

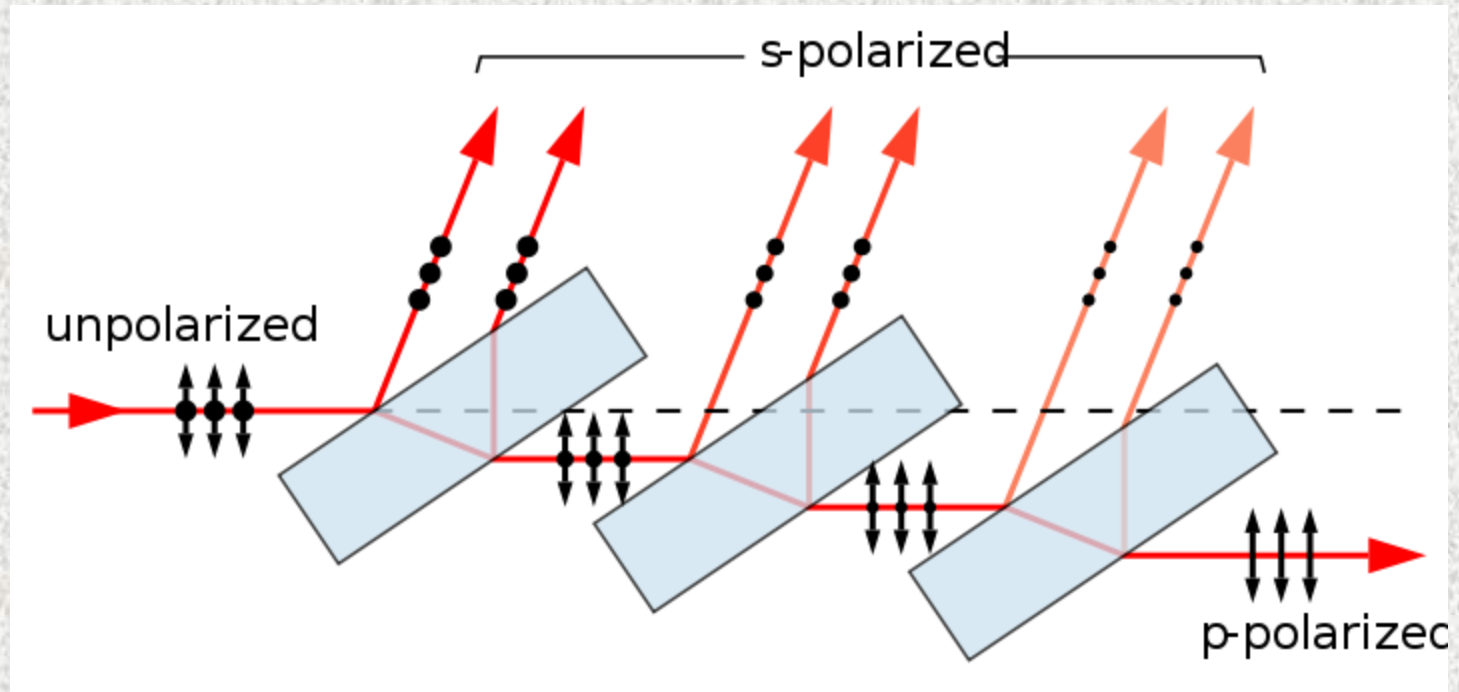
Polaryzacja i ośrodki dwójłomne

Część III

Polaryzatory

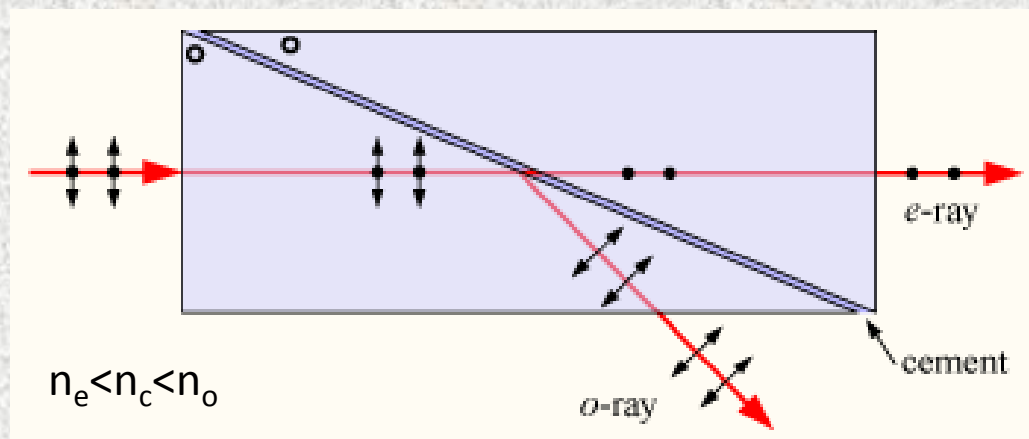
- Polaryzacja przez odbicie
 - ośrodki izotropowe
 - ośrodki anizotropowe
- Polaryzacja przez pochłanianie

Polaryzatory odbiciowe



Polaryzatory odbiciowe

Pryzmat Glana-Thompsona



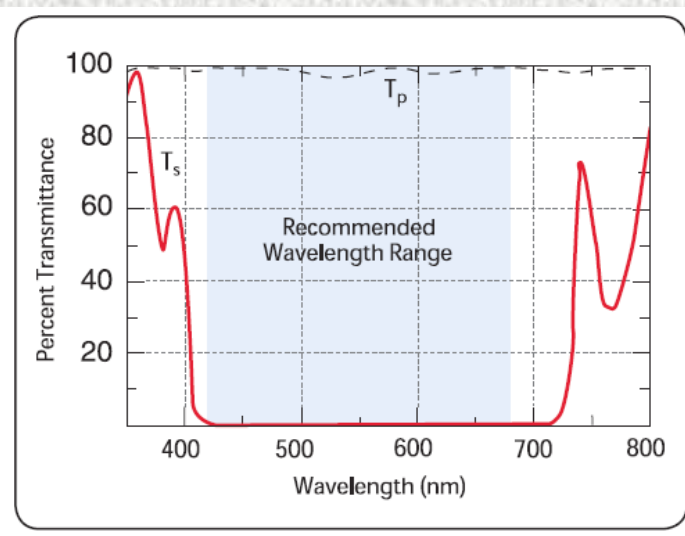
Fala zwyczajna: całkowite wewnętrzne odbicie

Materiał: kalcyt: $\Delta n = 0.18$

Polaryzacyjne dzielniki wiązki



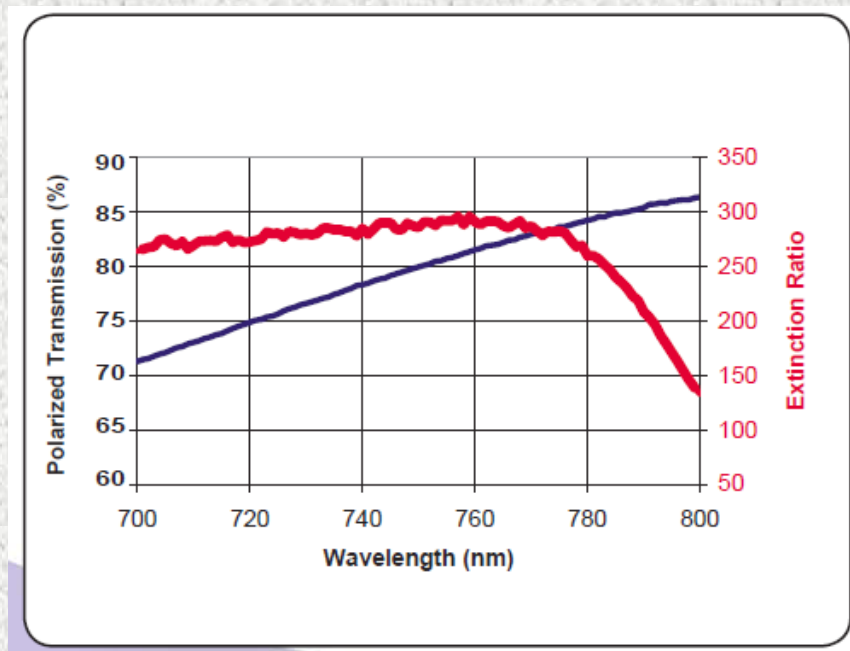
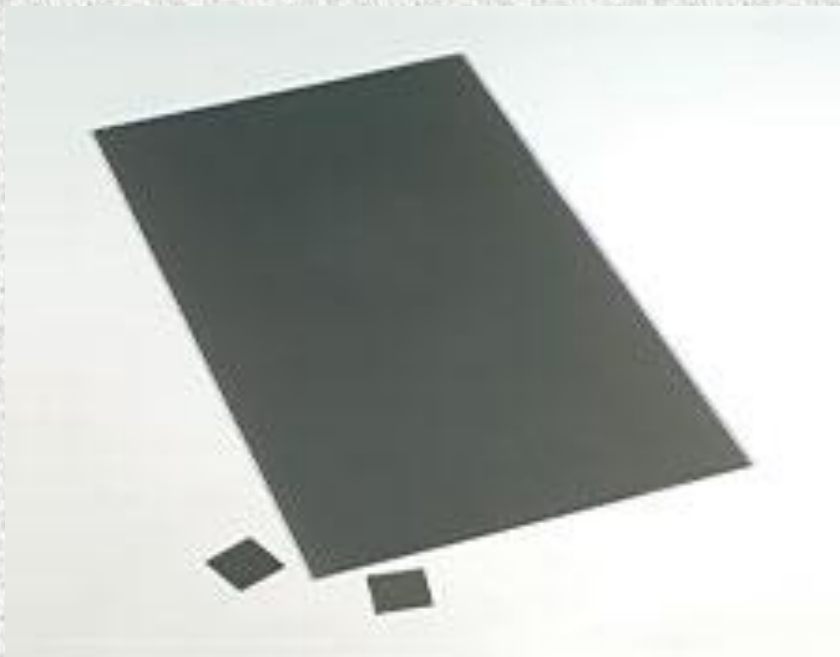
Rozdzielają światło na dwie wiązki
o ortogonalnych stanach polaryzacji



Polaryzatory dichroiczne

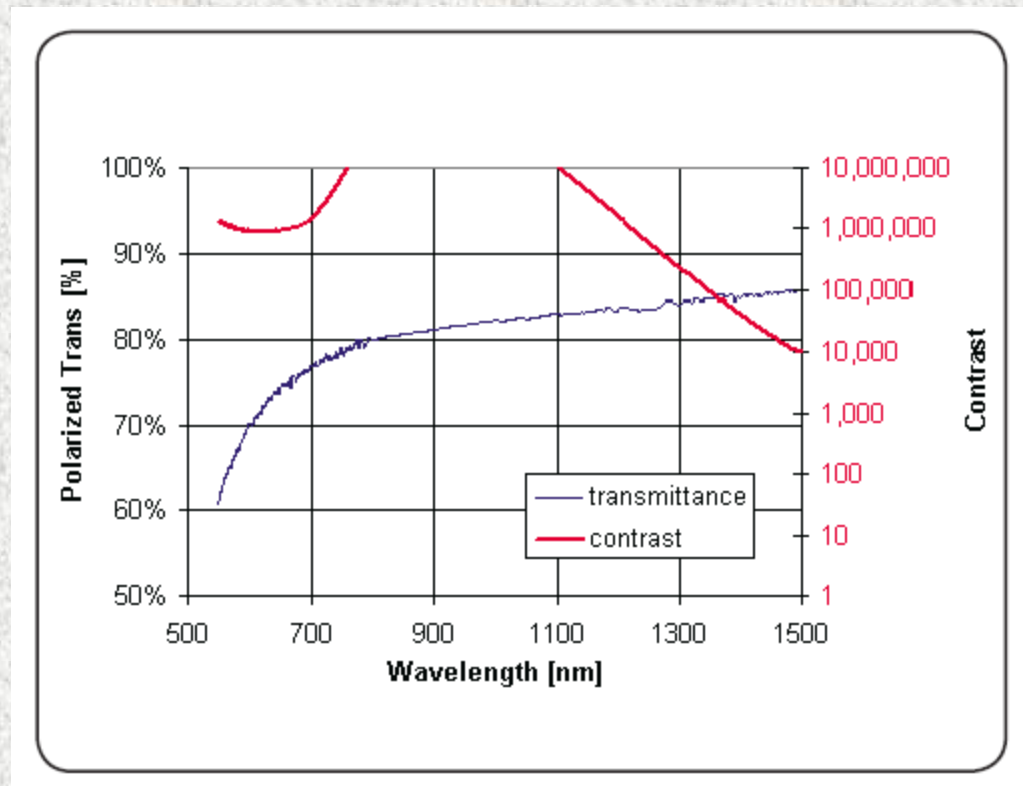
- Dichroizm
- Polaroid
- Charakterystyki spektralne

Polymer-based polarizers



Ośrodek polaryzujący – dichroiczna warstwa polimeru

Polaryzatory o wysokim kontraście



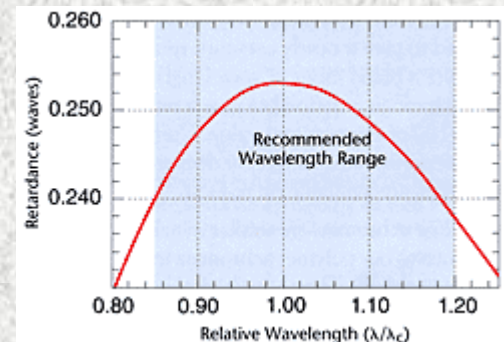
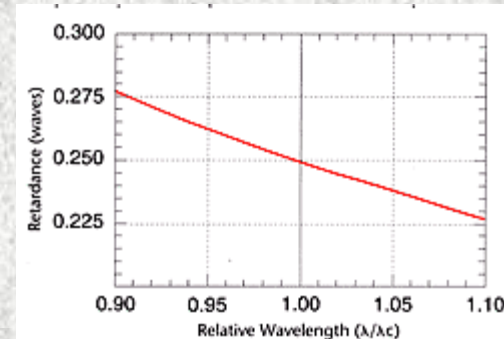
Materiał polaryzujący – nanocząsteczki srebra w szkłe krzemowo-sodowym

Płytki fazowe

- Jednorodne
 - ćwierćfalówka
 - półfalówka
 - falówka
- Niejednorodne
 - kompensatory
 - polaryzatory

