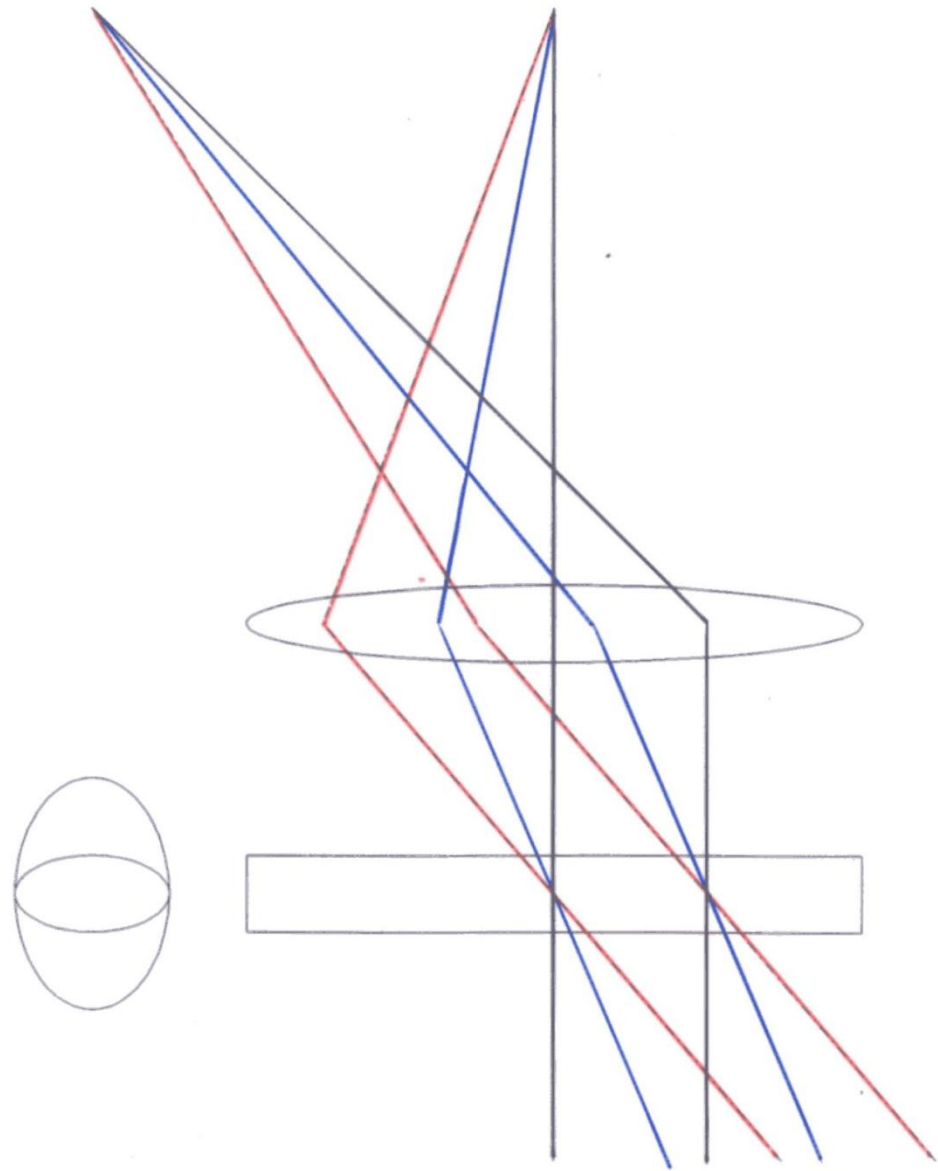
- Kwarts is 1-assig positief
- In de schematische tekening zijn alleen dd en objectief weergegeven



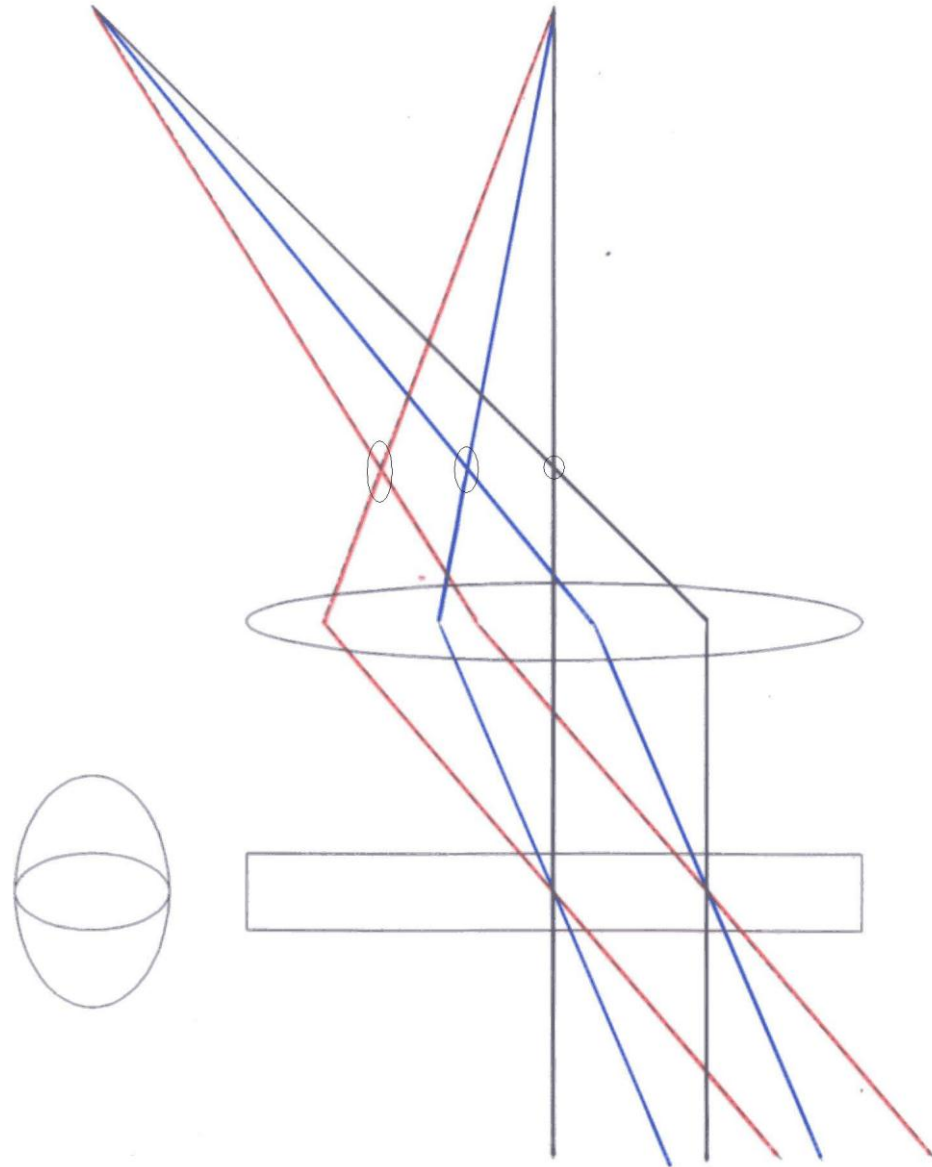
Assenbeeld kwarts (2)



Assenbeeld kwarts (3)

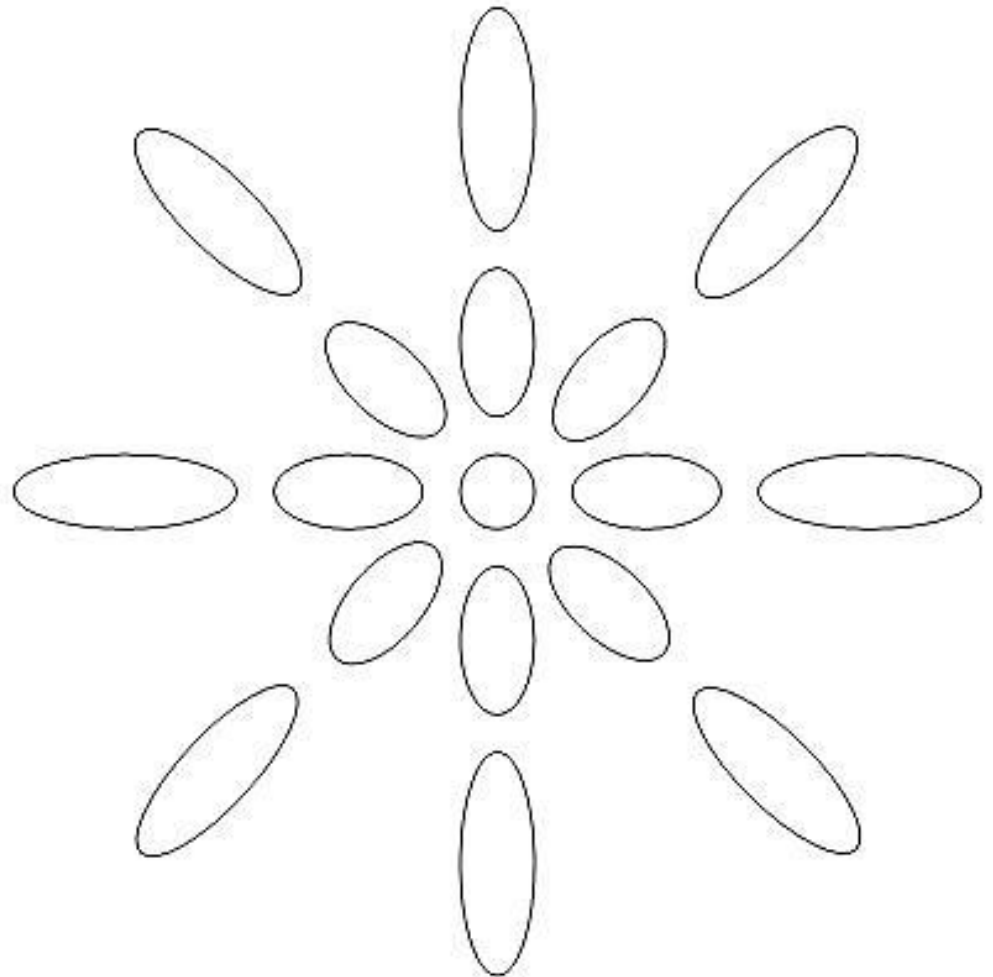


Assenbeeld kwarts (4)

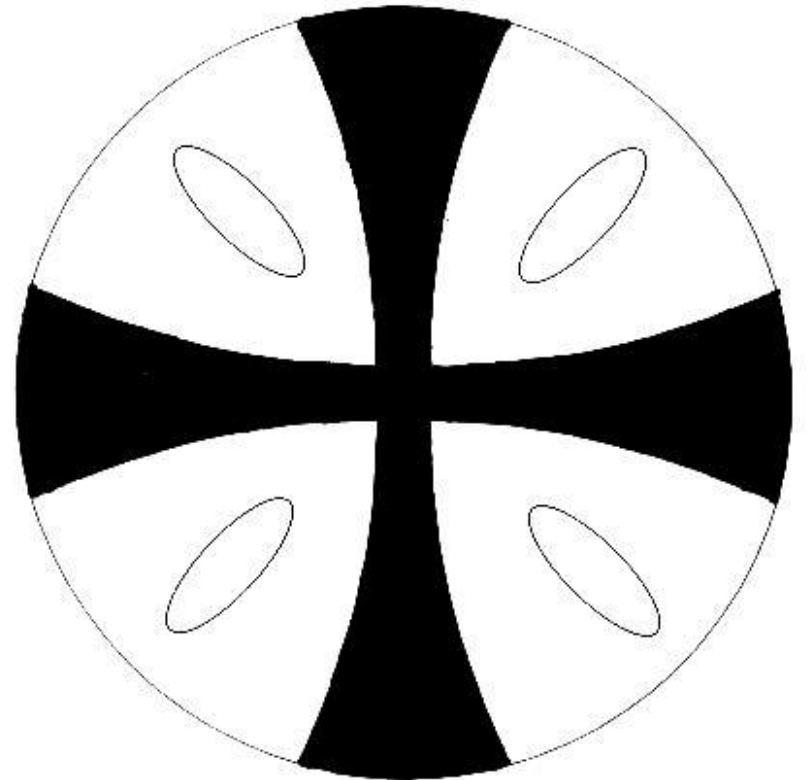
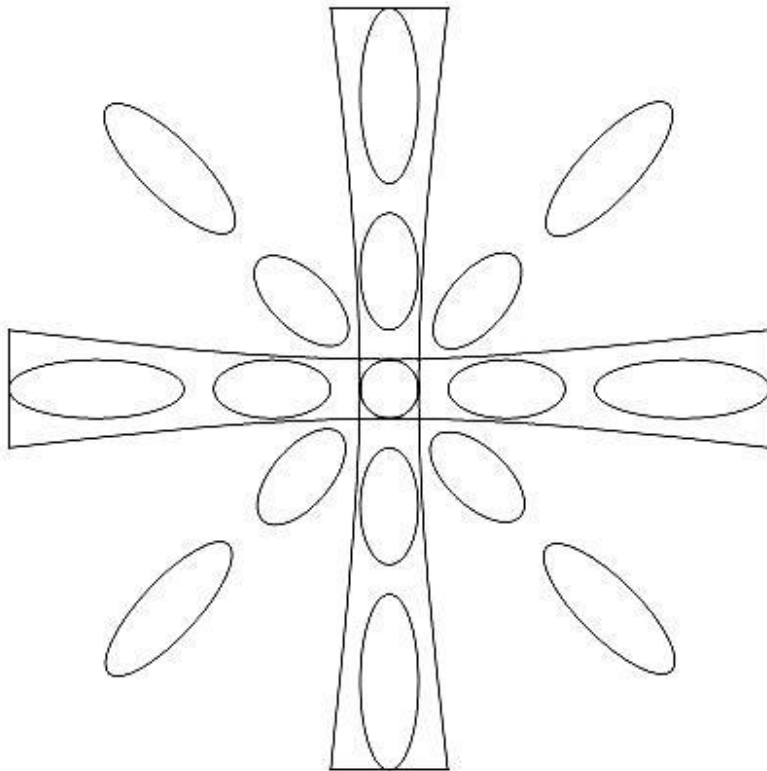