- Płytki zerowego rzędu

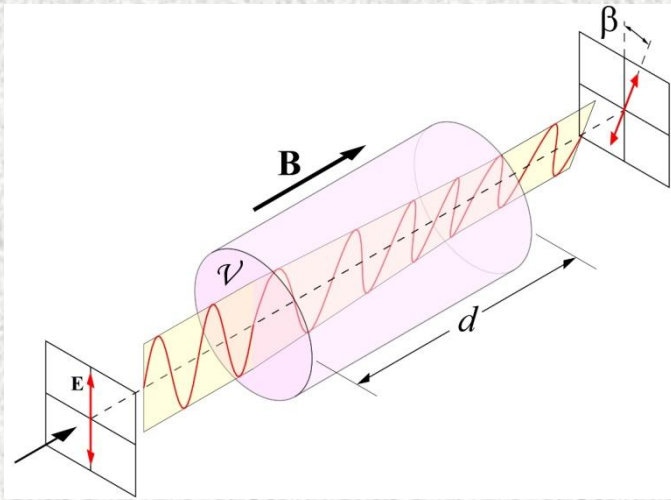
- Achromatyczne



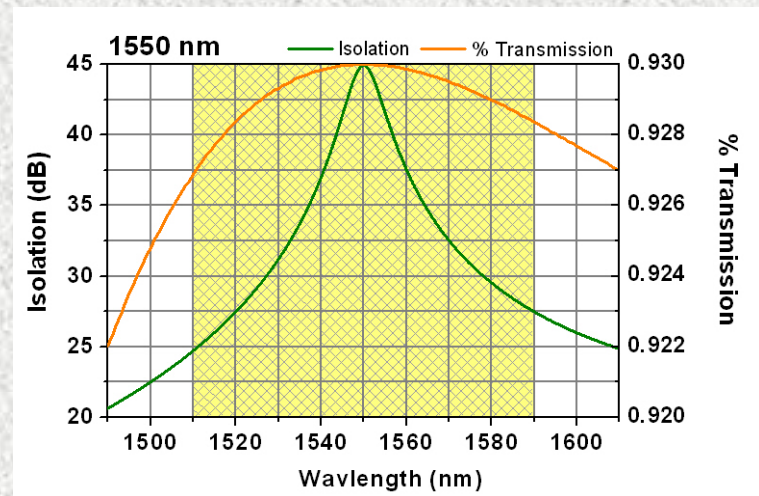
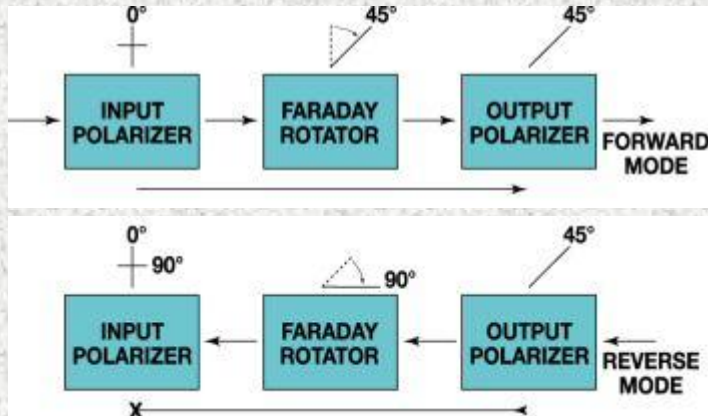
Jednorodne płytki fazowe

- **Ćwierćfalówka**
 - zamienia liniowy stan polaryzacji na kołowy i odwrotnie
 - stosowana w:
 - syntezie i analizie stanu polaryzacji światła
 - konstrukcji polaryzatora/analizatora kołowego lub ogólniej - eliptycznego
- **Półfalówka**
 - zmienia kąt azymutu światła liniowo spolaryzowanego
- **Falówka**
 - zmniejsza różnicę dróg optycznych o krotność długości fali
 - stosowana w liniach opóźniających układów interferencyjno-polaryzacyjnych

Izolator optyczny



- Element układu optycznego zapobiegający propagacji wstecznej światła, zwłaszcza w kierunku źródła światła
- Wykorzystywany efekt: magnetooptyczny efekt Faradaya
- Zwany inaczej diodą optyczną



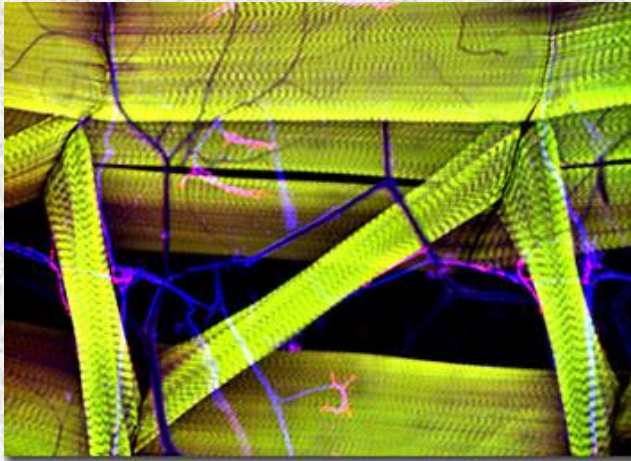
Tak dobiera się ośrodek (rodzaj i grubość) oraz natężenie pola magnetycznego H , aby $\beta=45^\circ$; wówczas światło odbite powraca i pod kątem azymutu 45° i ponownie przechodzi przez komórkę Faradaya, po przejściu której ma (sumarycznie) zmieniony kąt azymutu o 90° .

Mikroskopia polaryzacyjna

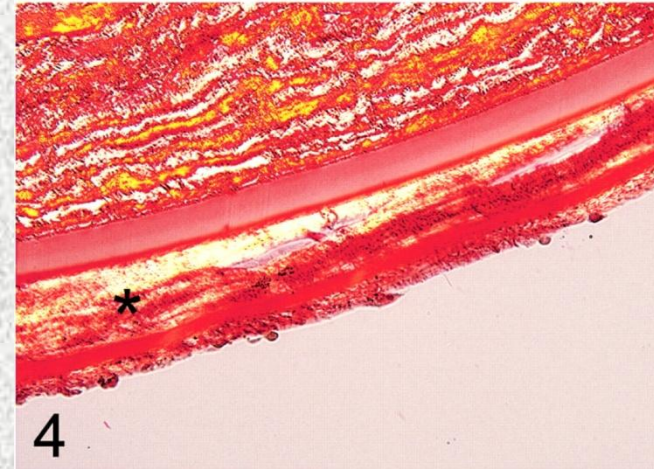
- Zastosowania
- Figury konoskopowe

Mikroskopia polaryzacyjna w wielu dziedzinach badań naukowych

Larwa muszki owocowej



Włókno kolagenowe skóry



Bovine Pulmonary Artery Epithelial Cells

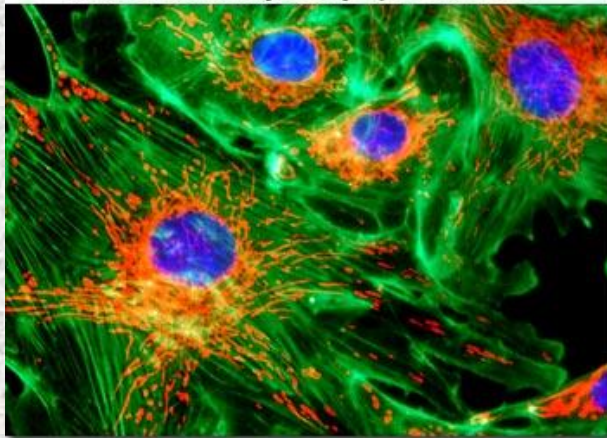
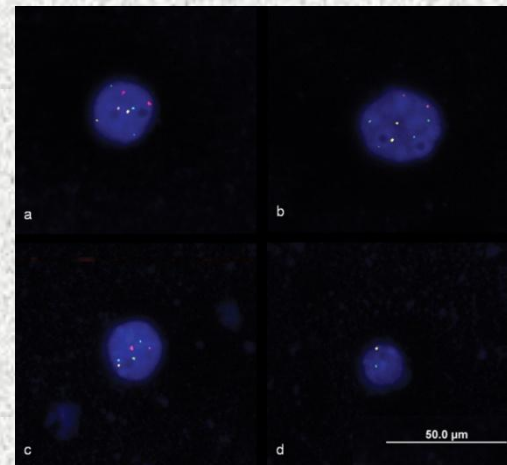


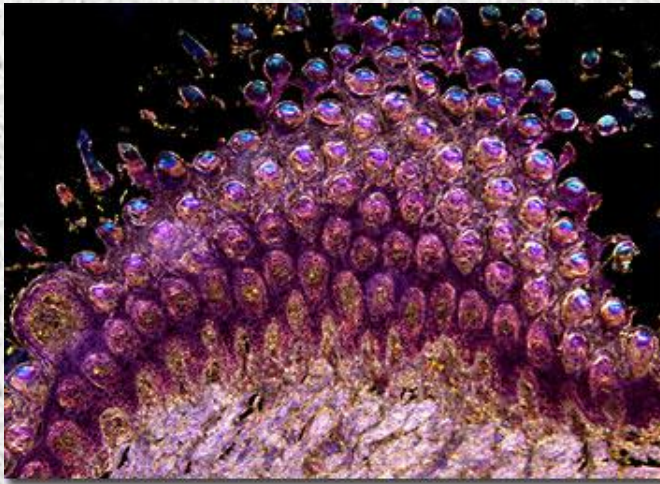
Figure 1

Jądra komórkowe makaka

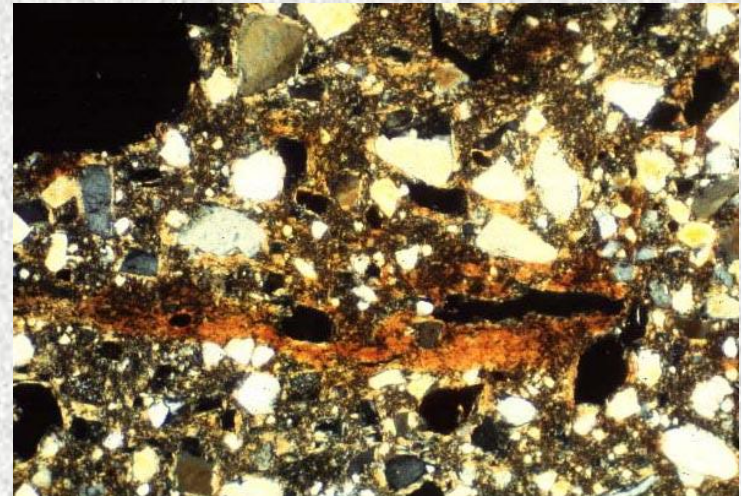


Mikroskopia polaryzacyjna w wielu dziedzinach badań naukowych

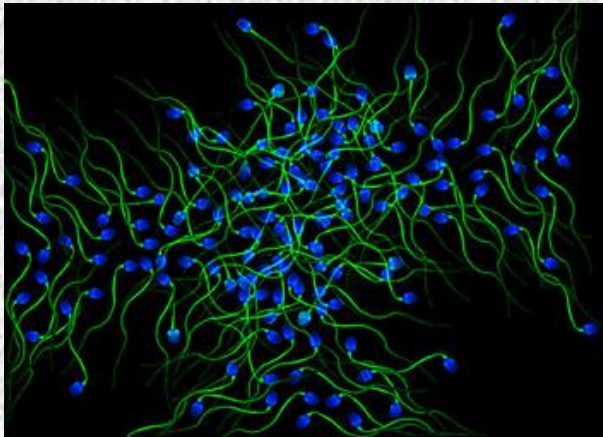
Język myszy



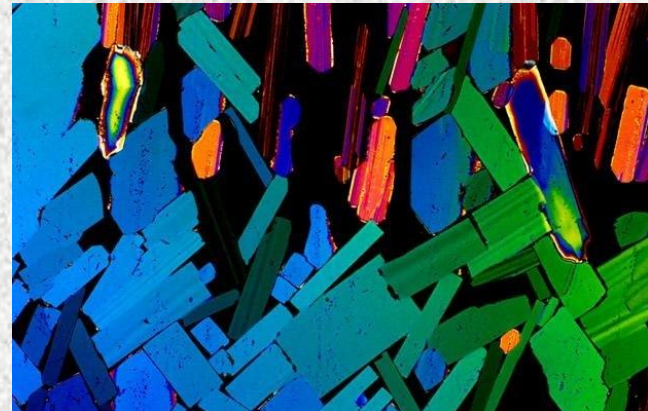
Mikromorfologia gleby



Ludzka sperma

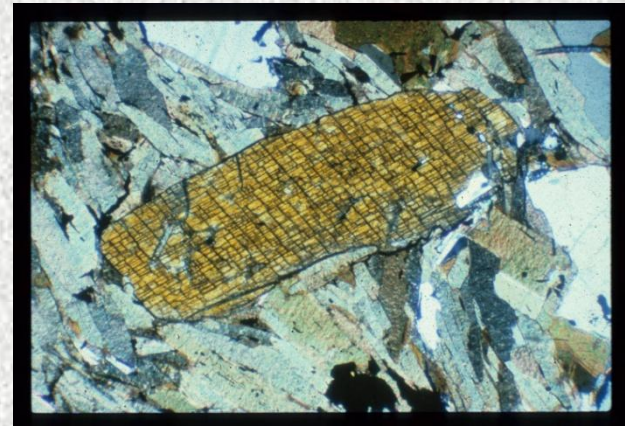


Tequila

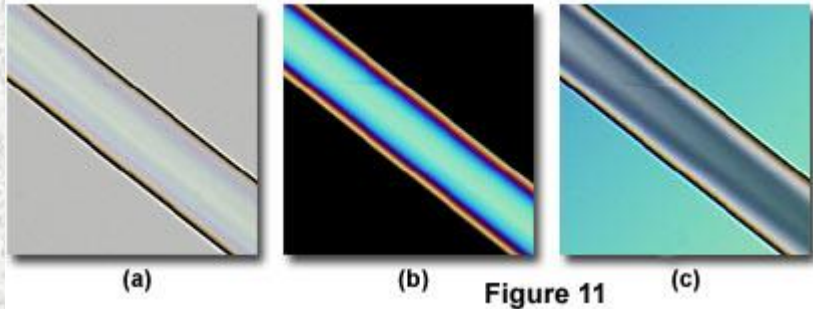


Mikroskopia polaryzacyjna w wielu dziedzinach badań naukowych

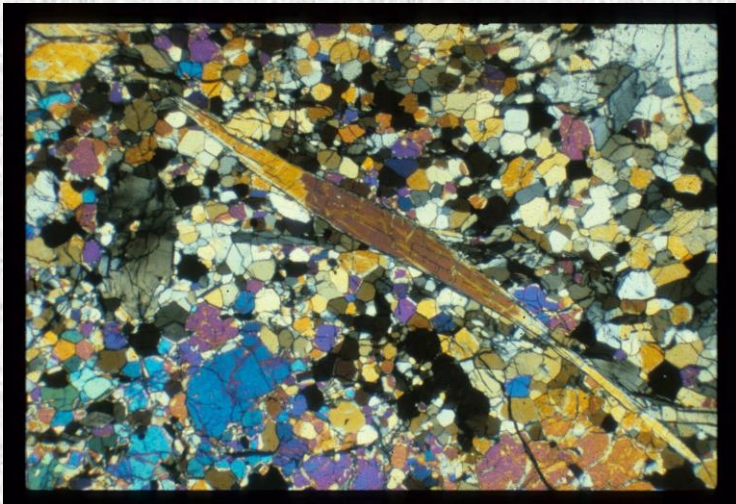
Krzemian aluminium



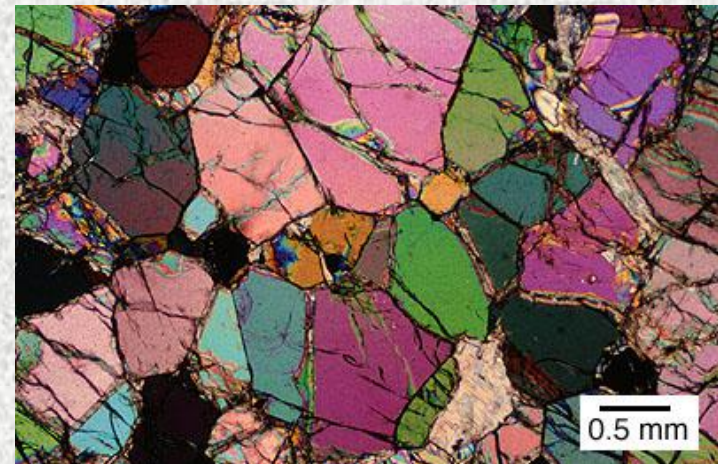
Nylon Fiber in Polarized Light



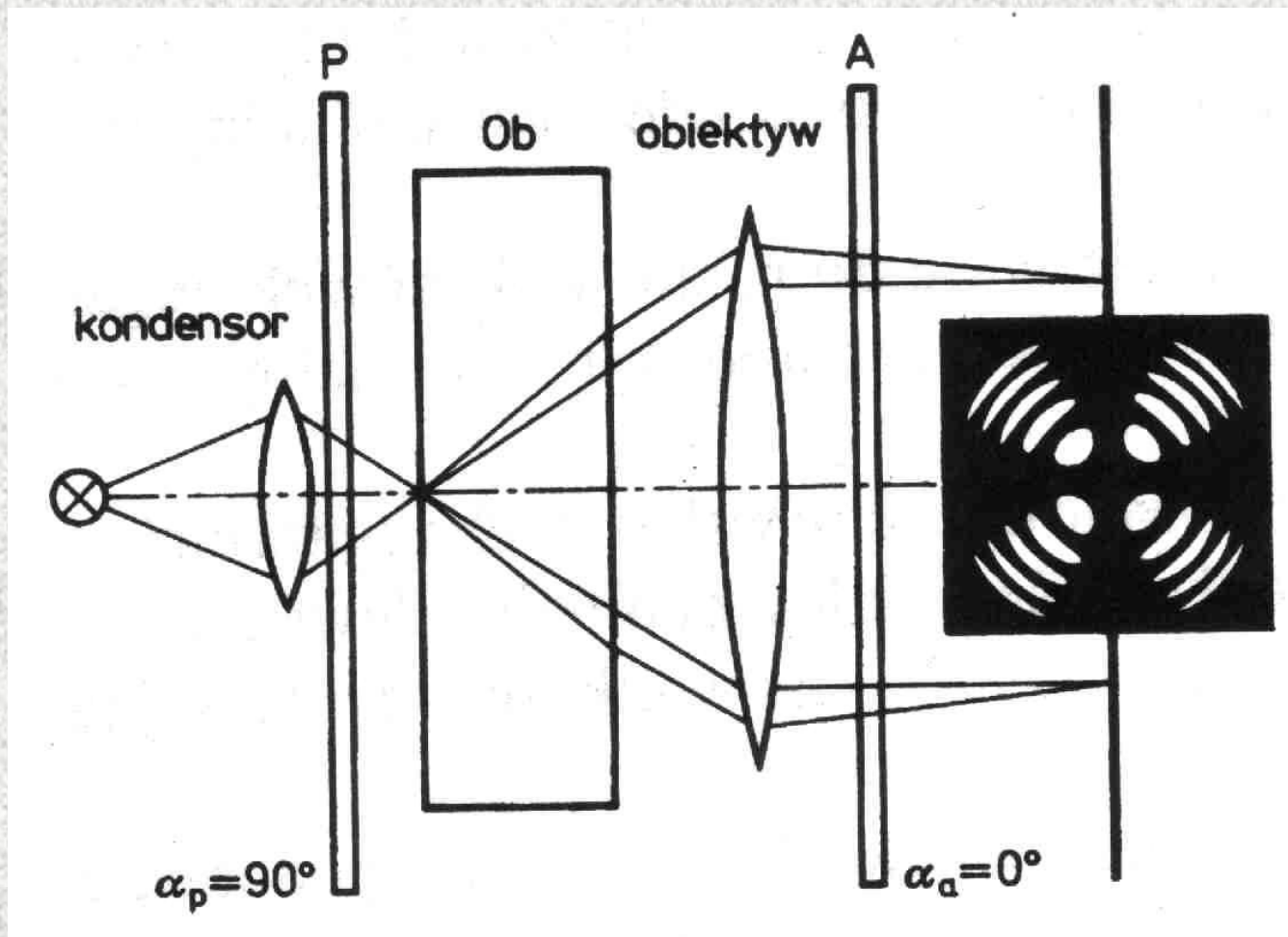
Tremolit



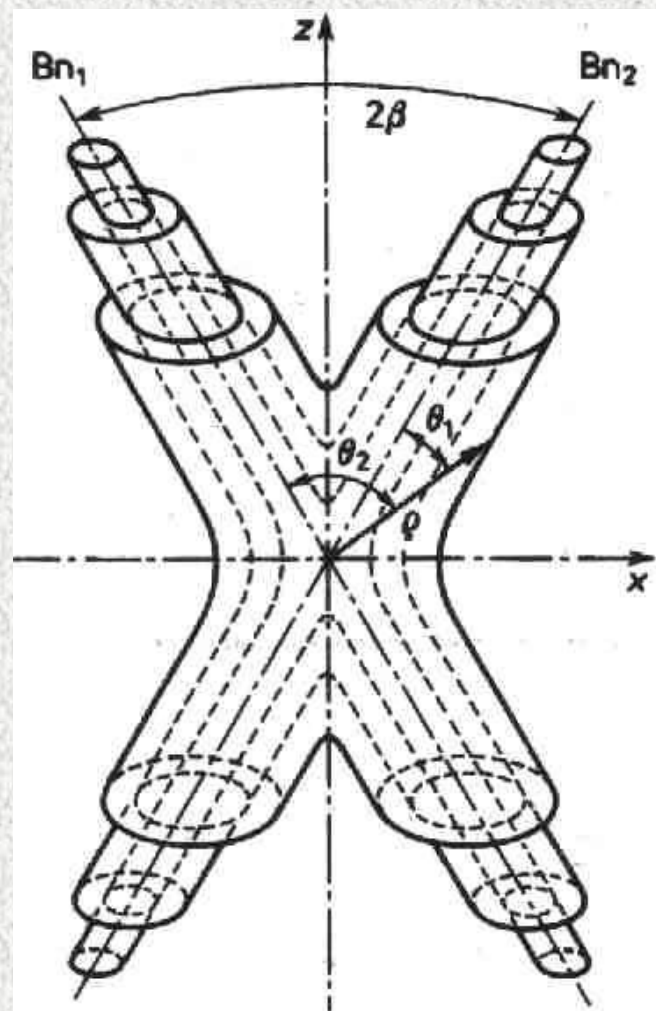
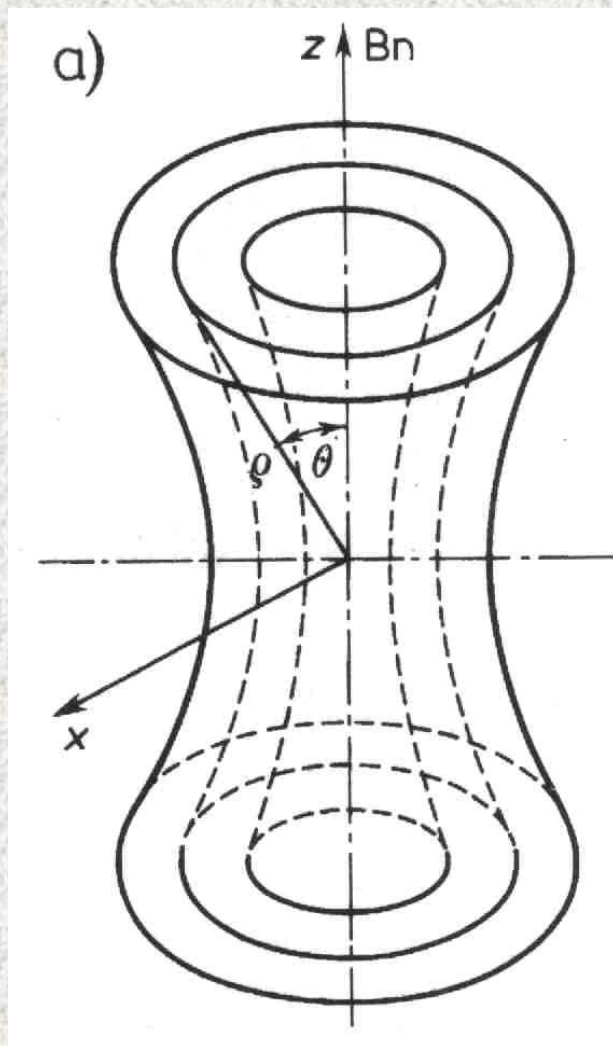
Oliwin