Assenbeeld kwarts (5)

- Van boven 'gezien'
- Schematische weergave: in werkelijkheid zijn ontelbaar veel ellipsen aanwezig

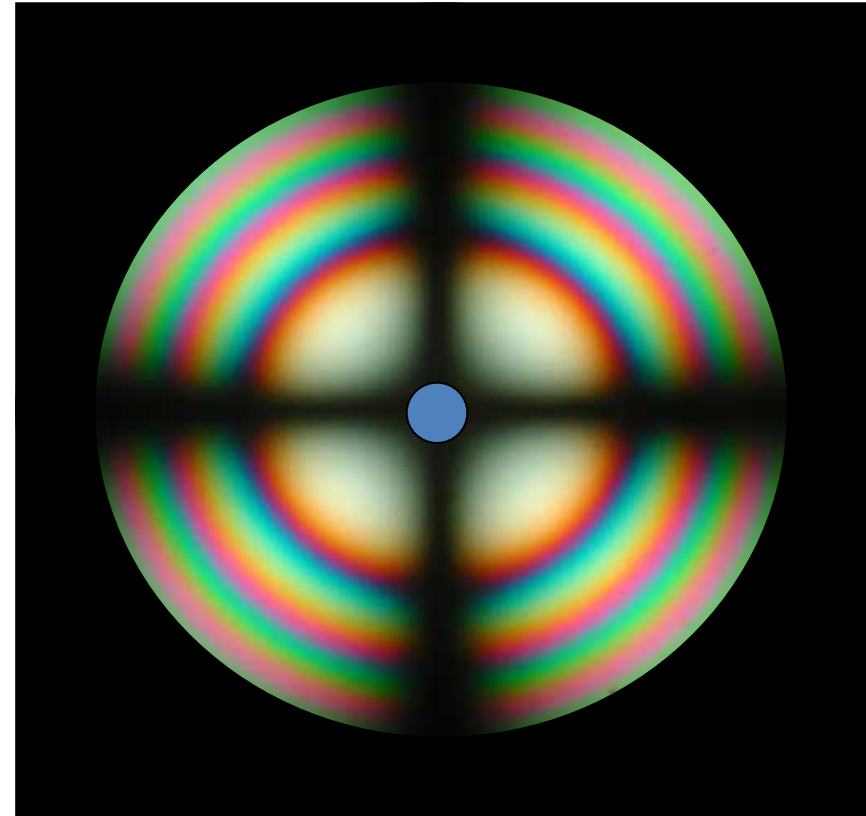


Assenbeeld kwarts (6)



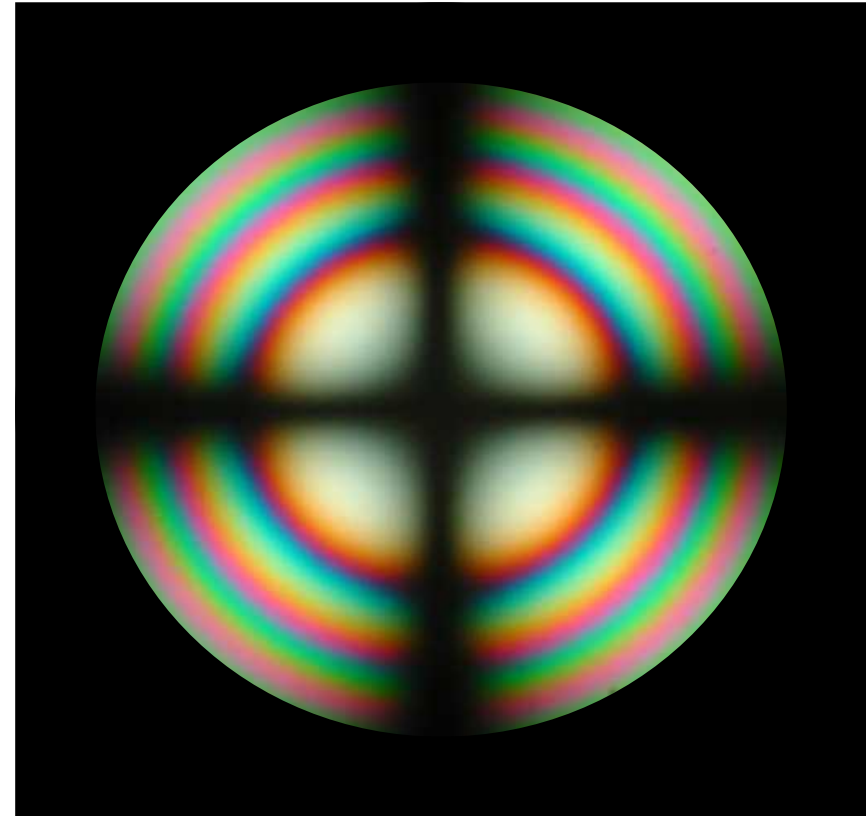
Assenbeeld algemeen (1)

- Ellipsen die in de uitdoovingsstand liggen vormen een zwart kruis
- ●: 'doorprikkpunt' van optische as
- Ellipsen met gelijke ellipticiteit geven cirkels met dezelfde interferentiekleuren:
isochromaten



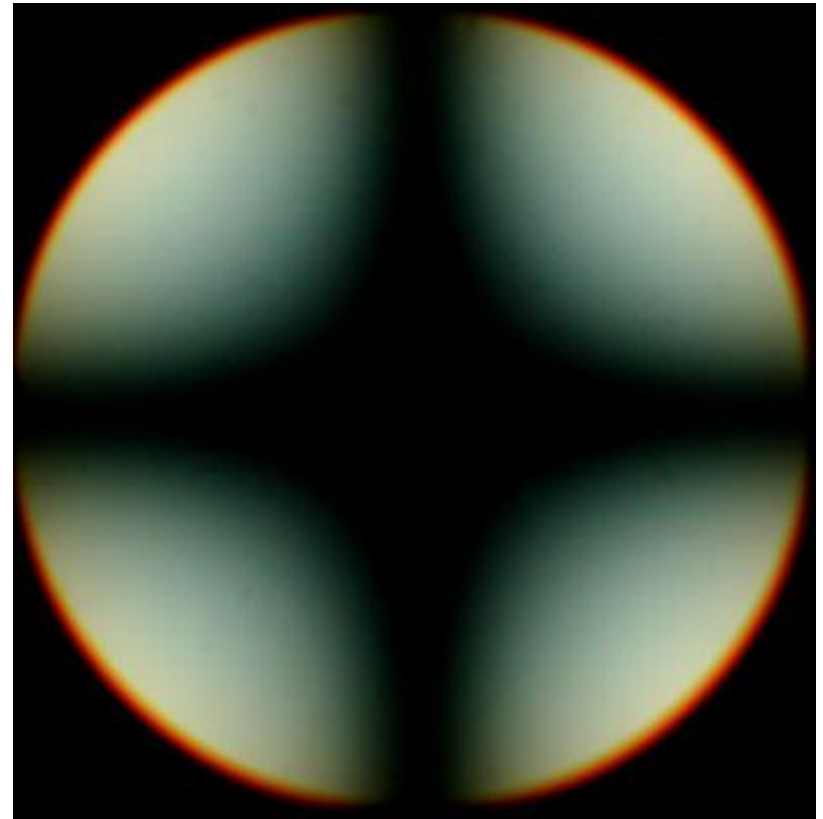
Assenbeeld algemeen (2)

- Welke interferentiekleuren zichtbaar zijn is afhankelijk van de maximale dB van het mineraal

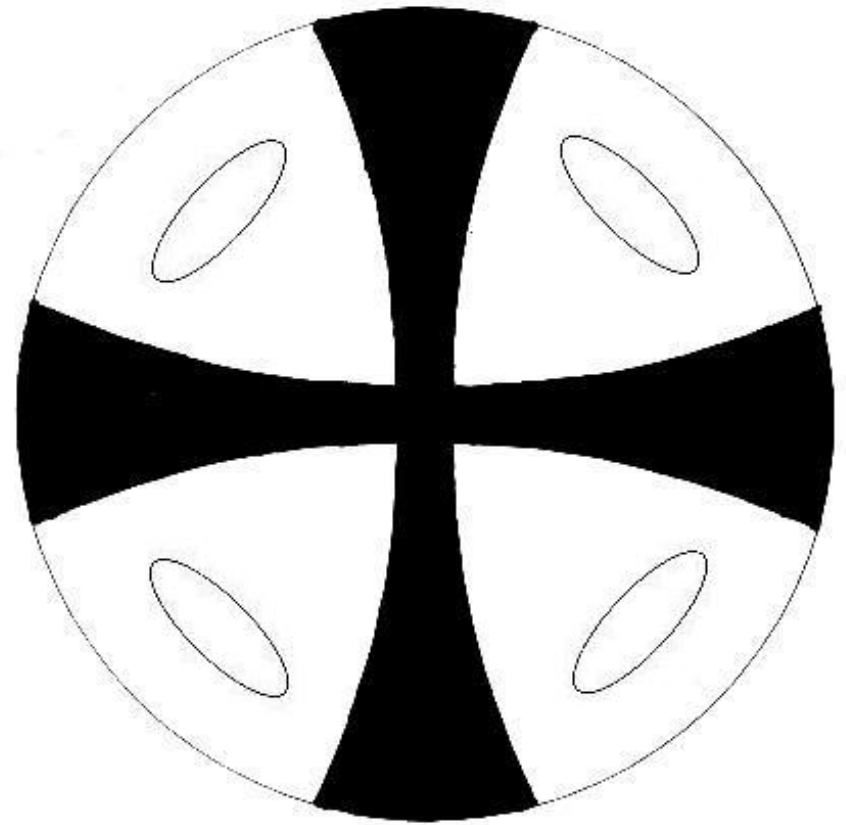
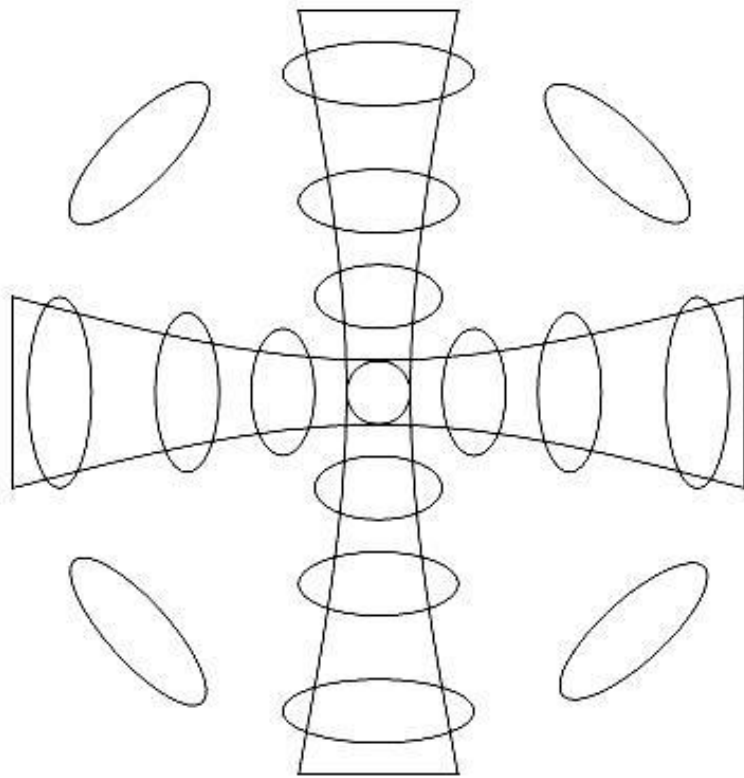


Assenbeeld kwarts (7)

- Kwarts is 1-assig positief
- maximale dB: 0.009
- In het assenbeeld is maximaal lichtgeel van de eerste orde zichtbaar

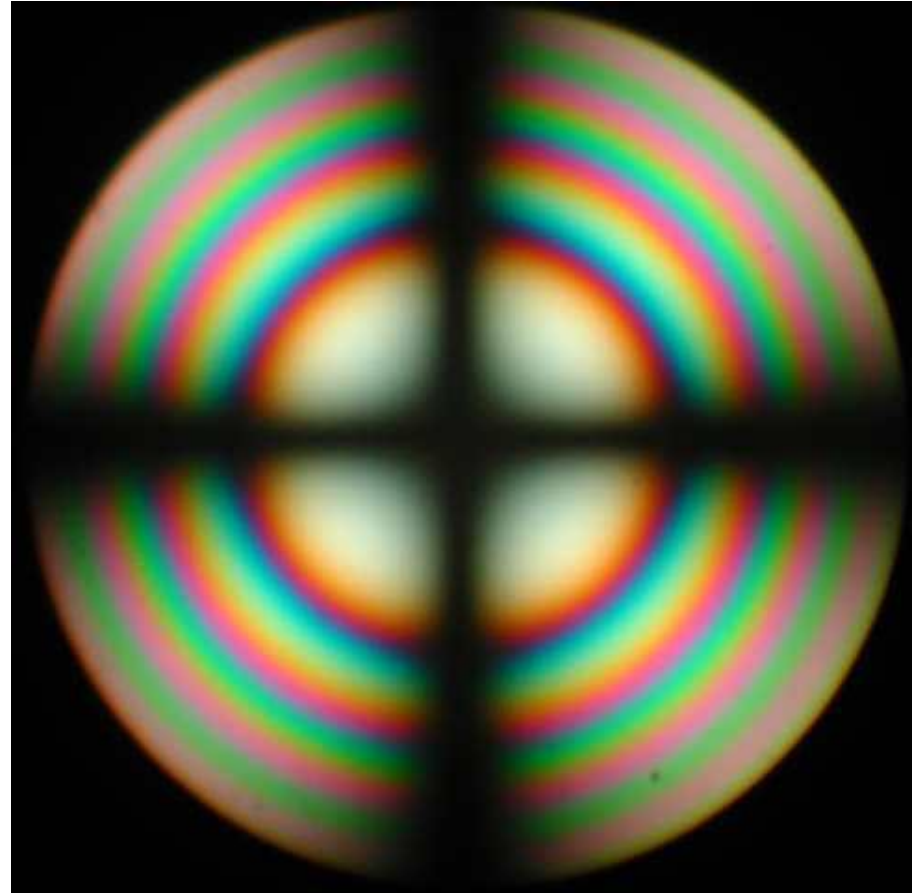


Assenbeeld calciëet (1)



Assenbeeld calciëet (2)

- Calciëet is 1-assig negatief
- maximale dB: 0.180
- In het assenbeeld is maximaal 'wit hoger orde' zichtbaar

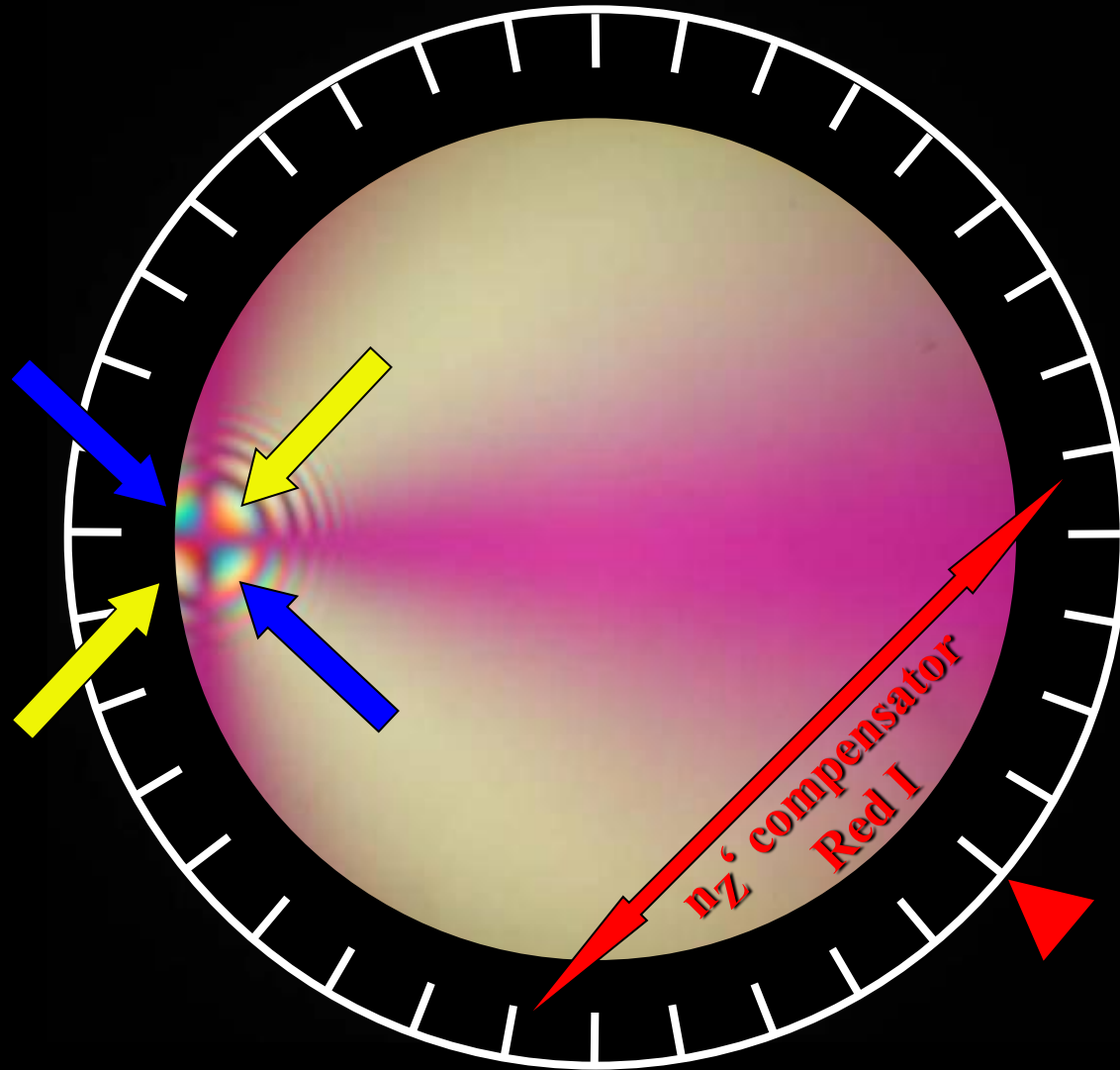


Als je doorsnede precies evenwijdig is aan de circelsnede van de indicatrix blijft het kruis op z'n plaats als de microscooptafel wordt rondgedraaid.

Wat zie je als je doorsnede niet precies evenwijdig is aan de circelsnede van de indicatrix en de tafel wordt gedraaid?

Interference Figures of Uniaxial Crystals

The animation starts a few seconds after the next click.

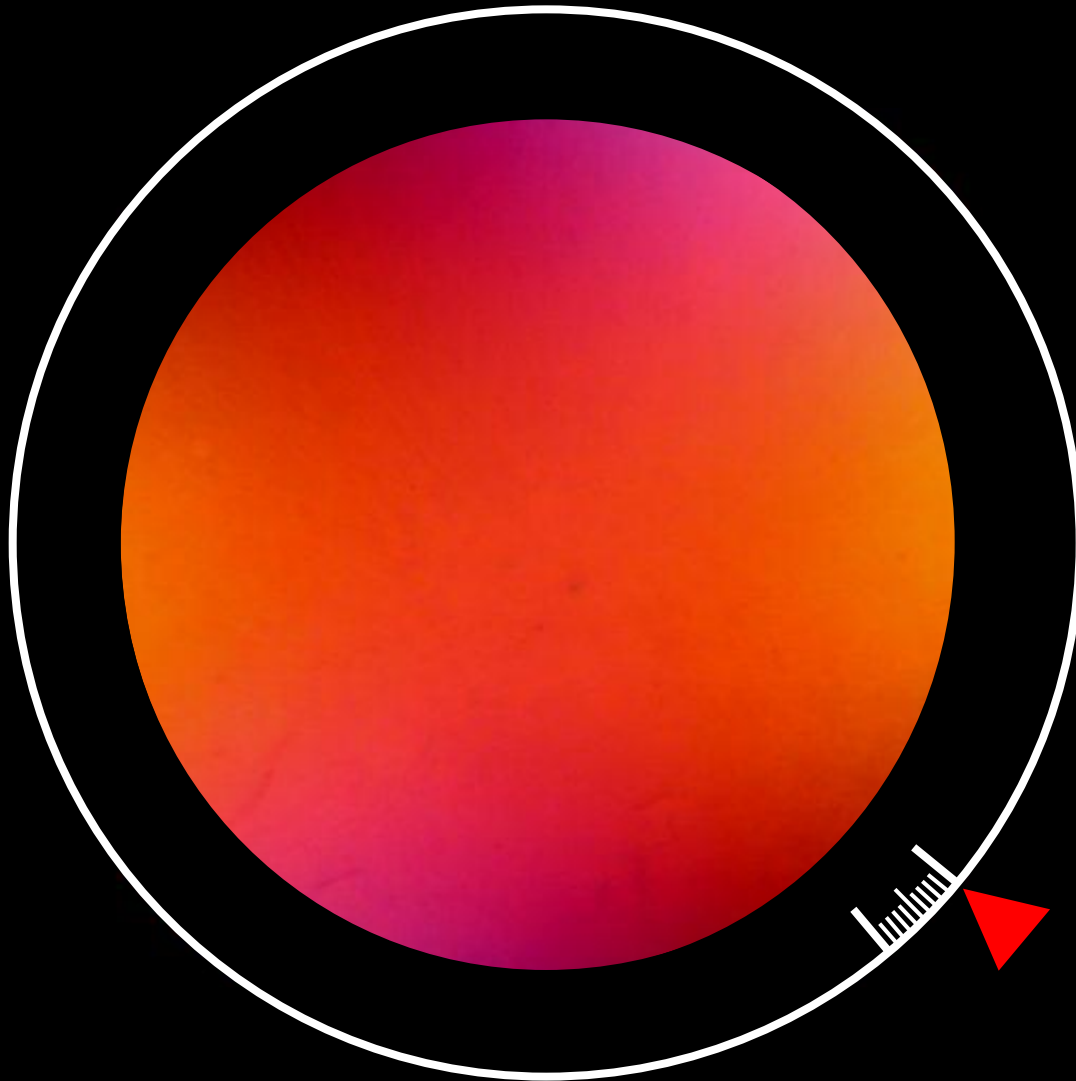


optic sign (-), semi random orientation

Olaf Medenbach

Interference figure of an uniaxial crystal cut parallel c

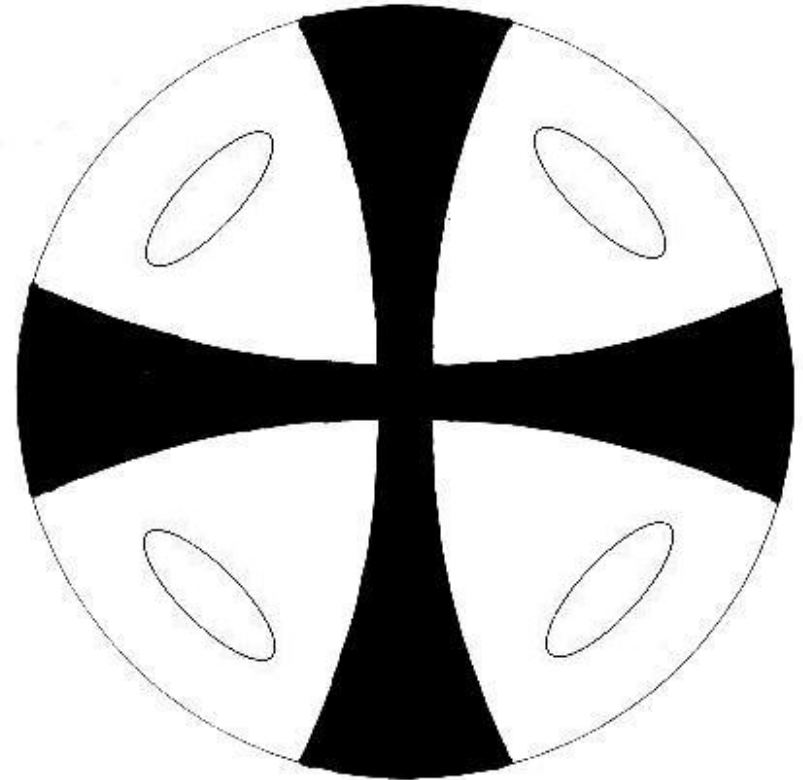
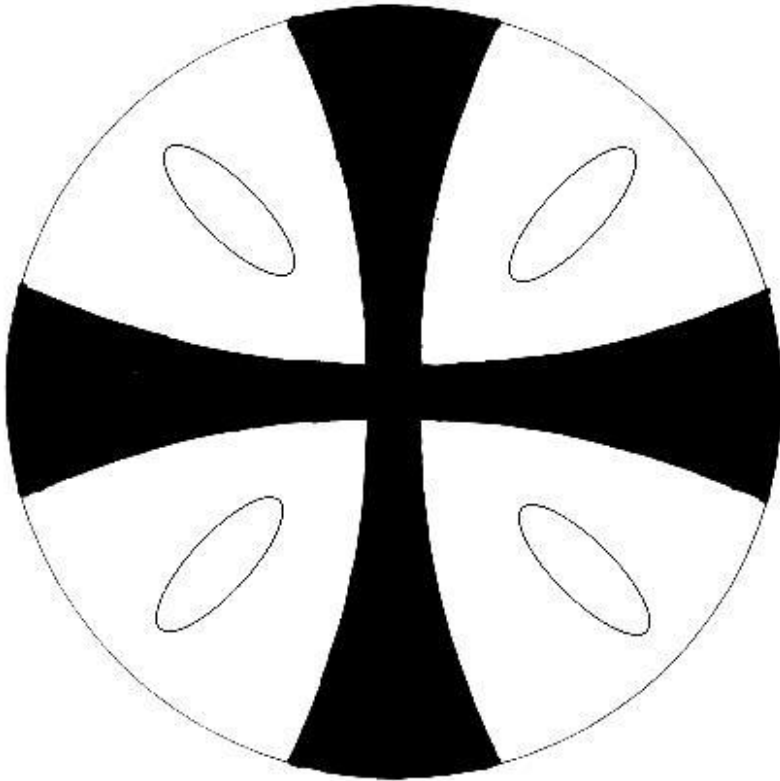
The animation starts a few seconds after the next click.