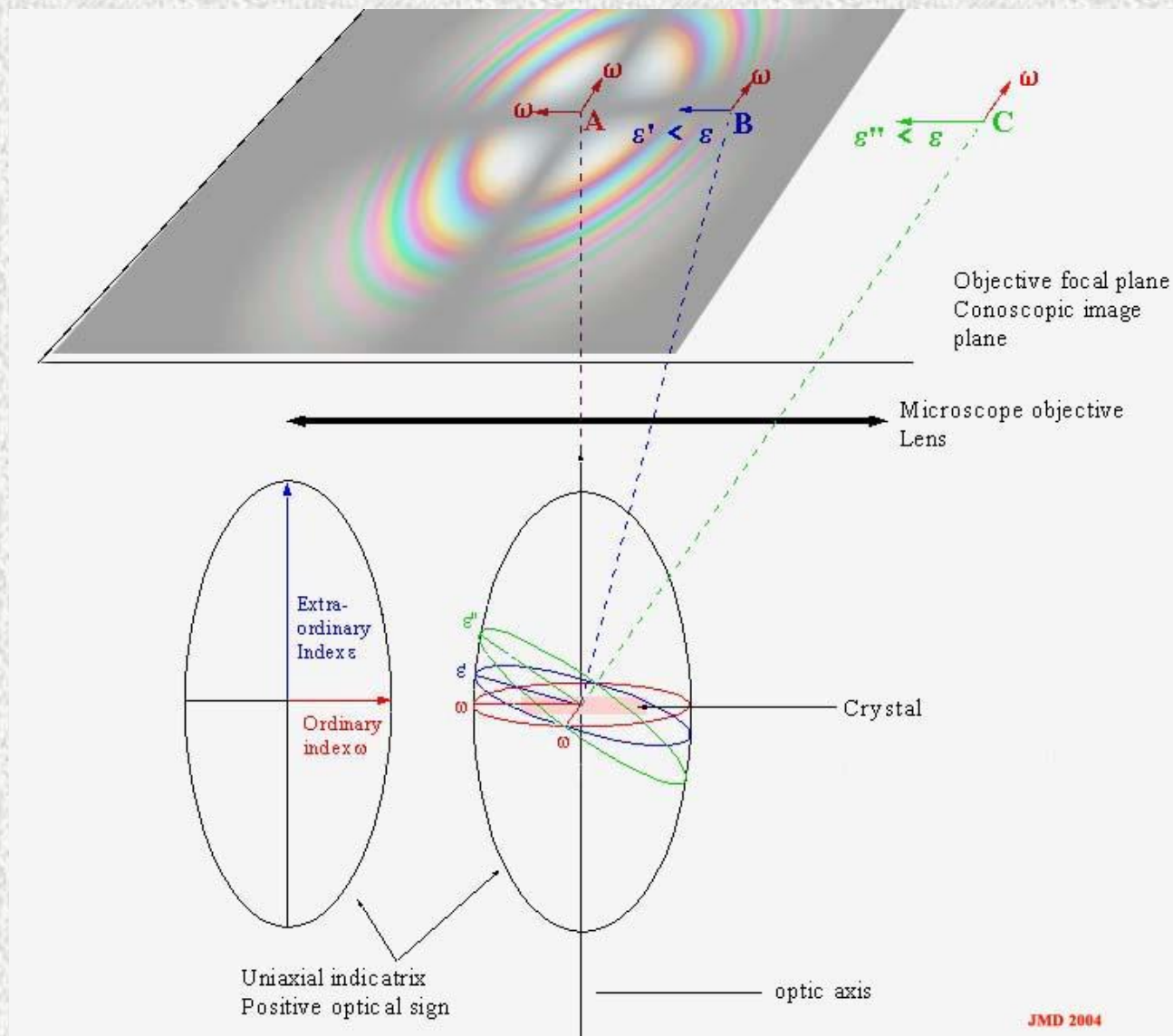
Figury konoskopowe



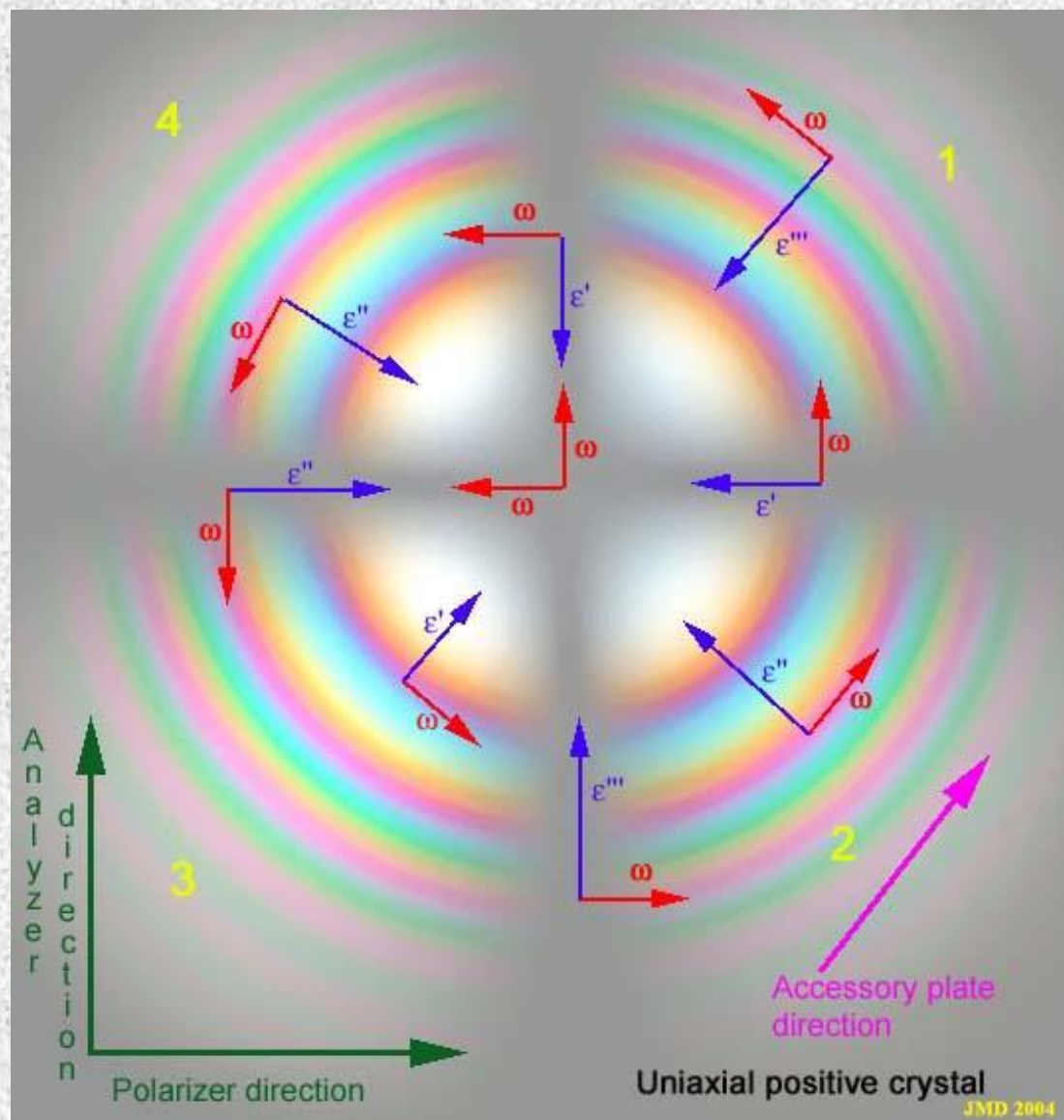
Rozkłady izochrom



Kryształy jednoosiowe



Kryształy jednoosiowe

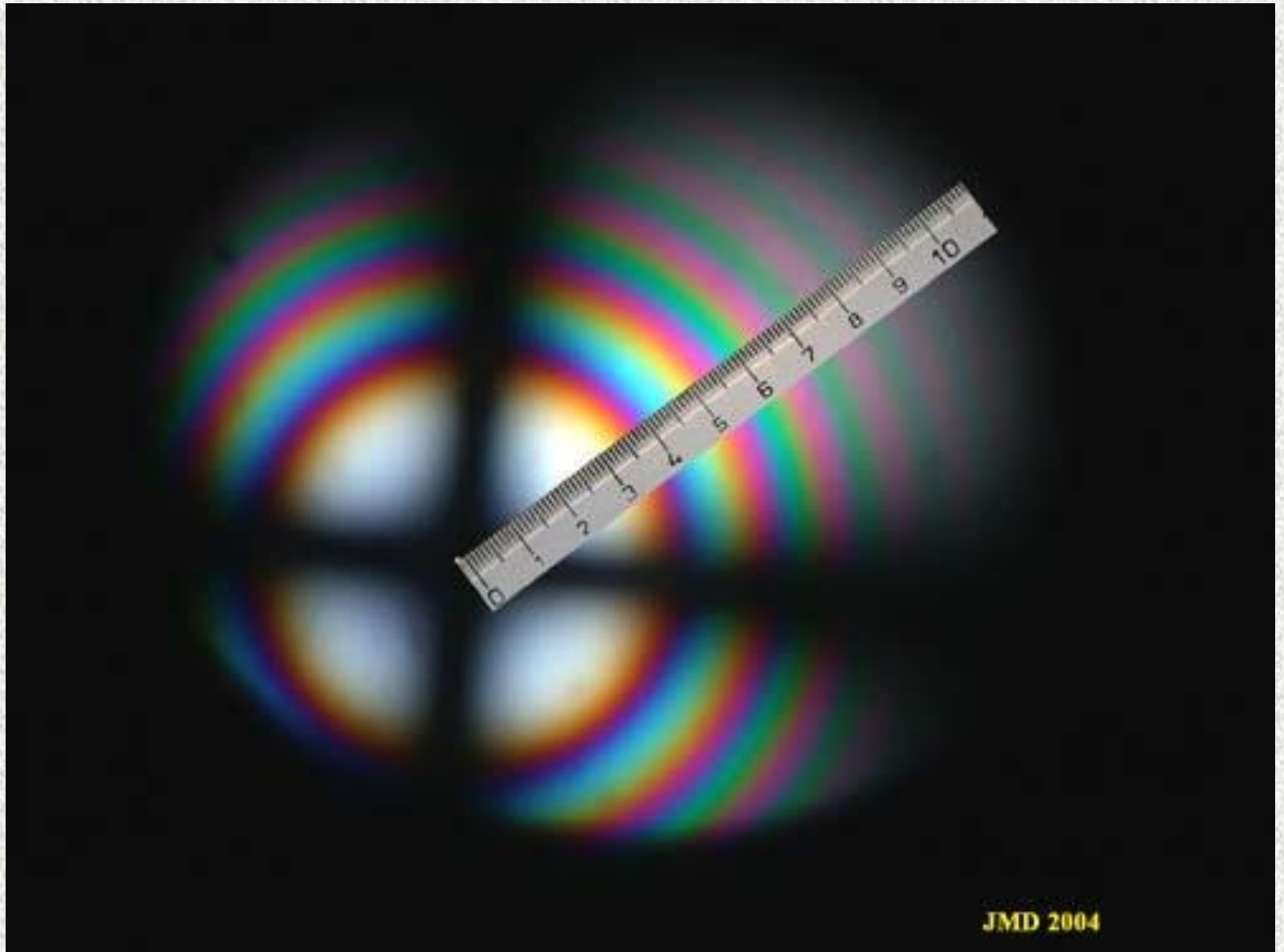


Kalcyt



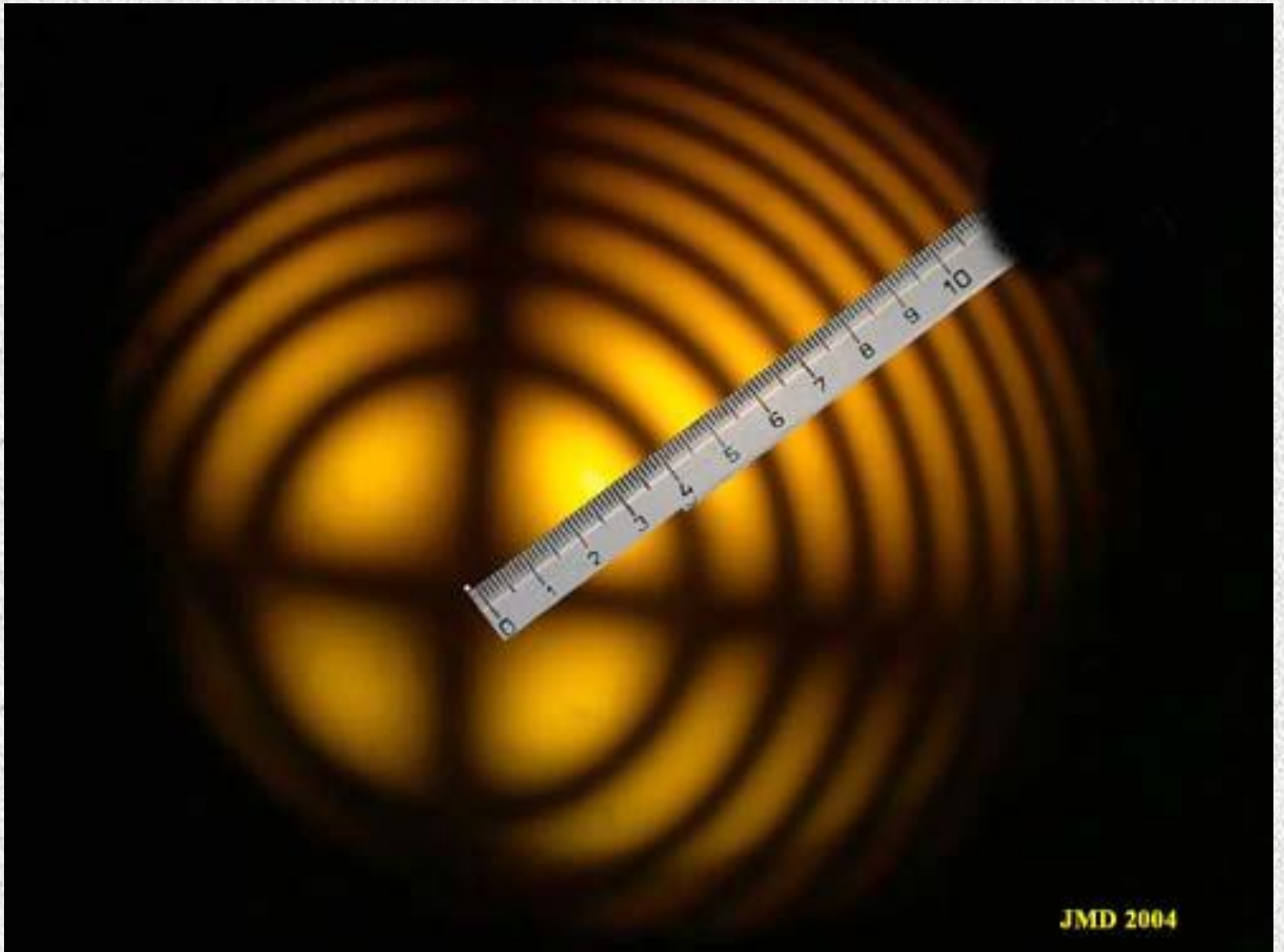
JMD 2004

Kalcyt



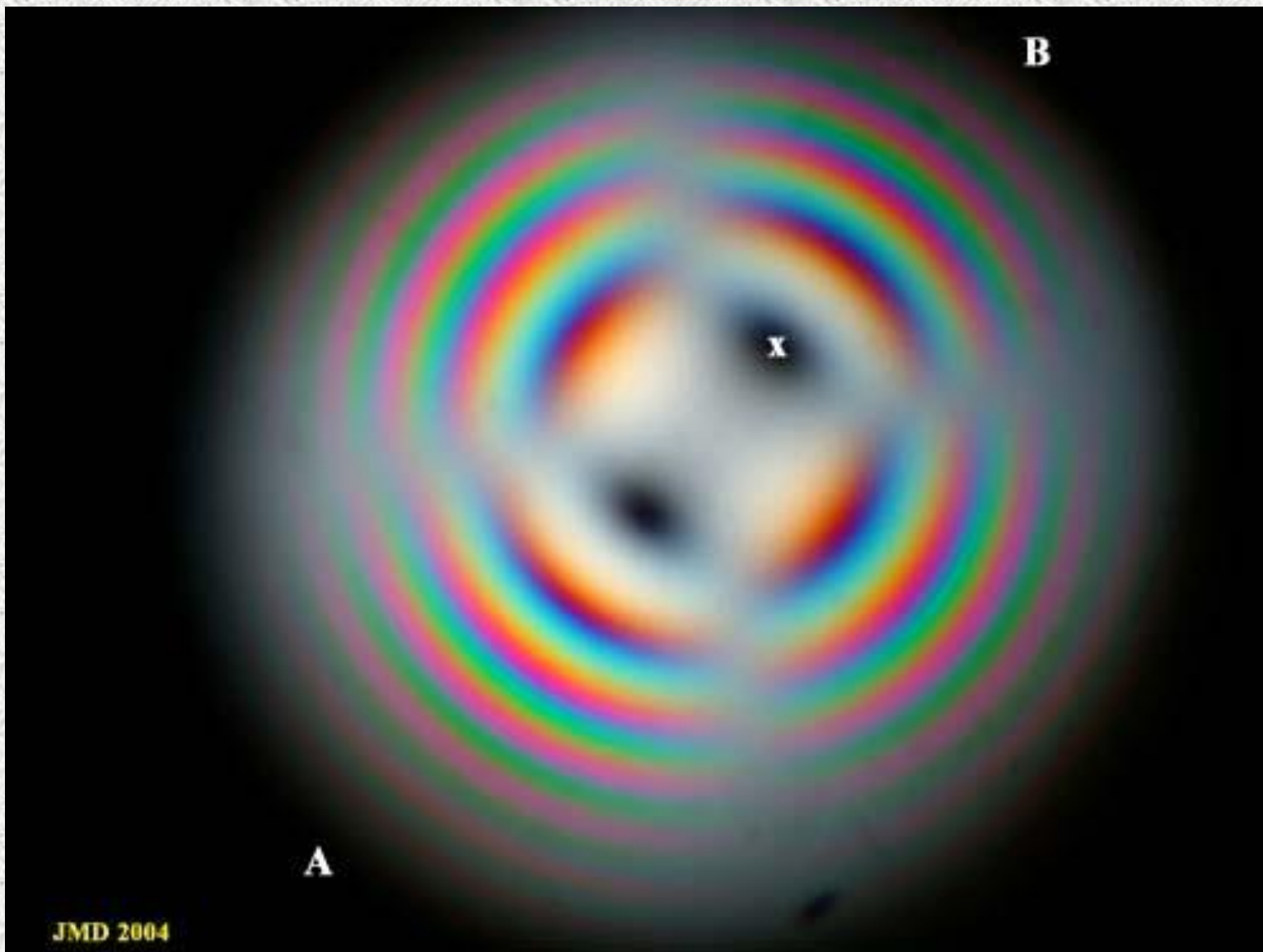
JMD 2004

Kalcyt

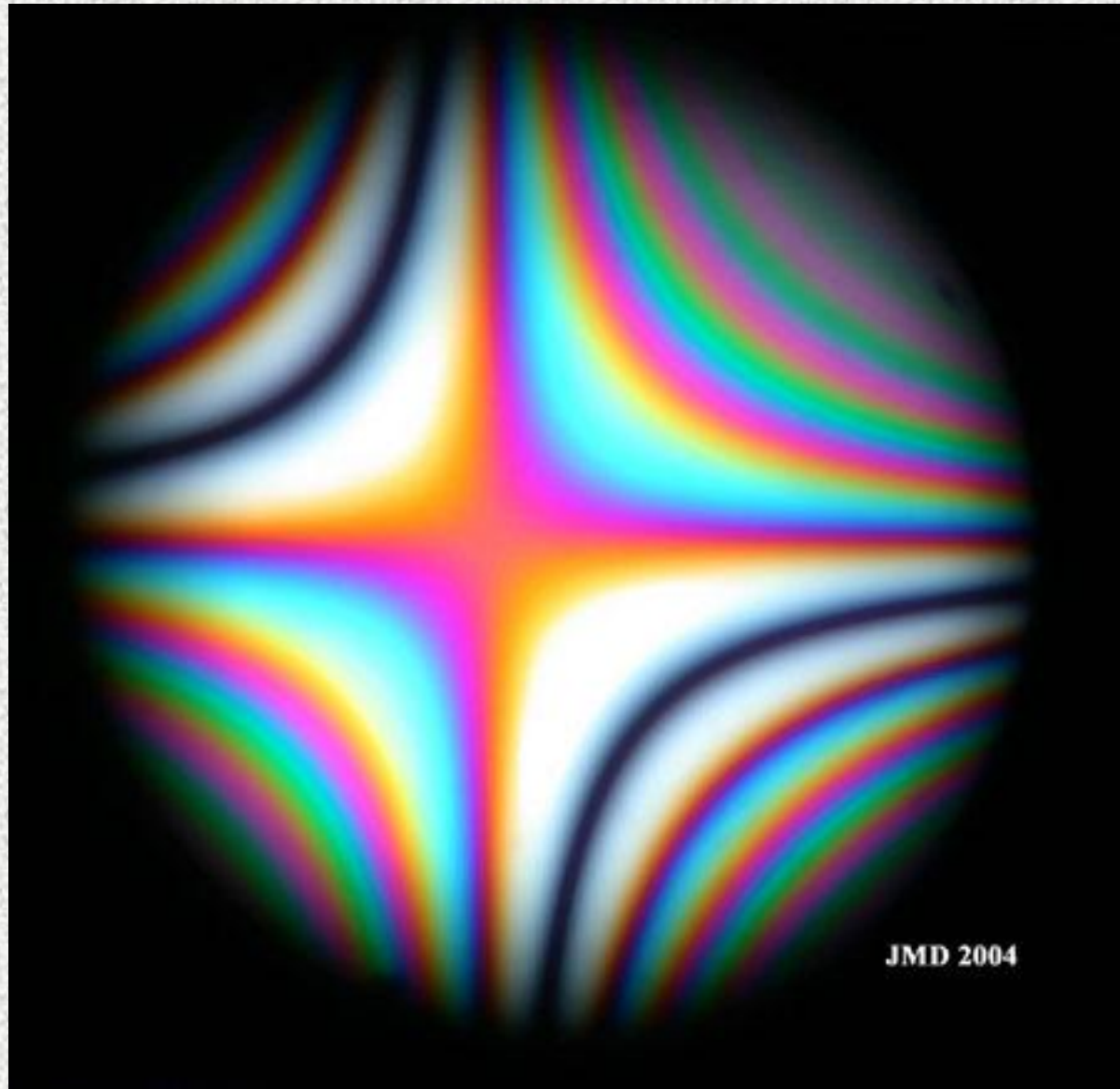