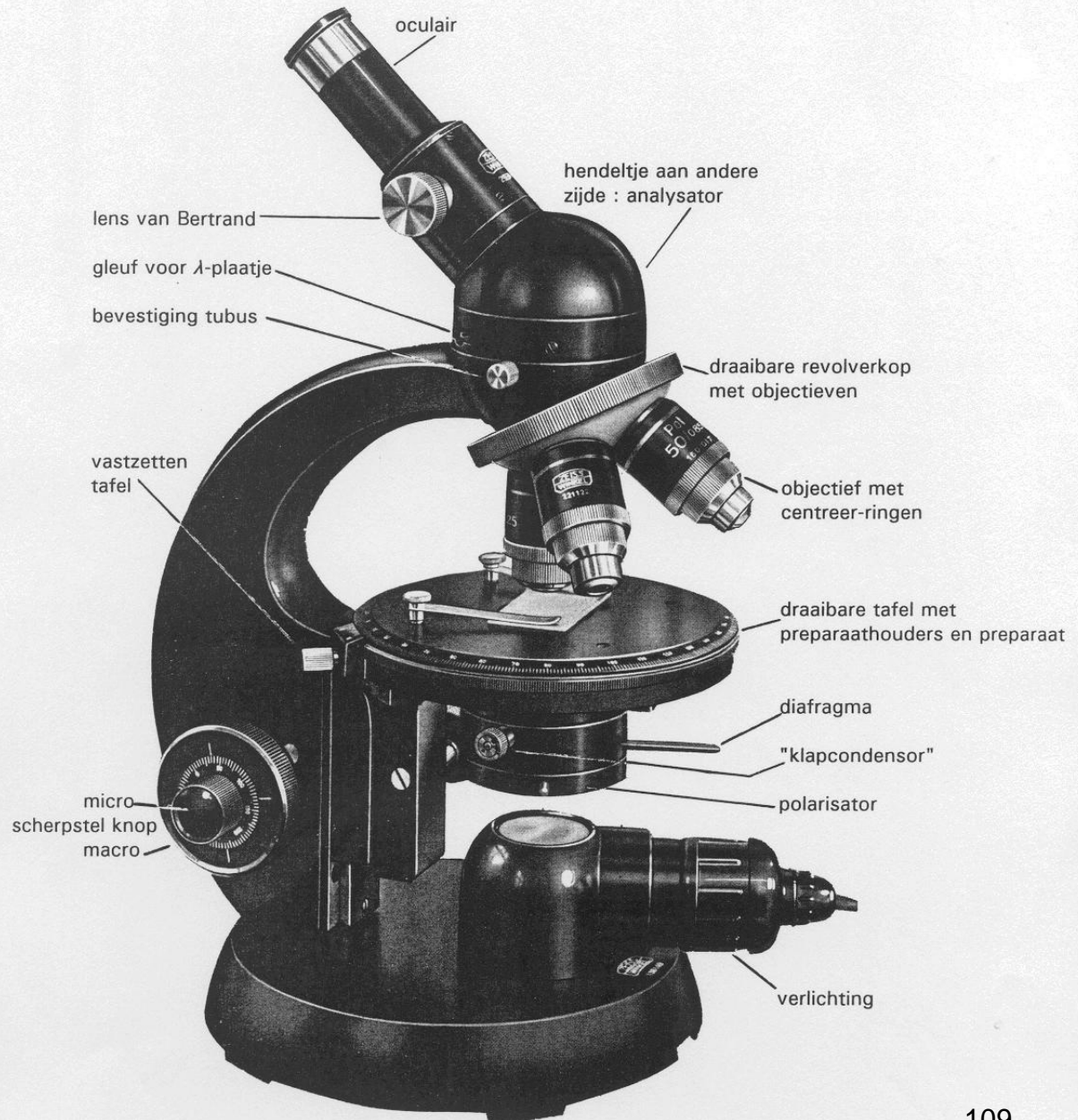
„Flash figure“: upon slight rotation of less than 10° off extinction, the isogyres have been disappeared out of the field of view.

1-assig positief:

1-assig negatief:

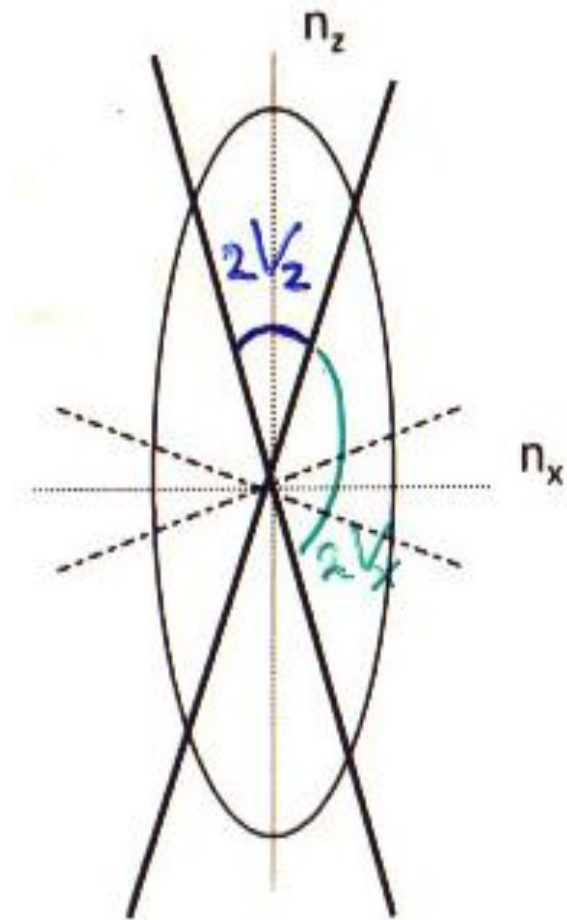


Het assenbeeld
ontstaat direct
boven het
objectief: het
is zeer klein!



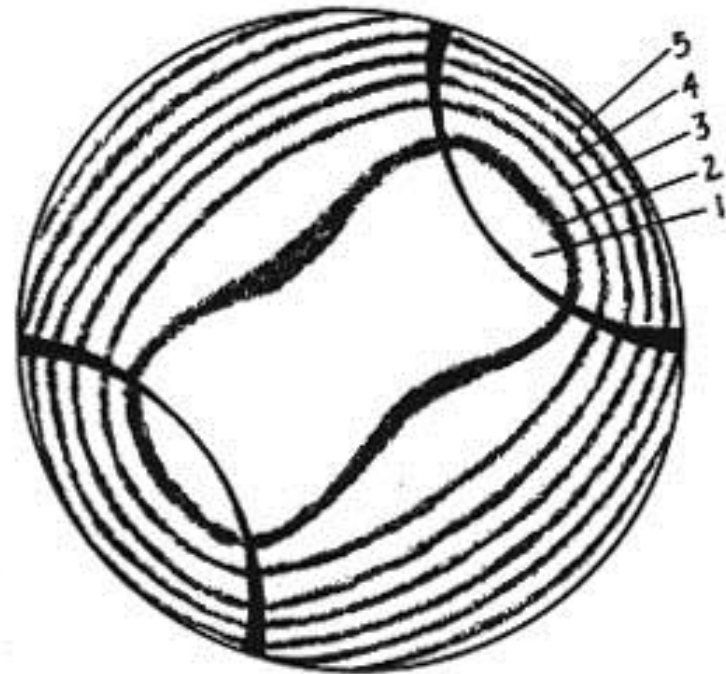
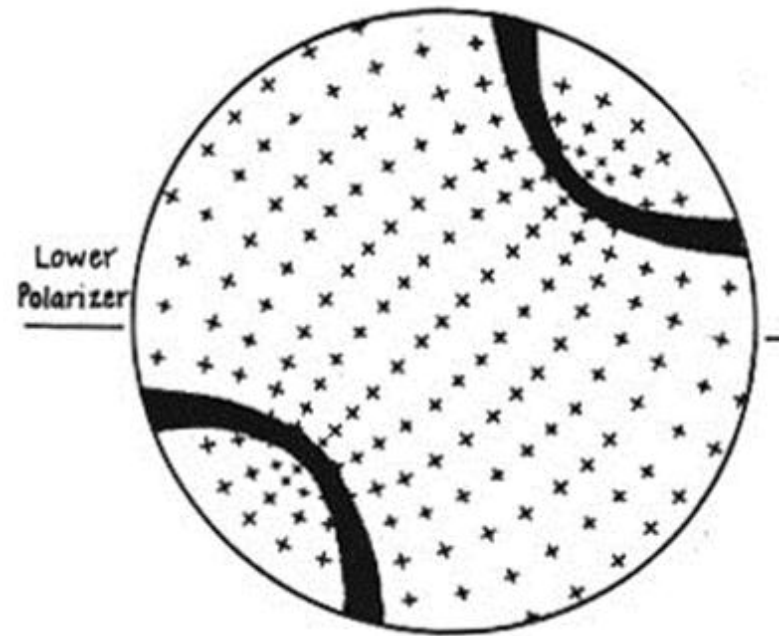
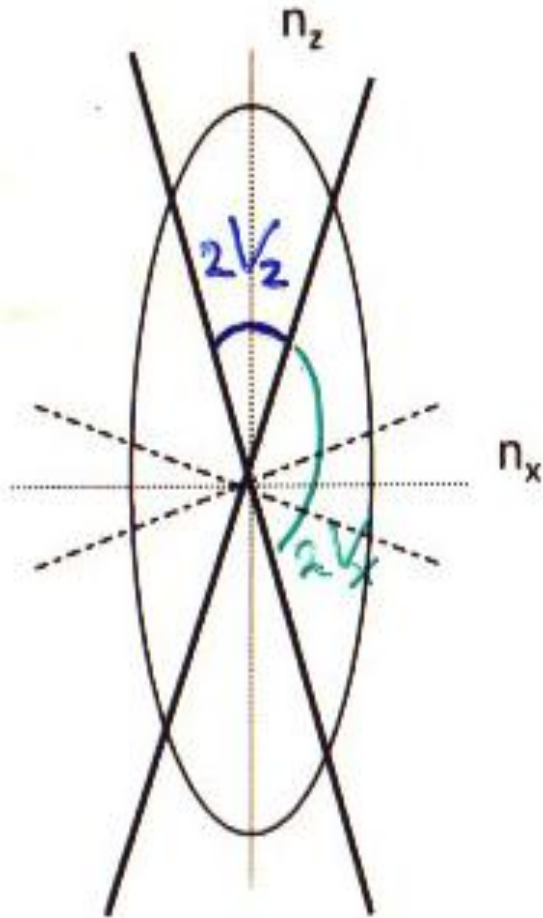
Optisch 2-assige mineralen (1)

- Voor een assenbeeld waarin beide optische assen zichtbaar zijn is een snede loodrecht op de scherpe hoek tussen de optische assen nodig



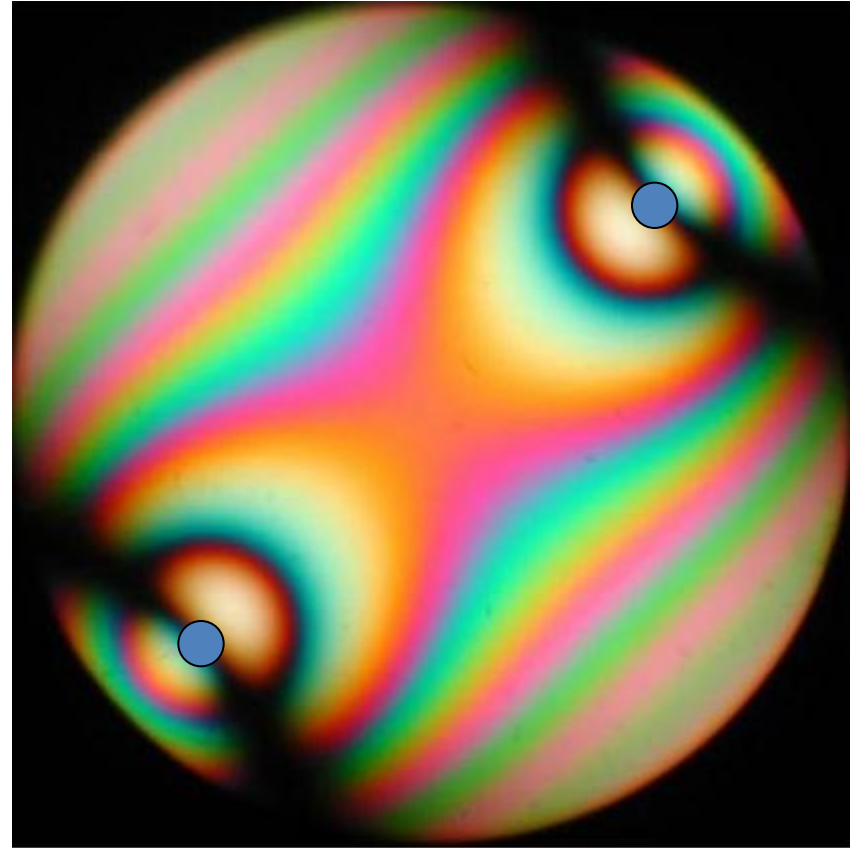
-----: cirkelsnedes
_____: optische assen

Optisch 2-assige mineralen (2)



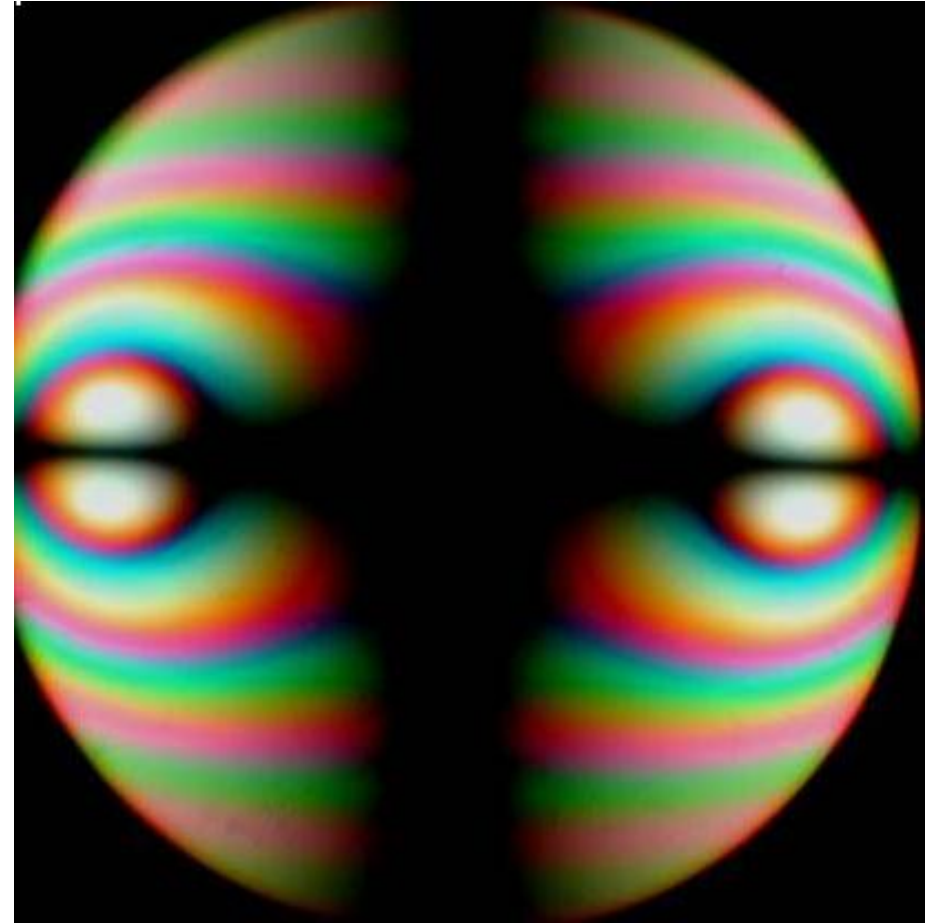
optisch 2-assige mineralen (3)

- Isogyren: ellipsen in uitdovingsstand
- ● : 'doorprikpunten' van optische assen
- Isochromaten: ellipsen met dezelfde ellipticiteit geven dezelfde int. kleur
- 45°-stand



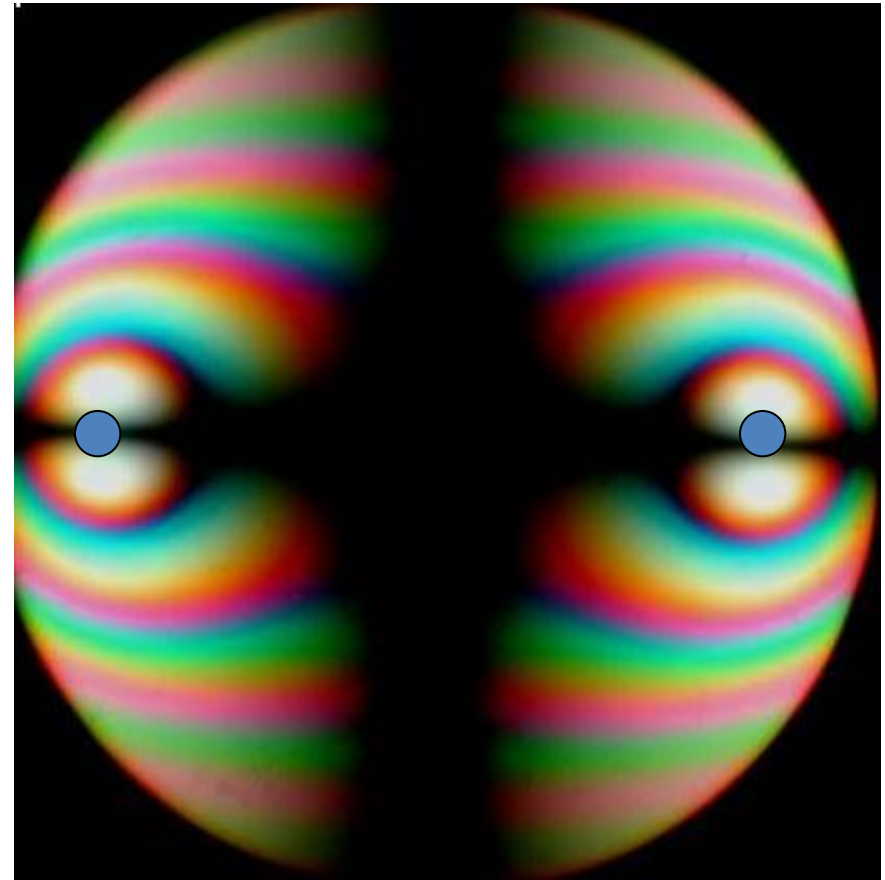
Optisch 2-assige mineralen (4)

Bij het ronddraaien van de tafel komen er steeds andere ellipsen van doorsnede in de uitdovingsstand. De isogyren veranderen van positie en vormen op een gegeven moment een kruis; dit is de 0° -stand

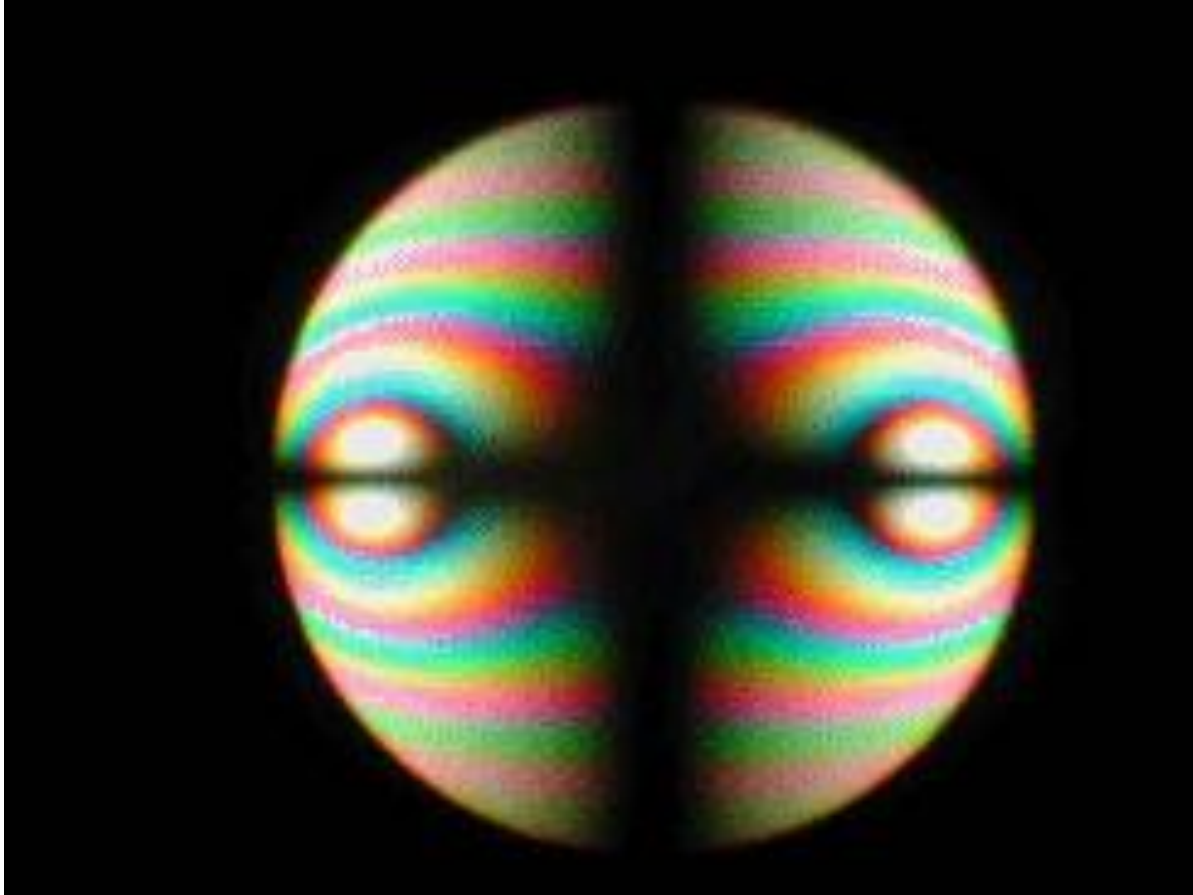


Optisch 2-assige mineralen (5)

- Doorprikpunten van de optische assen



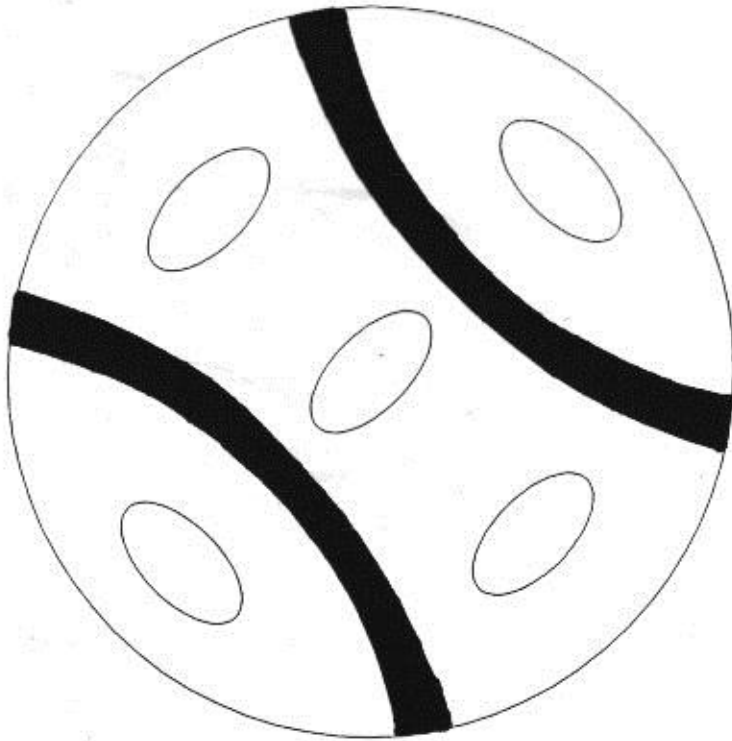
0°-stand



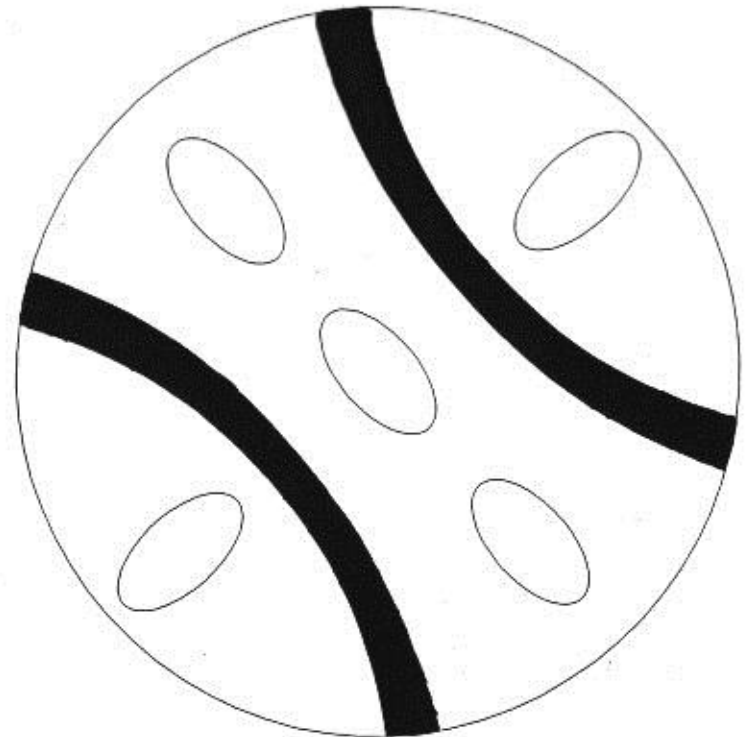
Olaf Medenbach

Optisch 2-assige mineralen (6)