JMD 2004

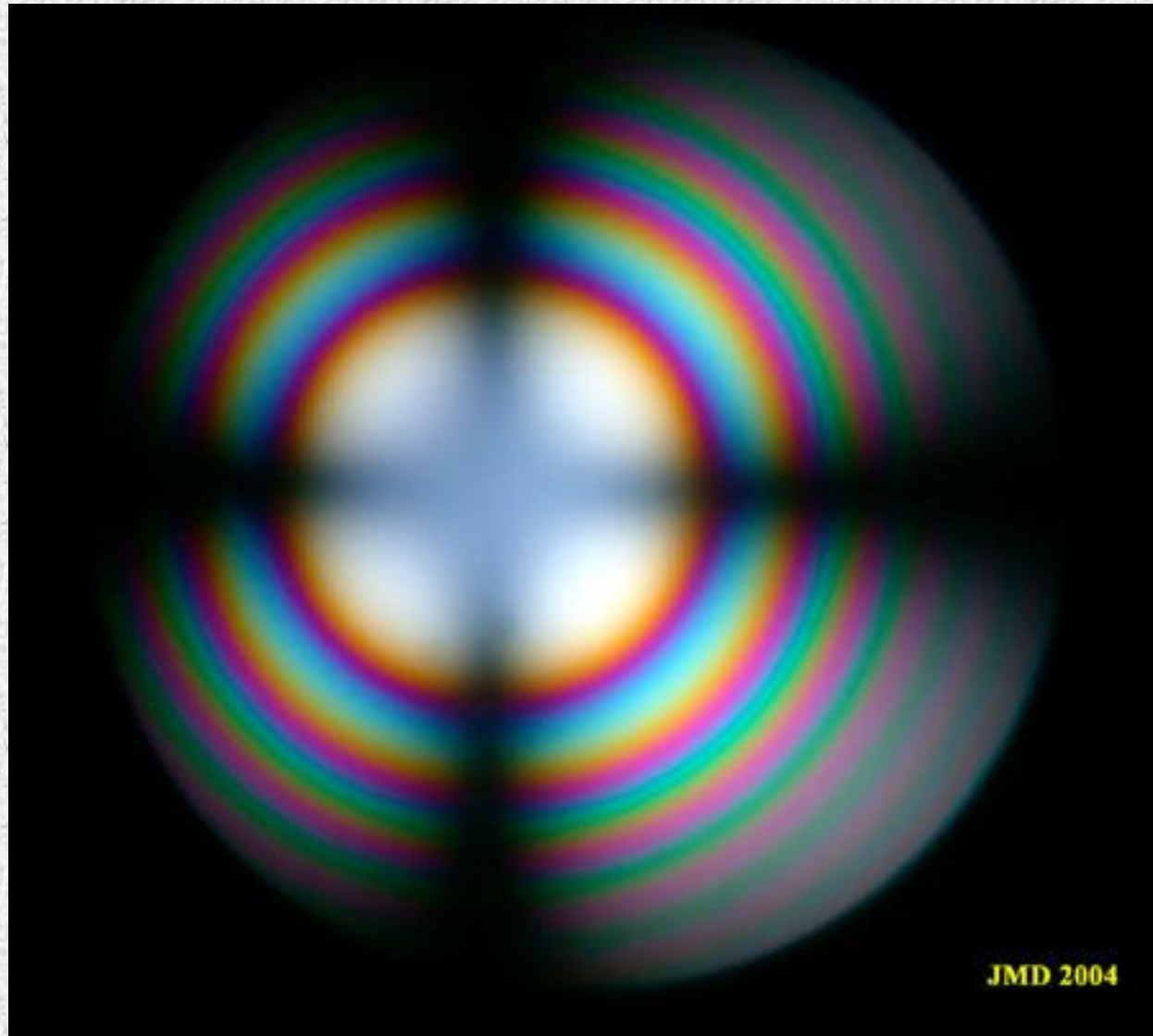
Kalcyt i ćwierćfalówka



Kwarc „normalny”

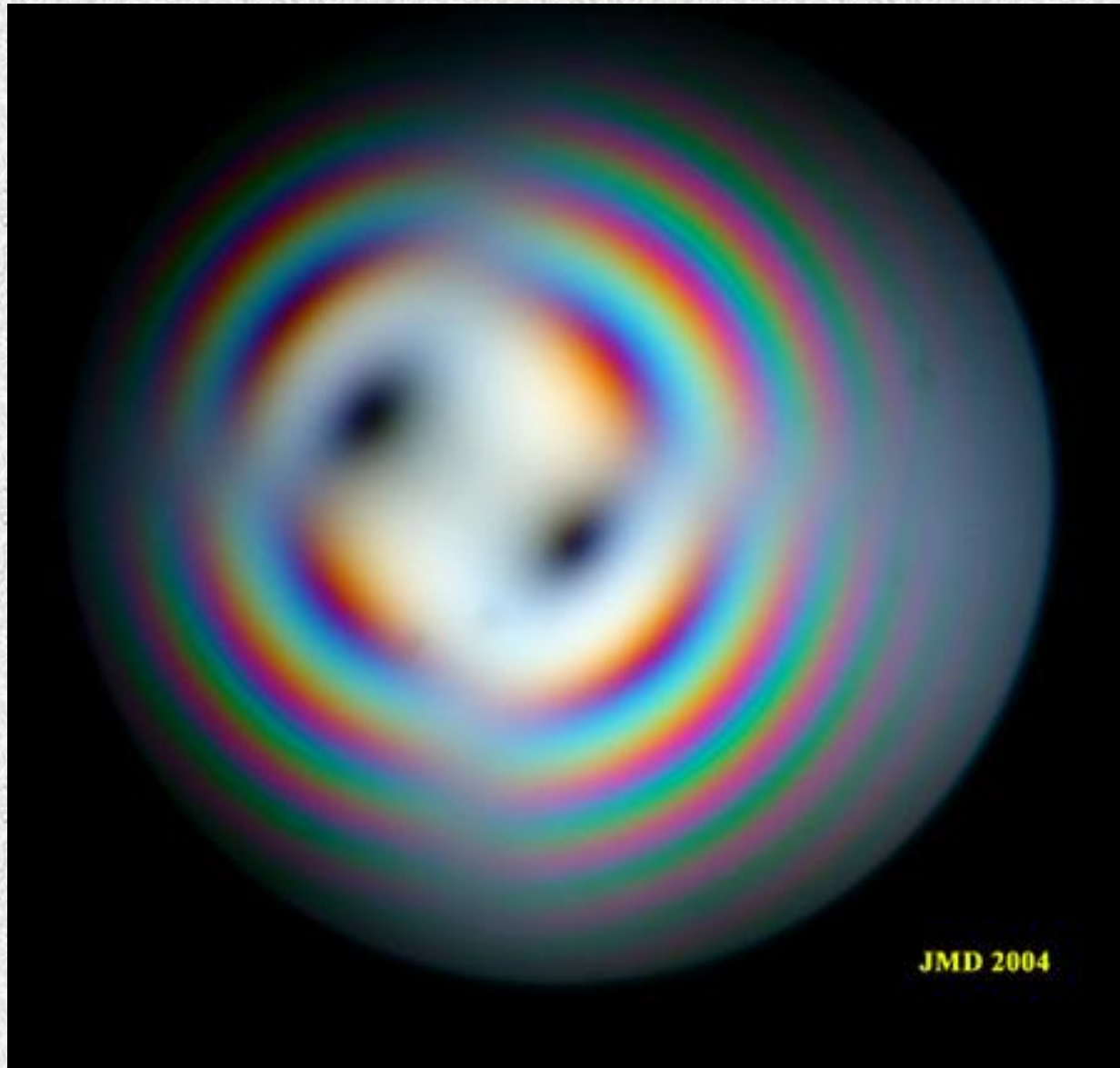


Kwarc „równoległy”

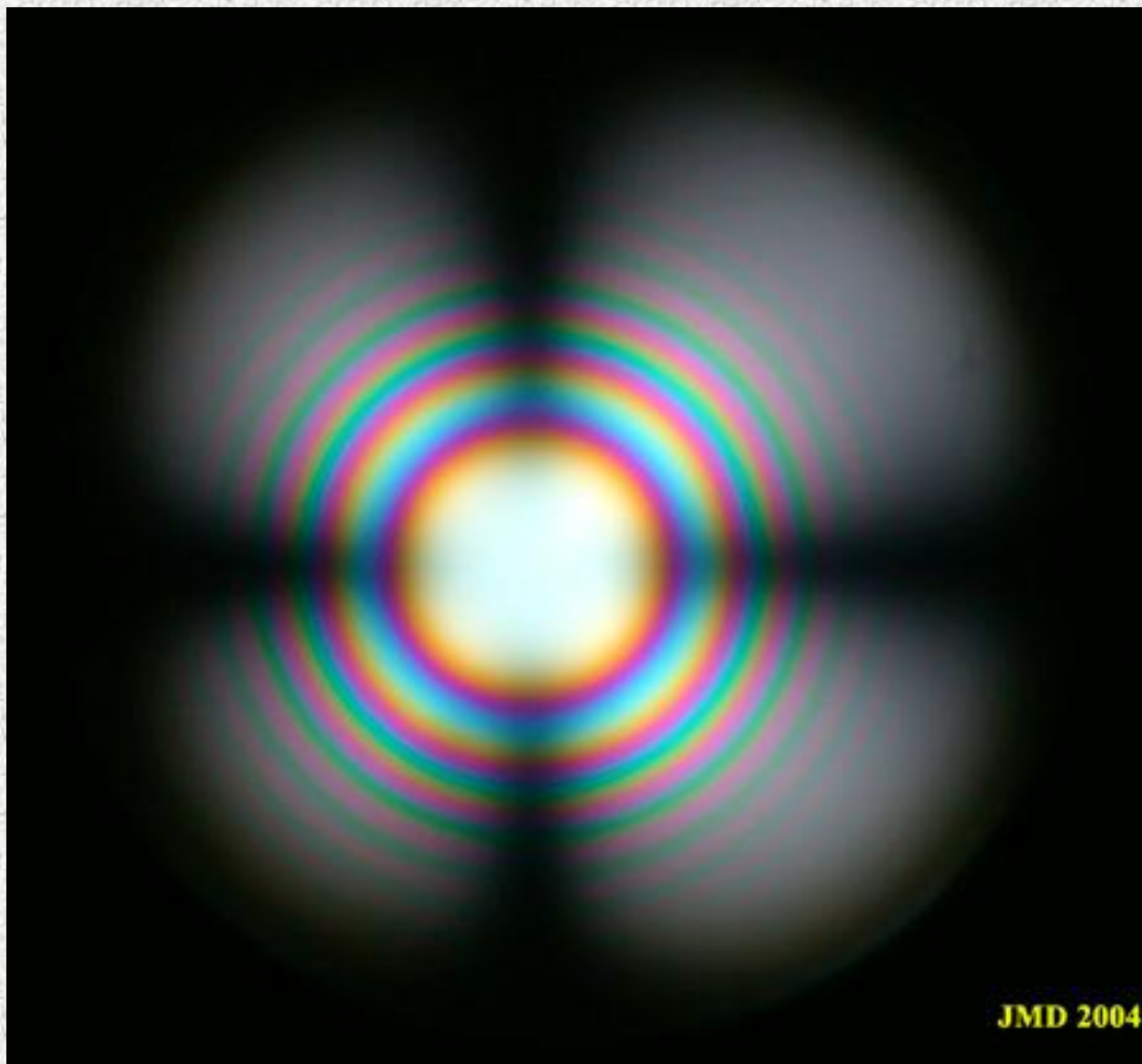


JMD 2004

Kwarc „równoległy” i ćwierćfalówka



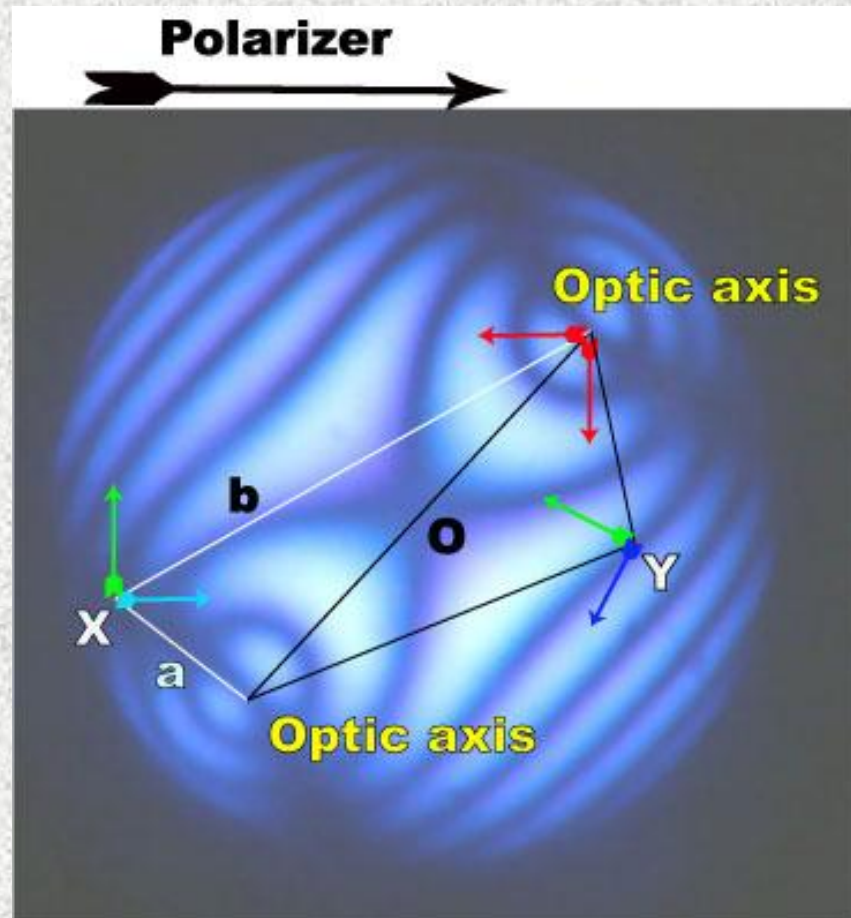
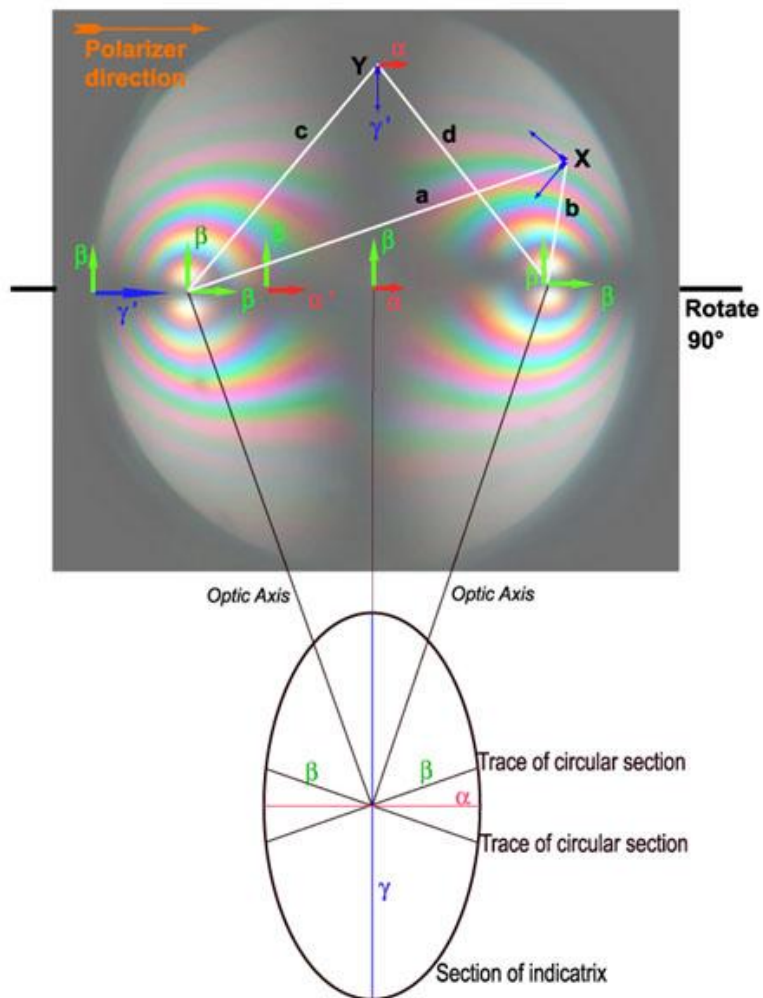
Kwarc „równoległy”