2-assig negatief:

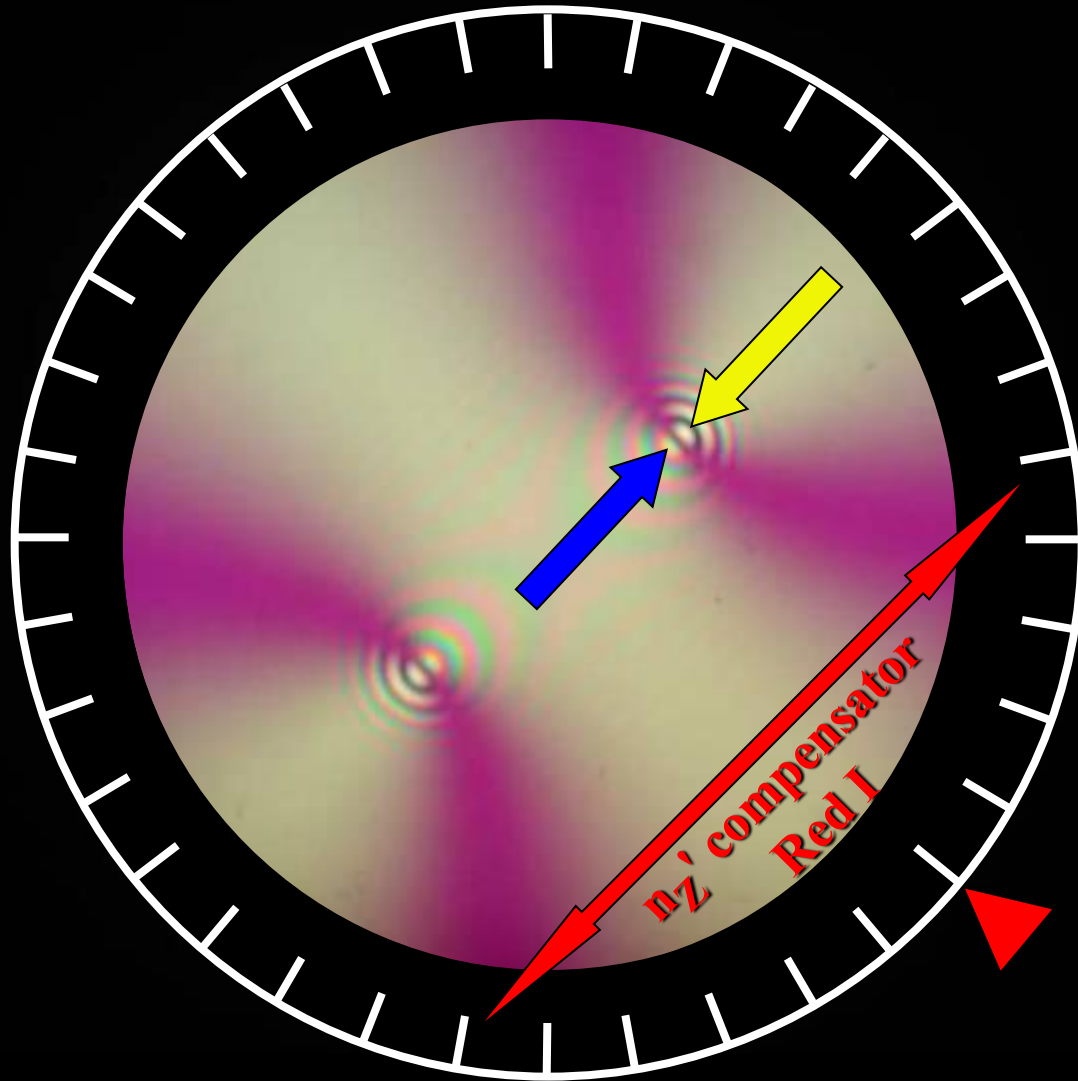


2-assig positief:



Interference figures of biaxial crystals

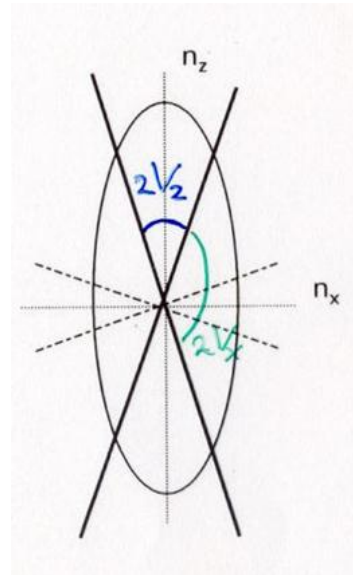
The animation starts a few seconds after the next click.



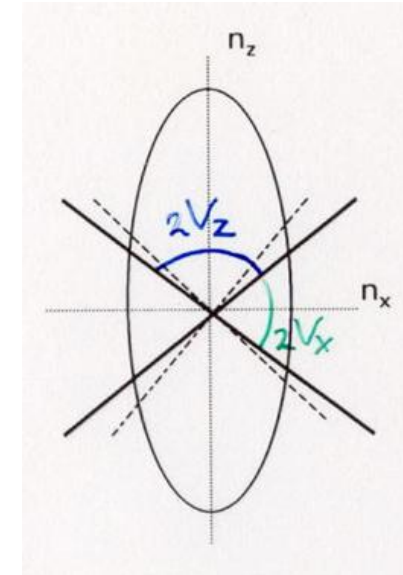
perpendicular to the acute bisectrix, optic sign (-), $2V \approx 20^\circ$

Optisch 2-assige mineralen (7)

- Het is moeilijk een doorsnede \perp op de scherpe hoek tussen de assen te vinden – waarom?
- De doorsnede \perp op één van de assen is wel makkelijk te vinden – hoe?

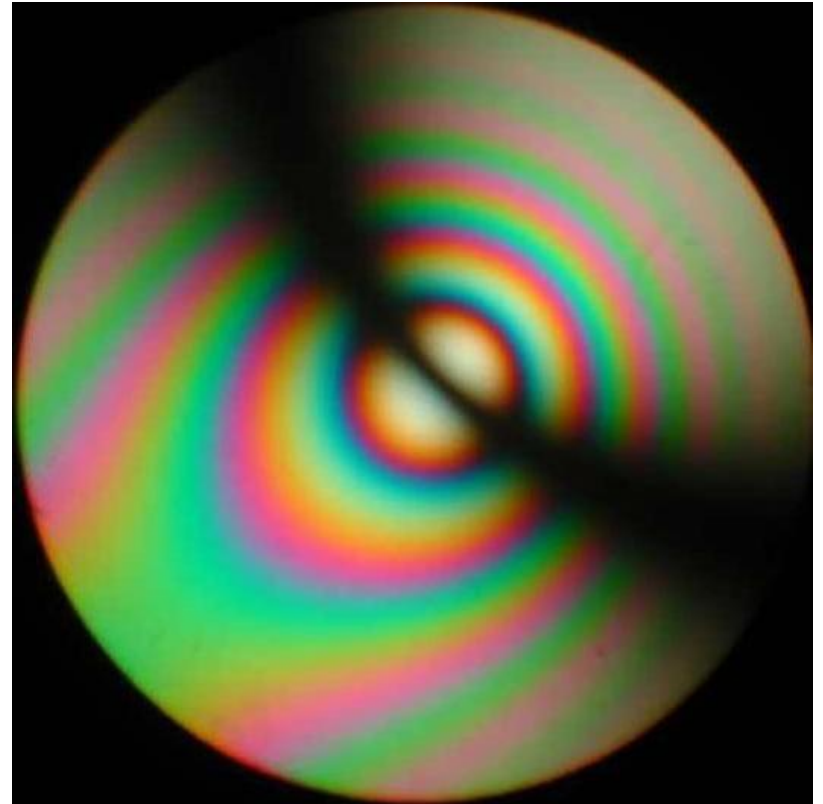
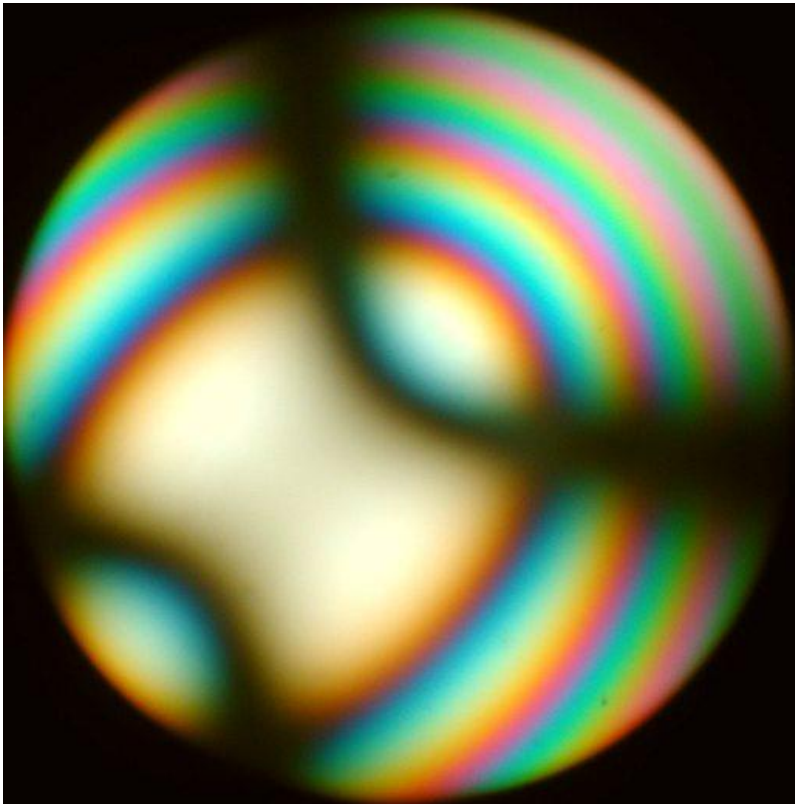


2-assig positief:
 $2V_z < 90^\circ$
 $2V_x > 90^\circ$



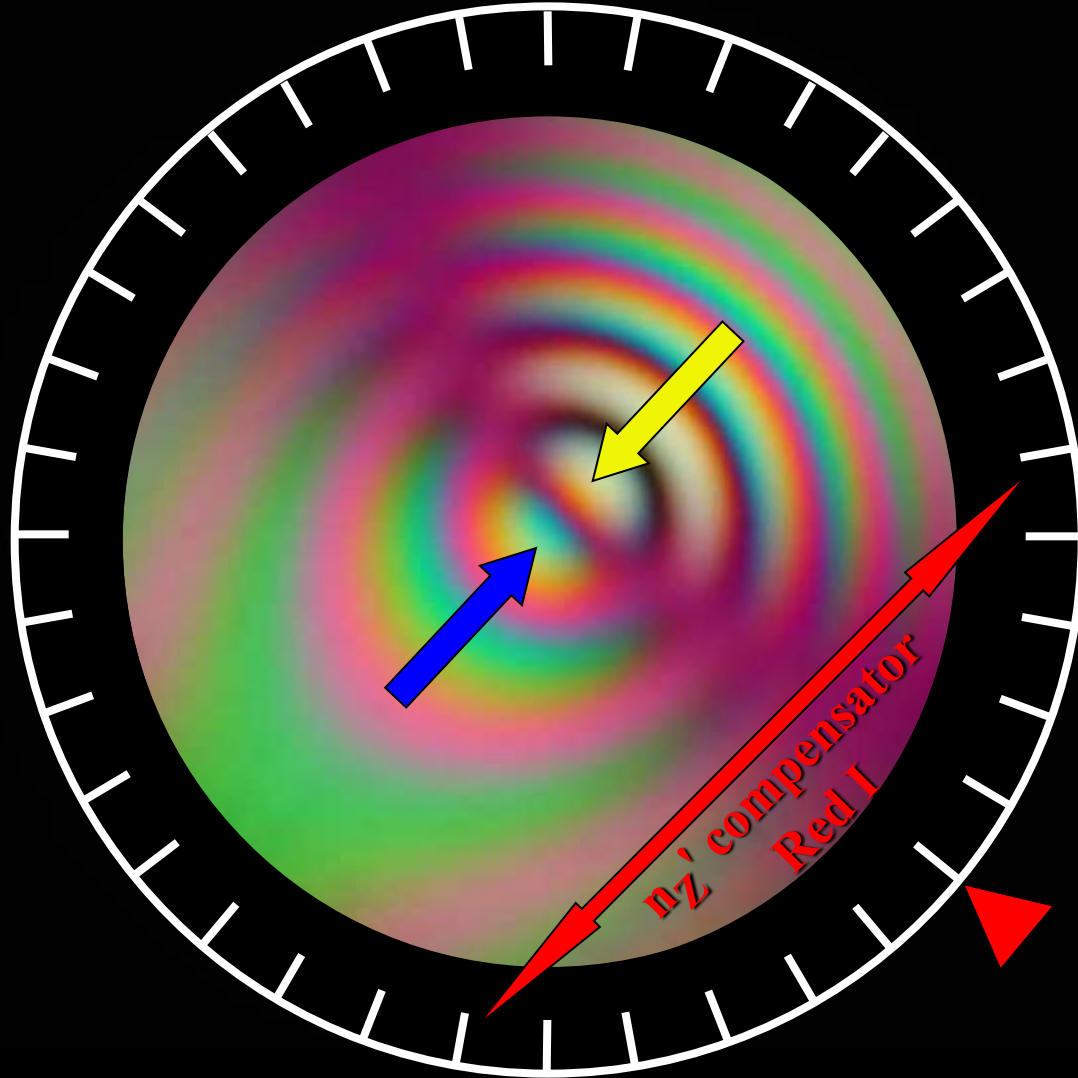
2-assig negatief:
 $2V_z > 90^\circ$
 $2V_x < 90^\circ$