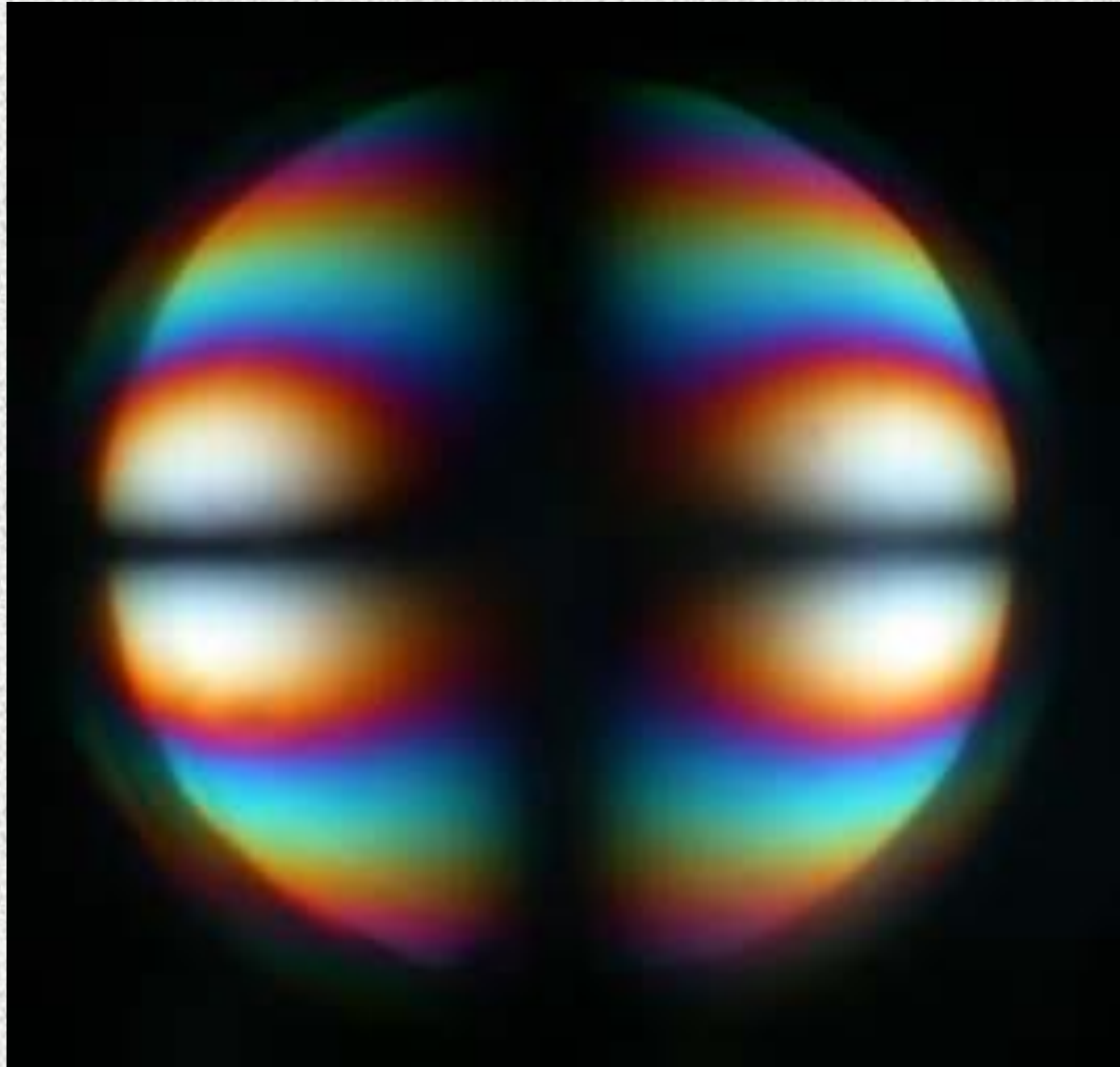
Kwarc „równoległy” i ćwierćfalówka



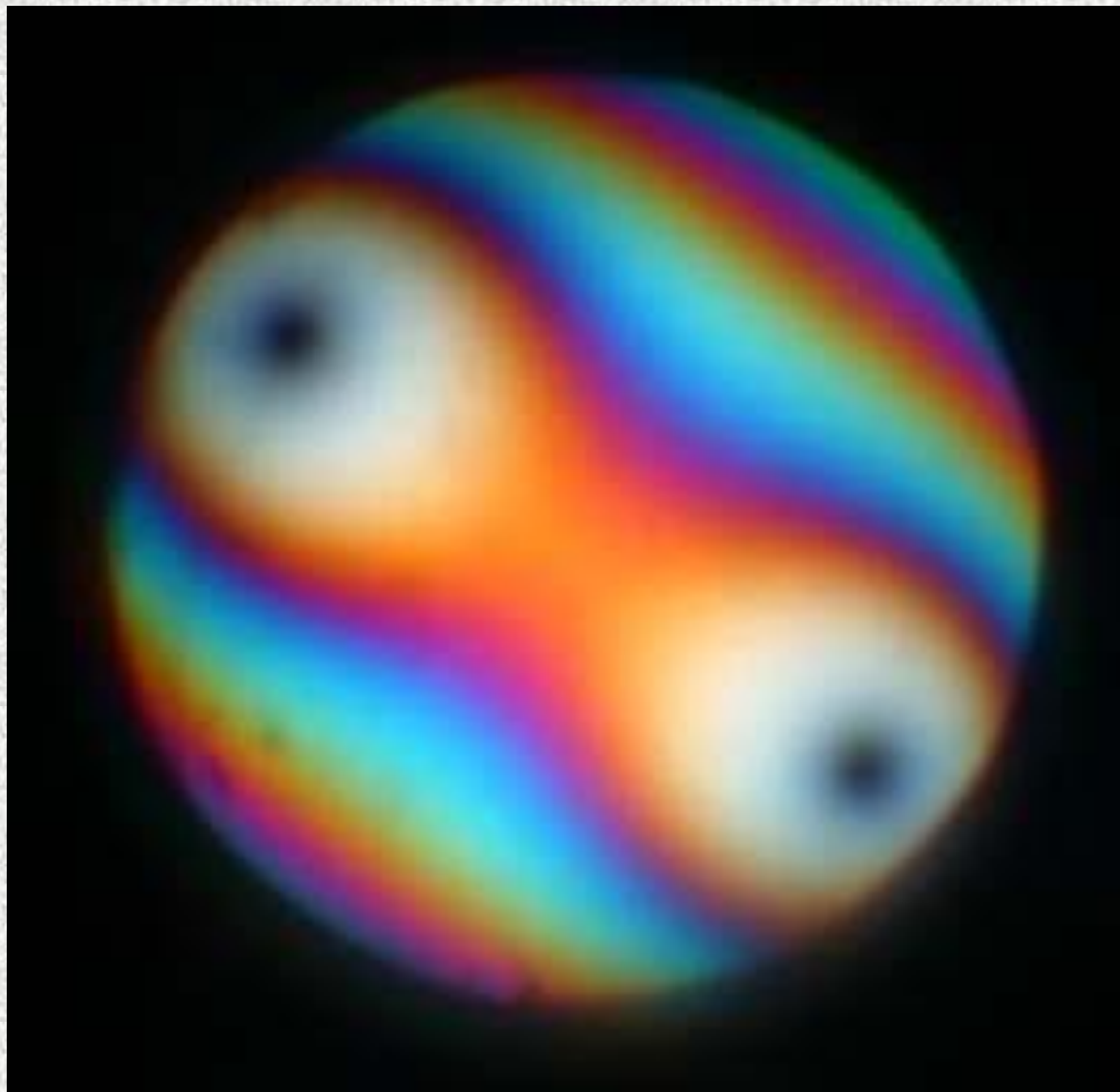
Kryształy dwuosiowe



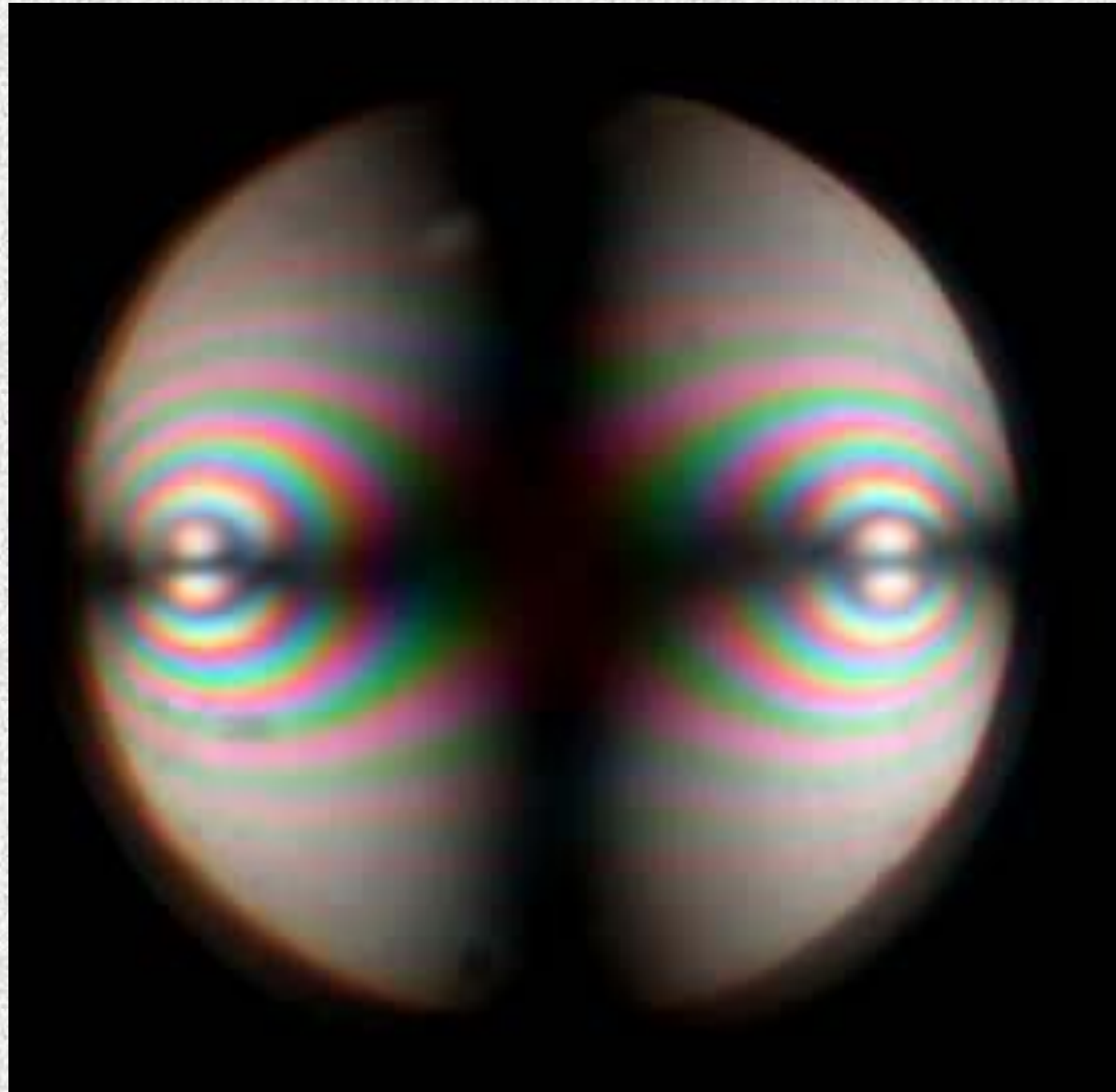
Muskowit



Muskowit (polaryskop kołowy)



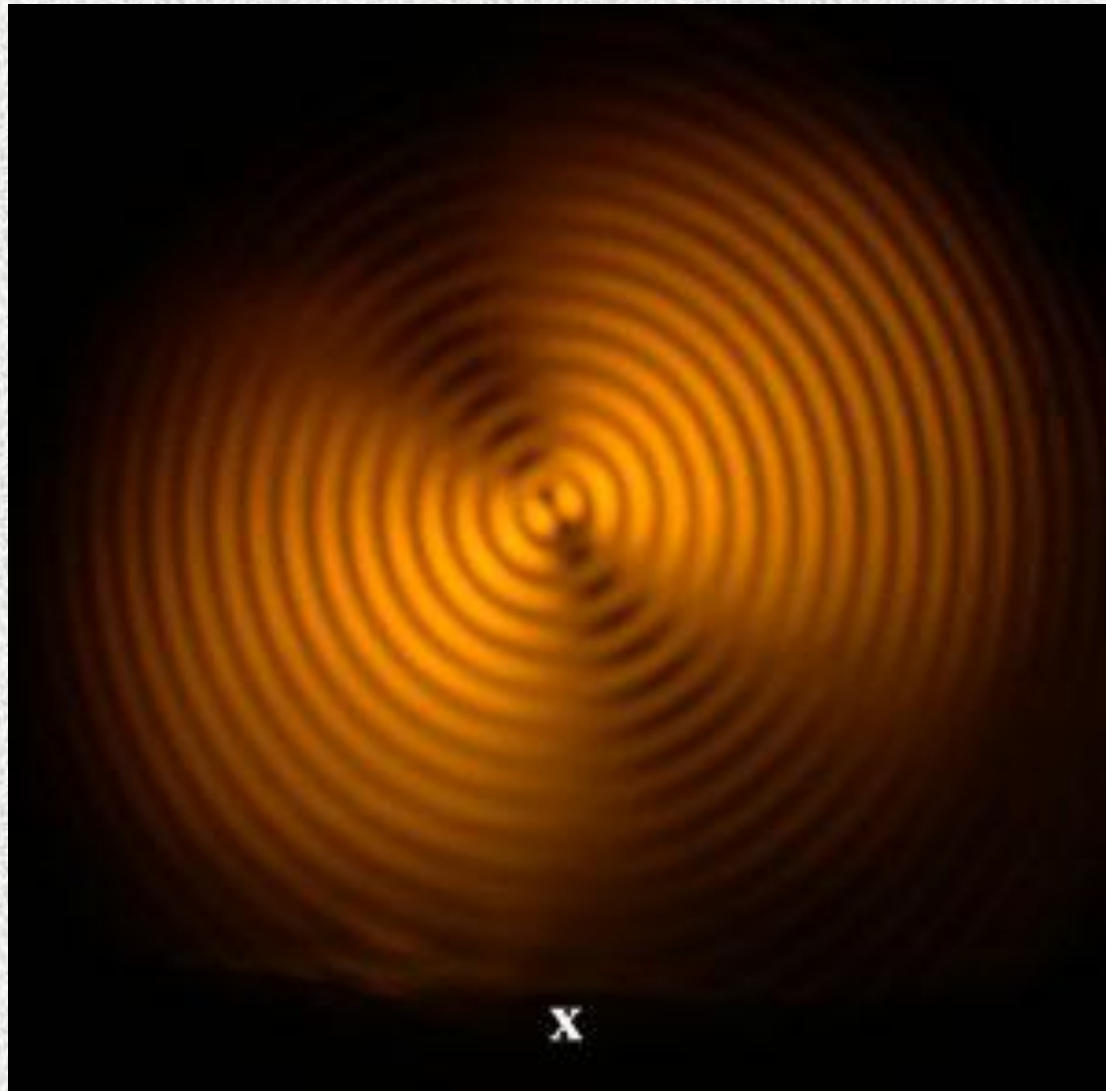
Muskowit



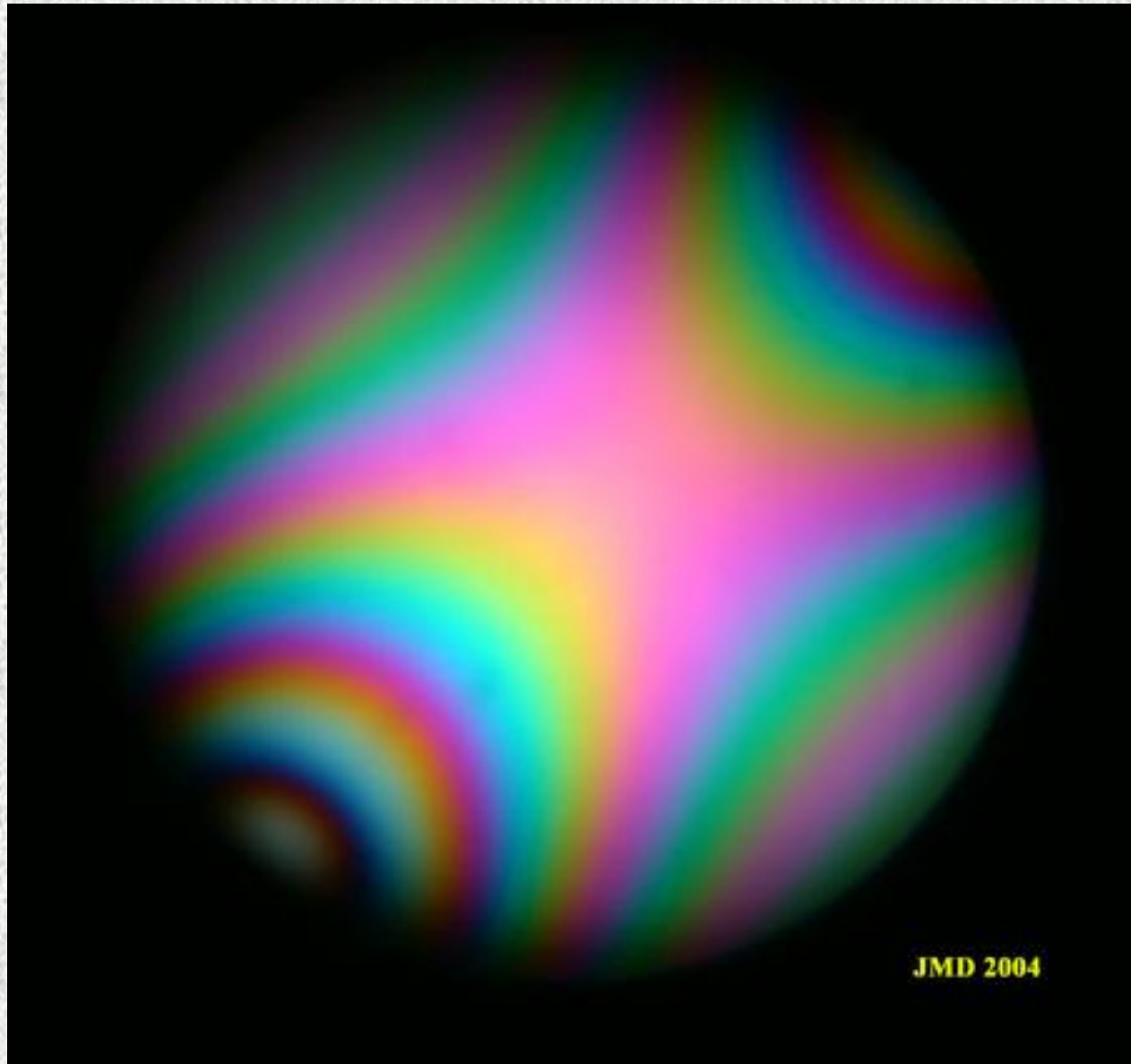
Muskowit



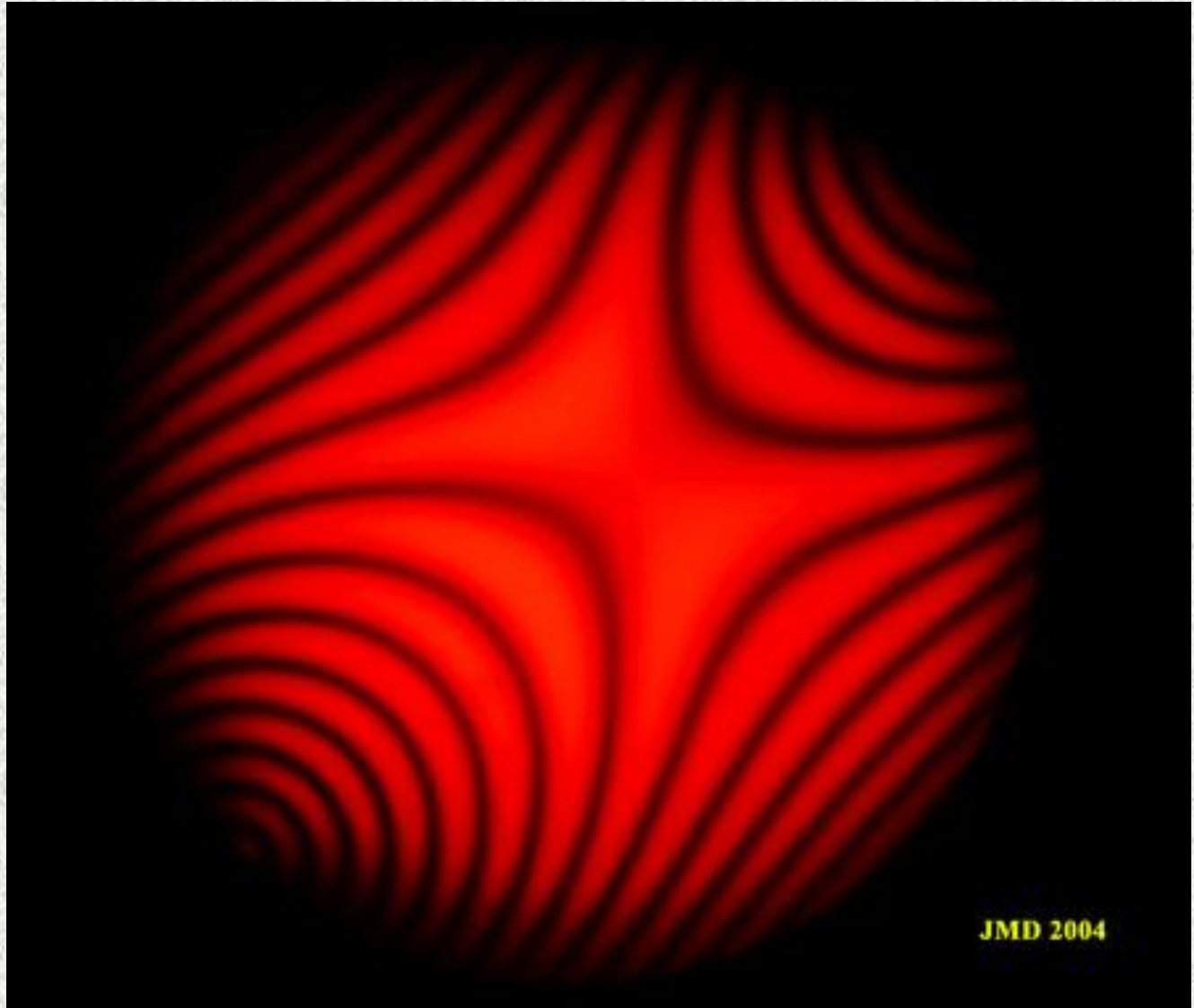
Danburyt



Topaz



Topaz



JMD 2004

Ciekłe kryształy

- definicja
- klasyfikacja
- własności
- zastosowania

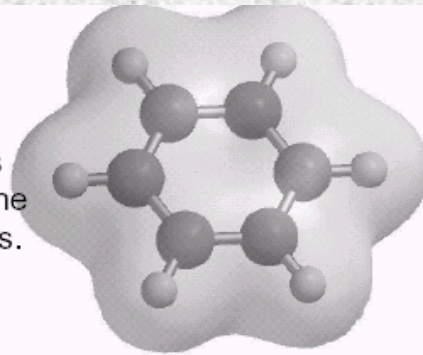
Nota biograficzna:

- Odkrywcą był austriacki botanik F. Reinitzer (1888), który został zaskoczony nienormalnym, 'dwustopniowym' sposobem topienia się nowo zsyntezowanego przez siebie benzoesu cholesterylu: najpierw w ciecz mętną, a przy dalszym jej ogrzewaniu w przeźroczystą.

PAA

Liquids *versus* Liquid Crystals

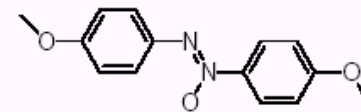
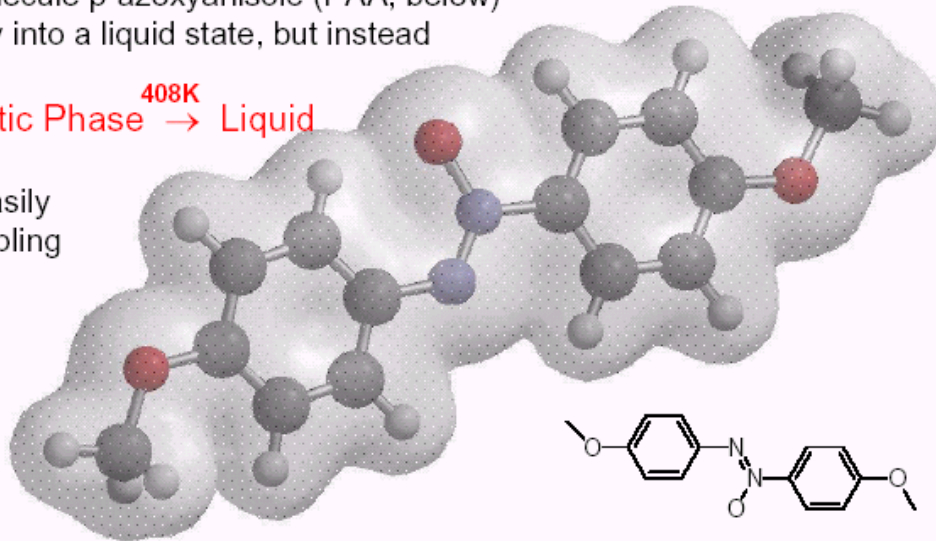
Benzene melts from the crystal into a liquid. Although its aspherical shape allows it to interact with a receptor, in the liquid it adopts an isotropic structure by rotational motions.



However more anisotropic molecules can form *liquid crystals* due to anisotropic interactions with their neighbours. The molecule p-azoxyanisole (PAA, below) does not melt directly into a liquid state, but instead

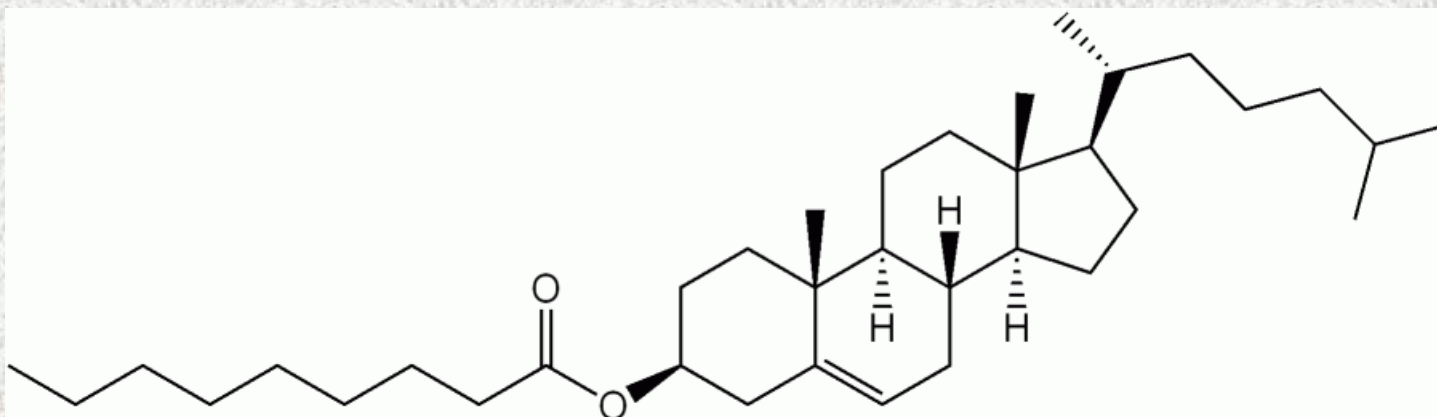
Solid $\xrightarrow{391\text{K}}$ Nematic Phase $\xrightarrow{408\text{K}}$ Liquid

Its shape is not so easily averaged out by tumbling about its long axis.