Optisch 2-assige mineralen (8)



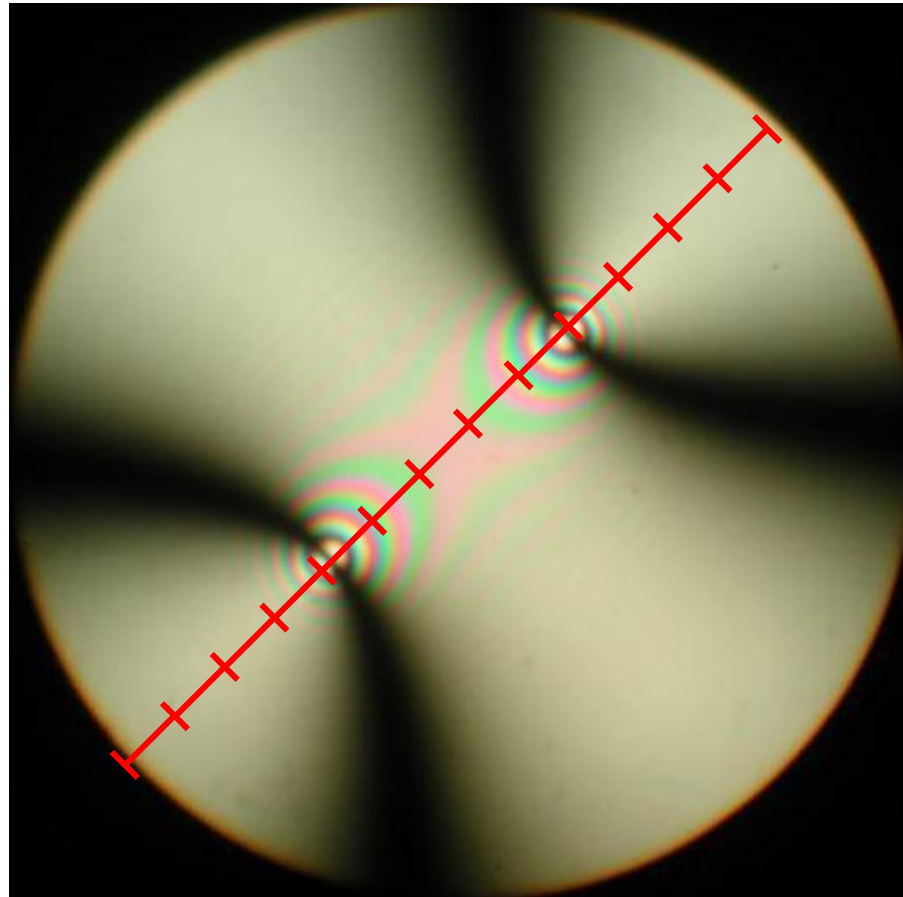
Interference figures of biaxial crystals

The animation starts a few seconds after the next click.

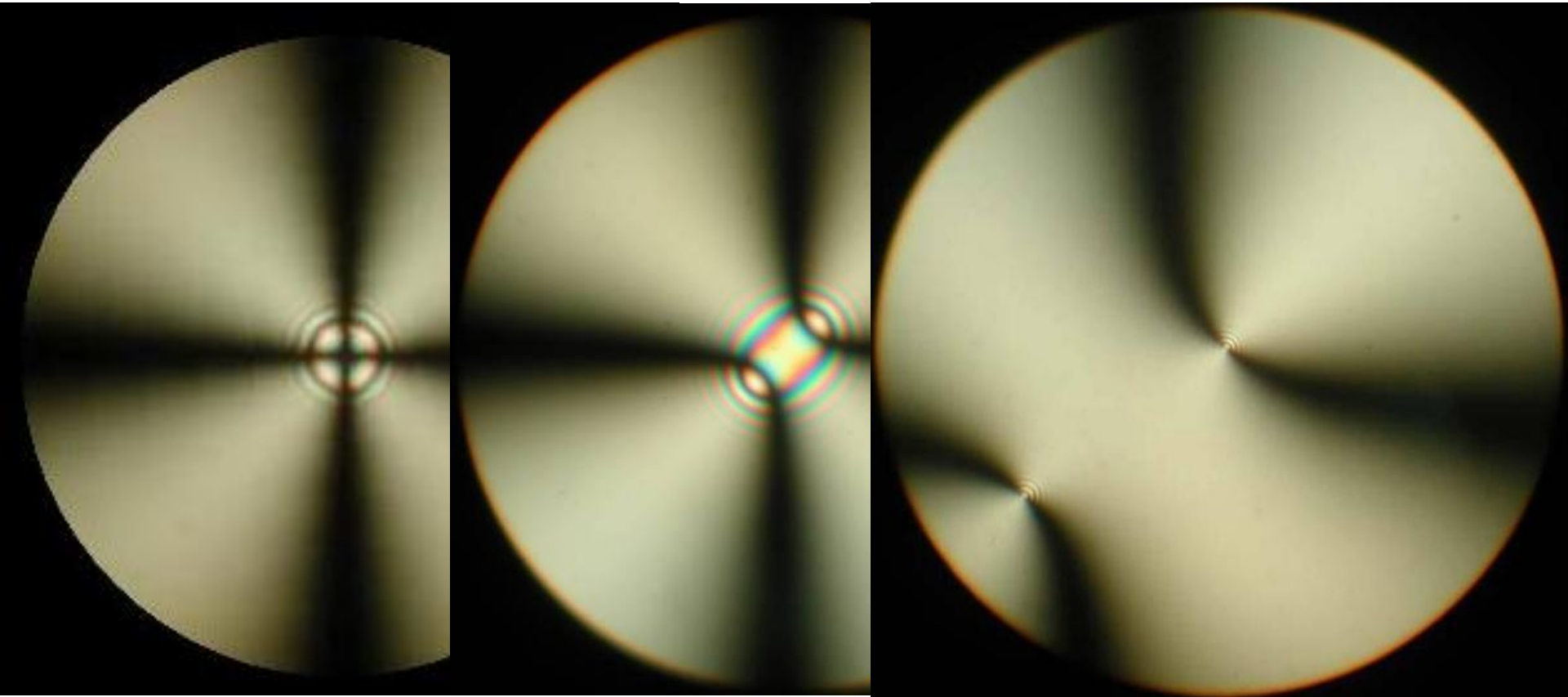


perpendicular to one axis, optic sign (-), 2V large

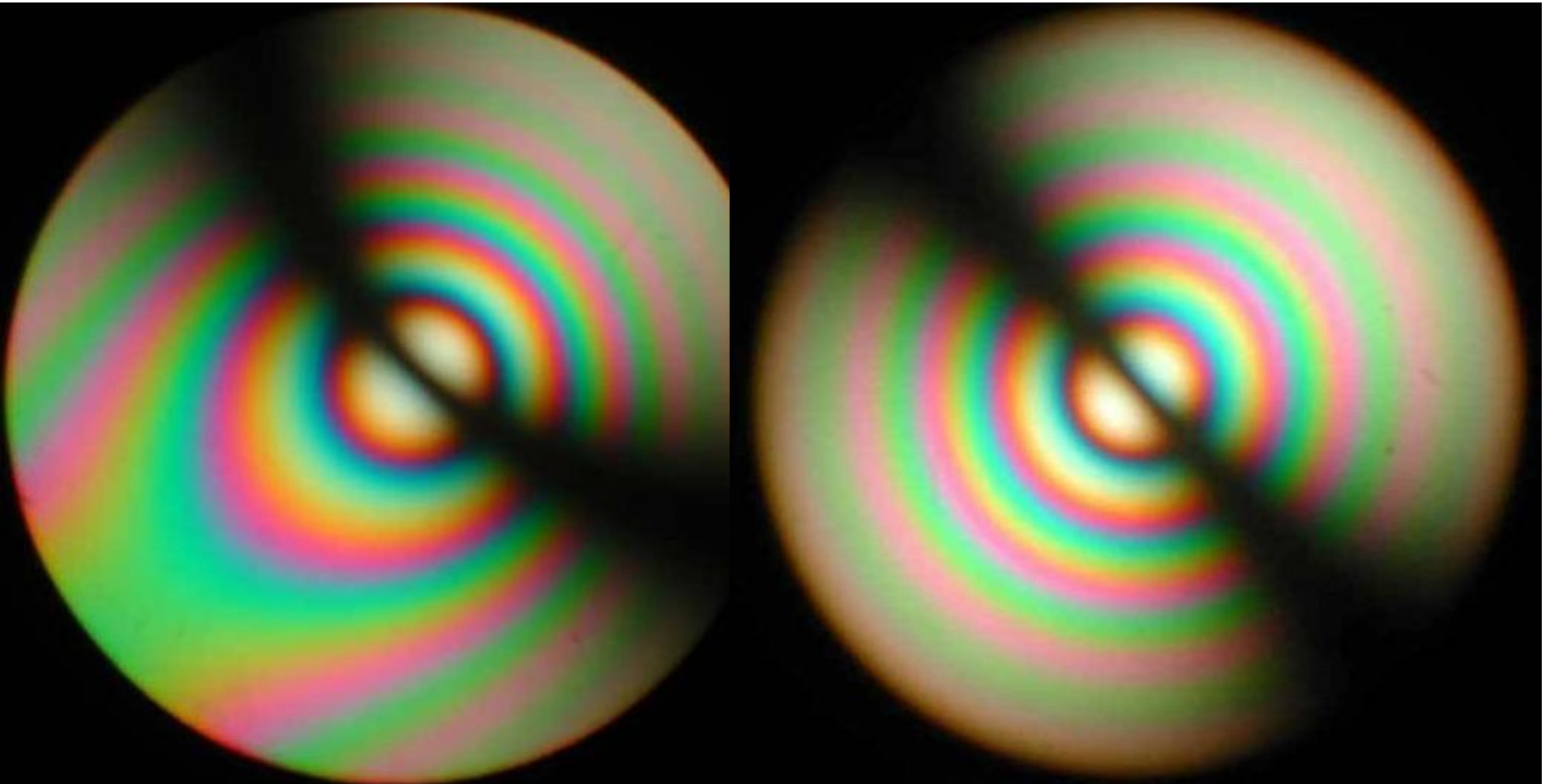
Optische assenhoek 2V (1)

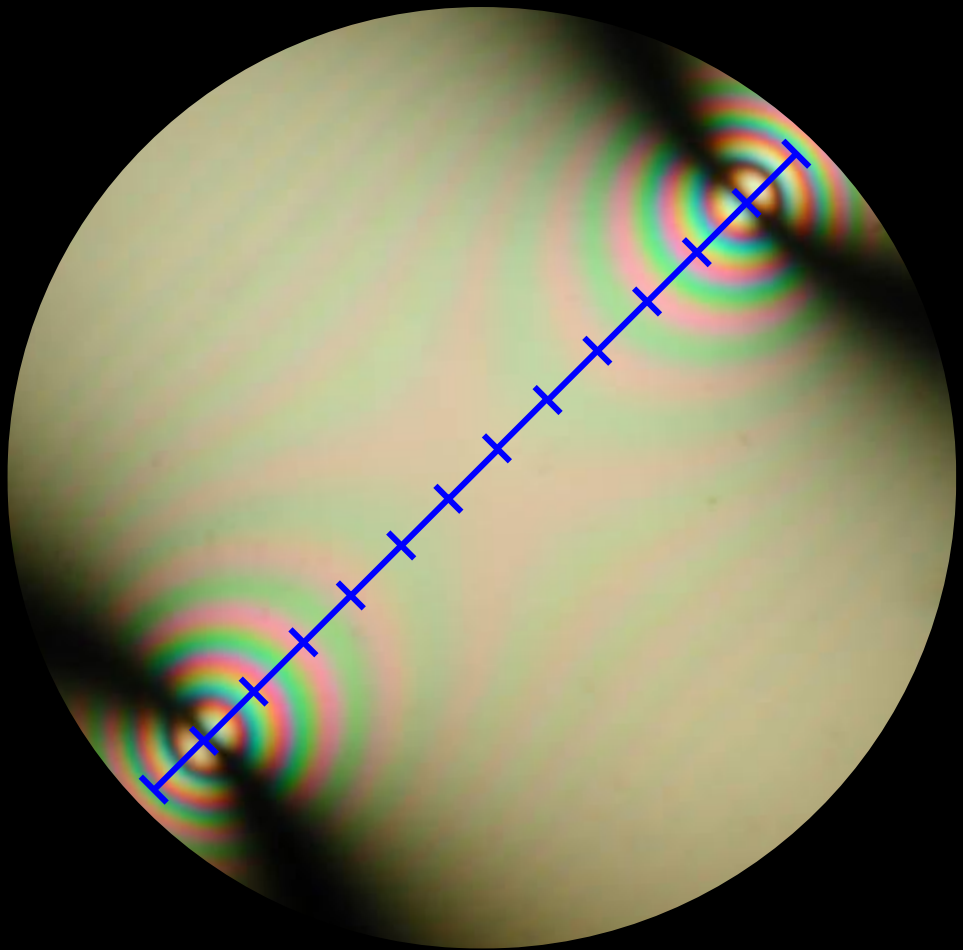


Optische assenhoek 2V (2)

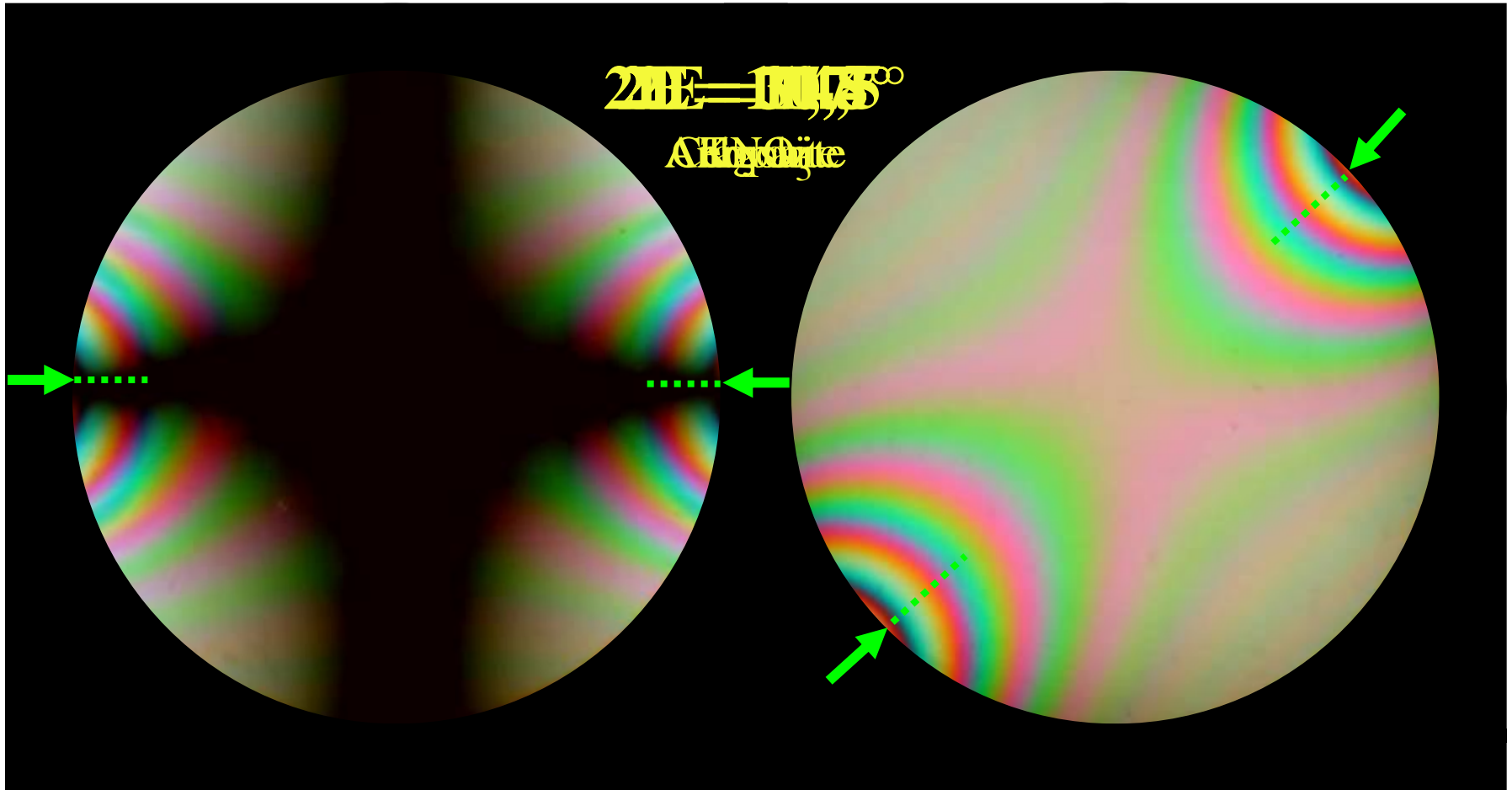


Optische assenhoek 2V (3)



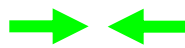


2017-10-17, Albinstraße



extinction position

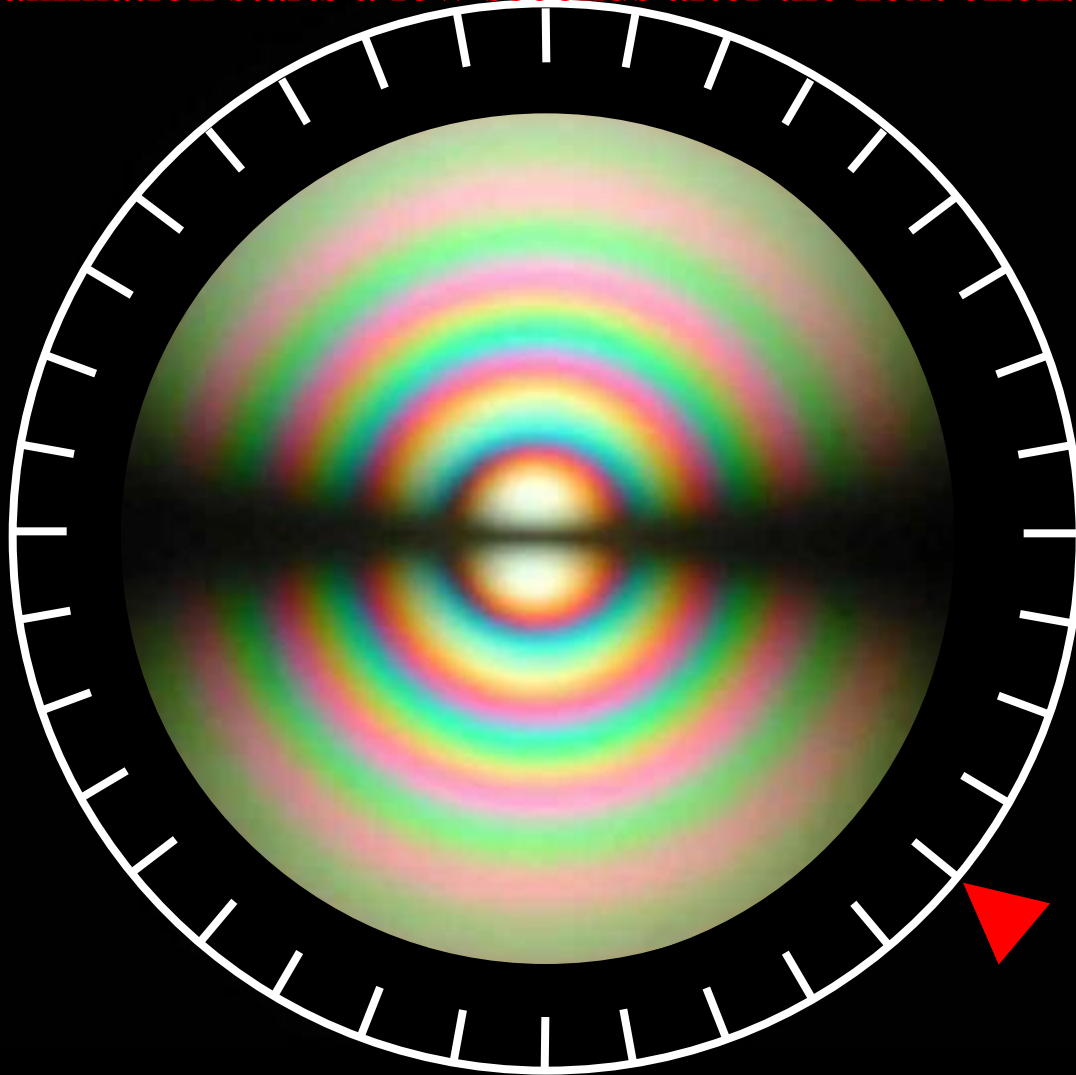
45° off extinction position



trace of optic plane (OP)

Interference figures of biaxial crystals

The animation starts a few seconds after the next click.

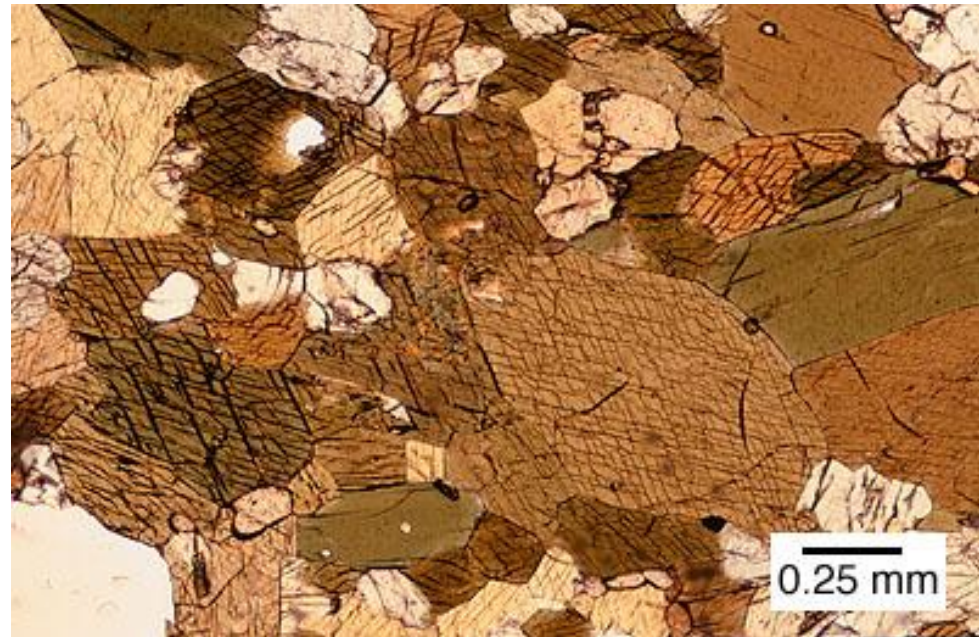


perpendicular to one axis, $2V \approx 90^\circ$
(the isogyre is not curved in 45° off extinction position!)

Samenvatting (1)

Orthoscopisch onderzoek

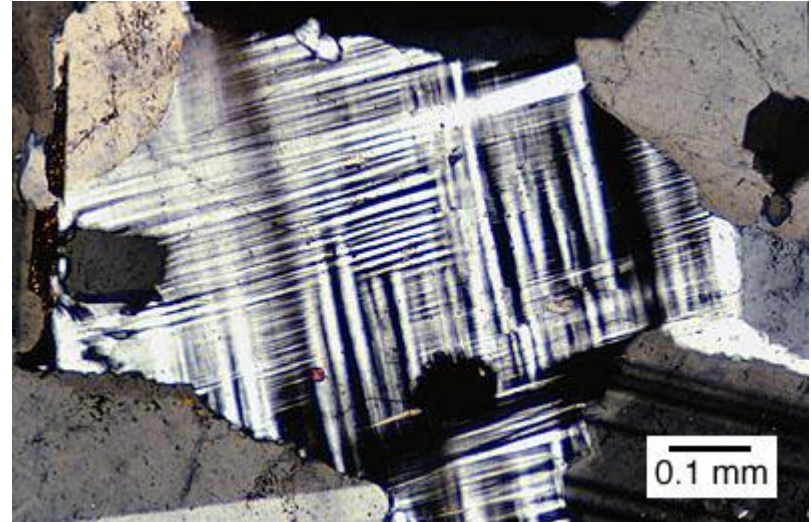
- Zonder analysator:
 - Kleur en kleurverandering (pleochroïsme)
 - Schatting van n
 - Reliëf = n -verschillen
 - slijting



Samenvatting (2)

Orthoscopisch onderzoek

- Met analysator:
 - Interferentiekleur, gangverschil, dubbelbreking
 - Relatie tussen splijting en indicatrix
 - Tweelingsvormen
 - Andere vergroeiingen



Samenvatting (3)

conoscopisch onderzoek

- Assenbeeld (interferentiefiguur)
- Optisch teken (+ of -)
- Hoek tussen de optische assen (2V)

VRAGEN?