Pelargonian cholesterylu

- 3 β -cholest-5-en-3-ol nonaoate lub cholest-5-ene-3- β -yl nonanoate
- C₃₆H₆₂O₂
- chiralny nematyk
- topi się w temperaturze 80,5⁰C, stan cieczy izotropowej osiągając w temperaturze 90⁰C (temperatura klarowania). Po obniżeniu temperatury poniżej temperatury klarowania, wykazuje cechy ciekłego kryształu, przechodząc, w miarę obniżania temperatury przez fazę cholesterolową i smektyczną. Łatwo ulega przechłodzeniu, nawet do temperatury pokojowej



Definicje i własności

- stan przejściowy pomiędzy ciałem stałym a cieczą izotropową
- zdolność do płynięcia (cecha cieczy) połączona z daleko zasięgowym uporządkowaniem struktury (cecha kryształu)
- faza ciekłokrystaliczna – mezofaza
- generowanie faz ciekłokrystalicznych
 - termotropowe
 - liotropowe

Podział ciekłych kryształów:



Ciekłe kryształy termotropowe

Kształty cząsteczek
termotropowych ciekłych kryształów



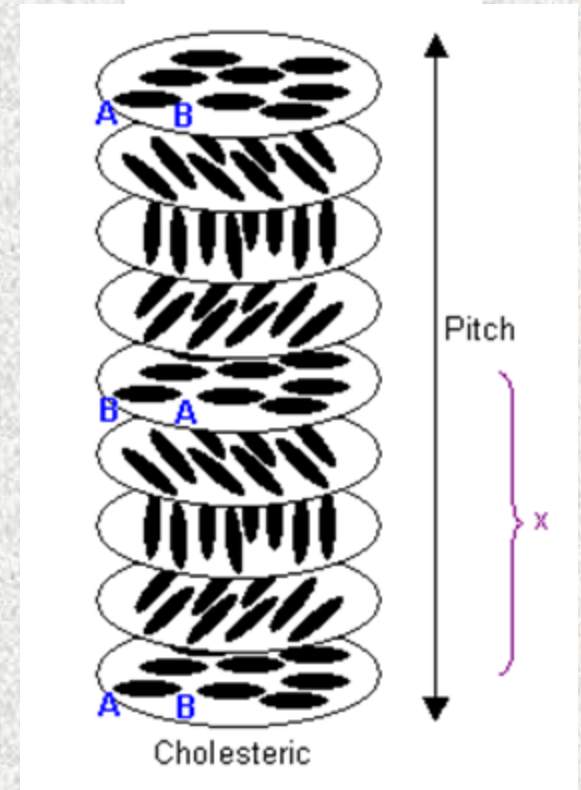
PRĘTOPODOBNE



DYSKOPODOBNE

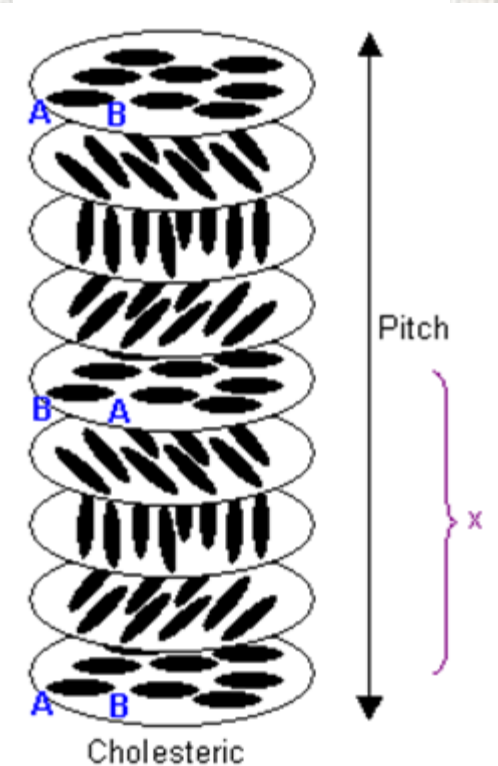
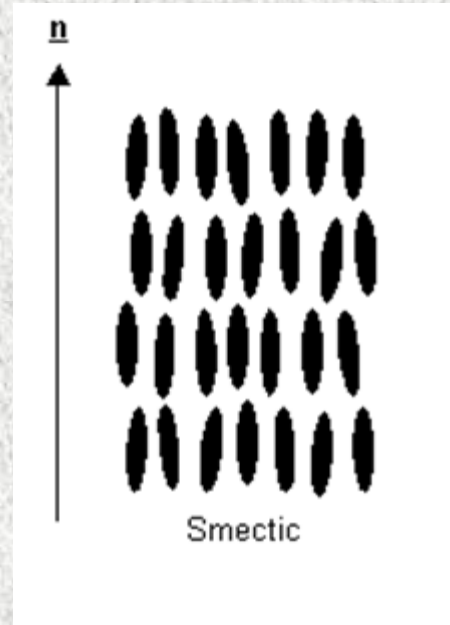
Fazy termotropowe N

- nematyczna N : wszystkie molekuły są w przybliżeniu wzajemnie równoległe. Nematyk jest optycznie jednoosiowy, dodatni
- nematyczna N* (cholesteryk) : molekuły chiralne są ułożone warstwami jak kartki w książce, w każdej warstwie są wzajemnie równoległe a wektor kierunkowy w każdej kolejnej warstwie zmienia kierunek o tę samą wartość. Cholesteryk N* jest jednoosiowy i aktywny optycznie



Fazy termotropowe S

- fazy smektyczne S: molekuły są ułożone w warstwy, a a osie molekuł tworzą z normalną do warstwy kąt $< 90^\circ$
 - smektyk S_A i S_A^* : molekuły są ułożone w warstwy, równoległe do siebie i do normalnej do powierzchni warstw. Smektyk S_A jest jednoosiowy dodatni, a smektyk S_A^* jest jednoosiowy i optycznie aktywny



Fazy termotropowe S

- smektyk S_B i S^*_B : jak wyżej, z tym, że molekuły w warstwie tworzą strukturę heksagonalną
- smektyk S_C : jak w S_A , ale kąt z normalną różny od zera
- smektyk S^*_C : jak S_C , ale wersor kierunkowy molekuł obraca się w kolejnych warstwach wokół normalnej o stały kąt
- pozostałe z indeksami od D do I różnią się symetrią uporządkowania

Polimorfizm

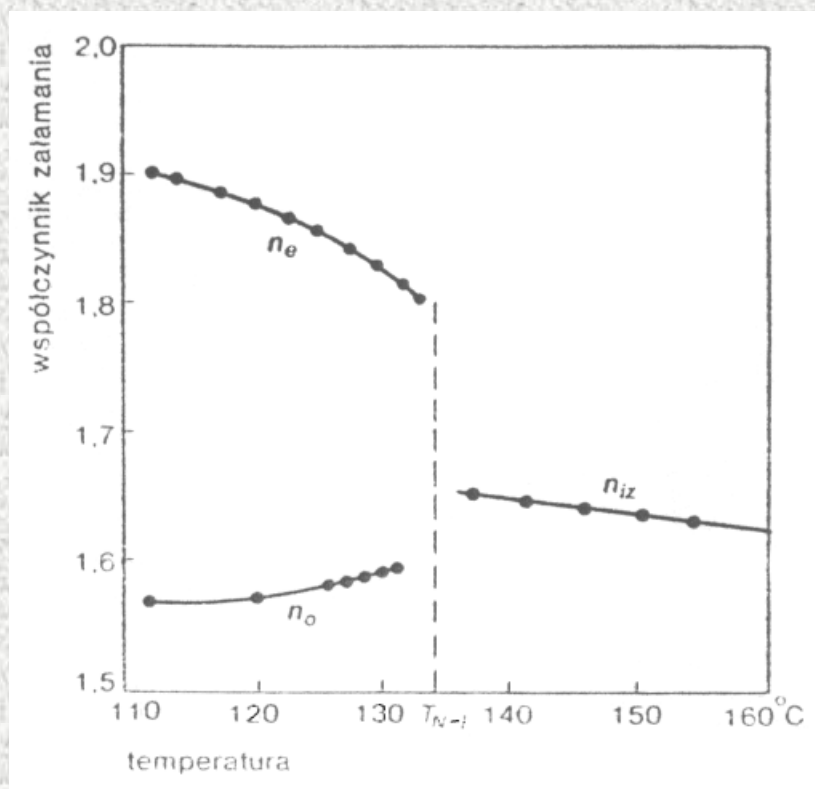
- między fazą stałą a izomorficzną może występować jedna faza kryształu (monomorfizm), dwie (dimorfizm) aż do sześciu (heksamorfizm)
- przykład $S_G-S_F-S_B-S_C-S_A-N$

lub

Solid $\rightarrow$ Smectic C $\rightarrow$ Smectic A $\rightarrow$ Nematic $\rightarrow$ Liquid

Właściwości optyczne

bardzo duża dwójłomność,
zarówno naturalna jak i wymuszana !!!



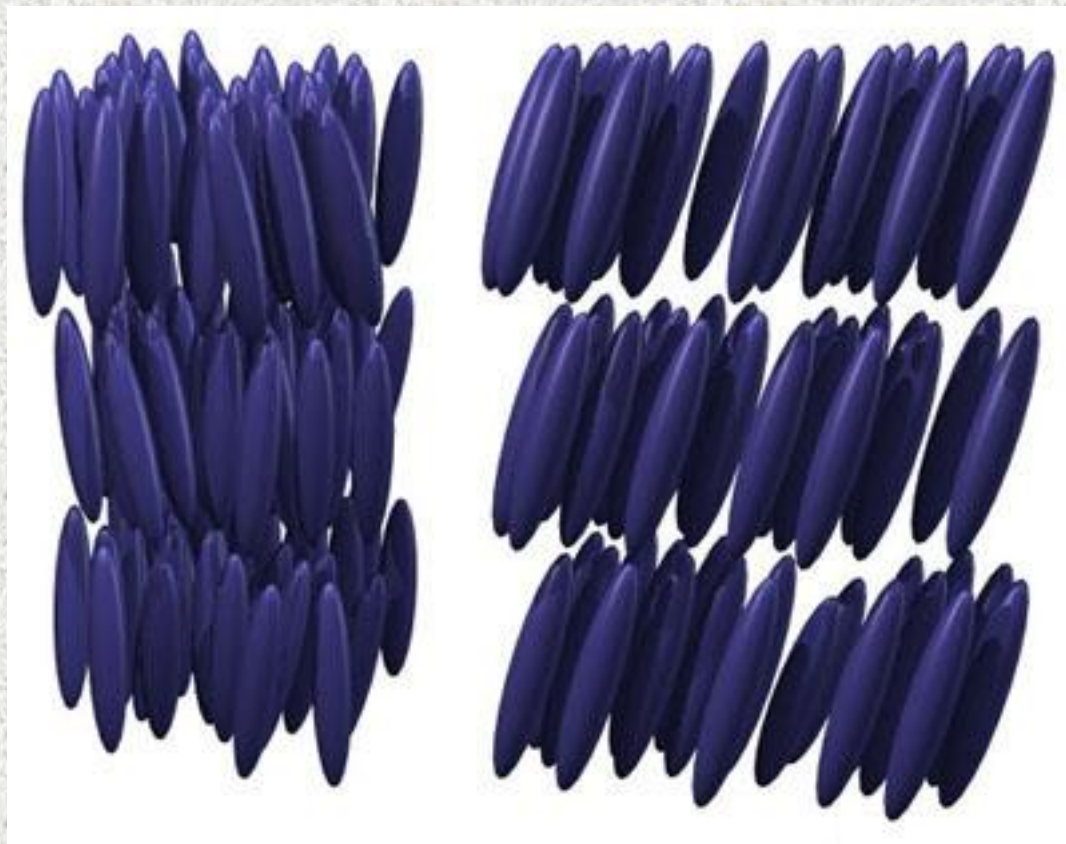
Właściwości optyczne

- aktywność optyczna
- dichroizm liniowy i kołowy
- silne selektywne odbicie światła od struktur i tekstur aktywnych optycznie
- elektrooptyczny efekt Kerra, **100** razy silniejszy niż w nitrobenzenie
 - zmiana skoku helisy, a więc barwy światła odbitego
 - zmiana ośrodka jedno- w dwuosiowy

Klasyfikacja



Nematyk



Smektyk A

Smektyk C

Klasyfikacja



Ciekły kryształ chiralny

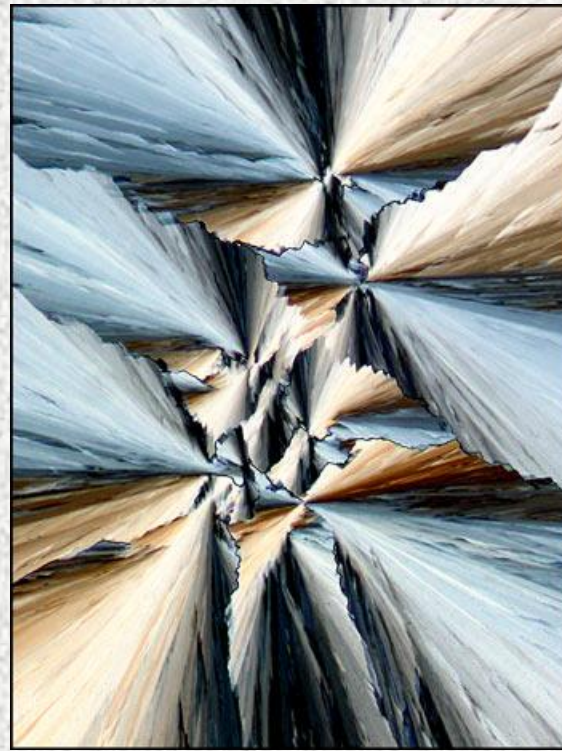
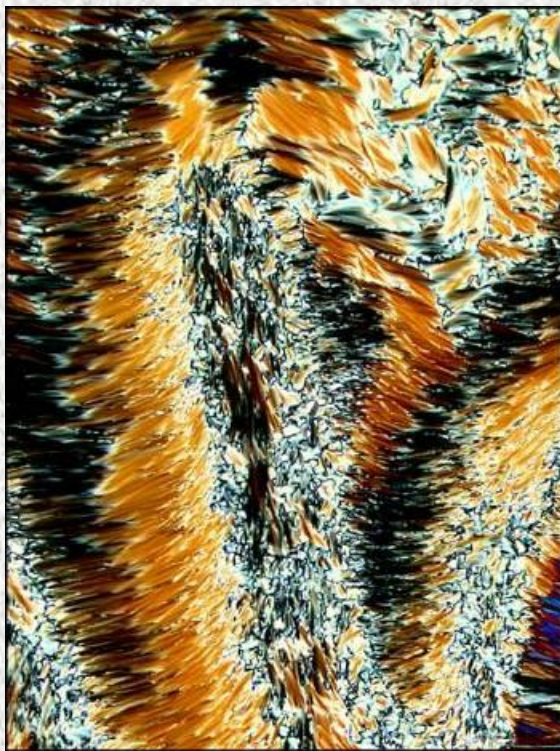
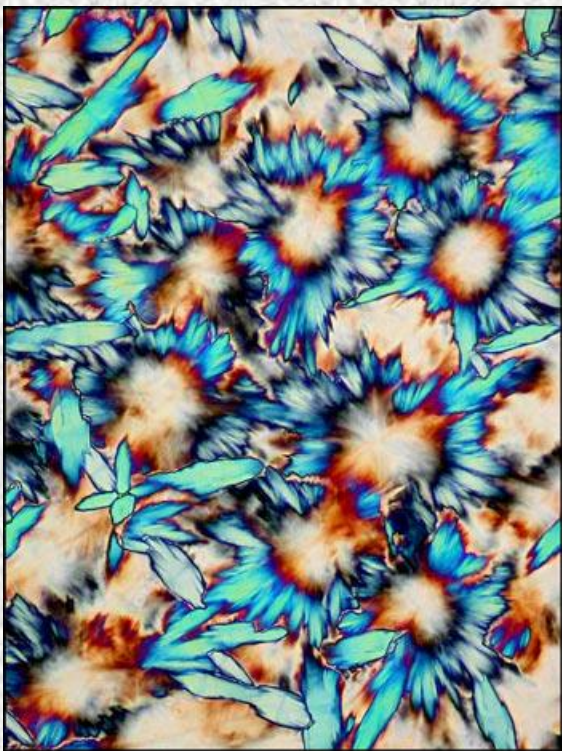
Tekstura

- regularne lub nieregularne rozmieszczenie domen kryształów w materiałach, które są częściowo krystaliczne i częściowo amorficzne (ma ona duży wpływ na ich własności fizyczne). Swoiste tekstury występują też w ciekłych kryształach, umożliwiając rozróżnienie różnych ich typów

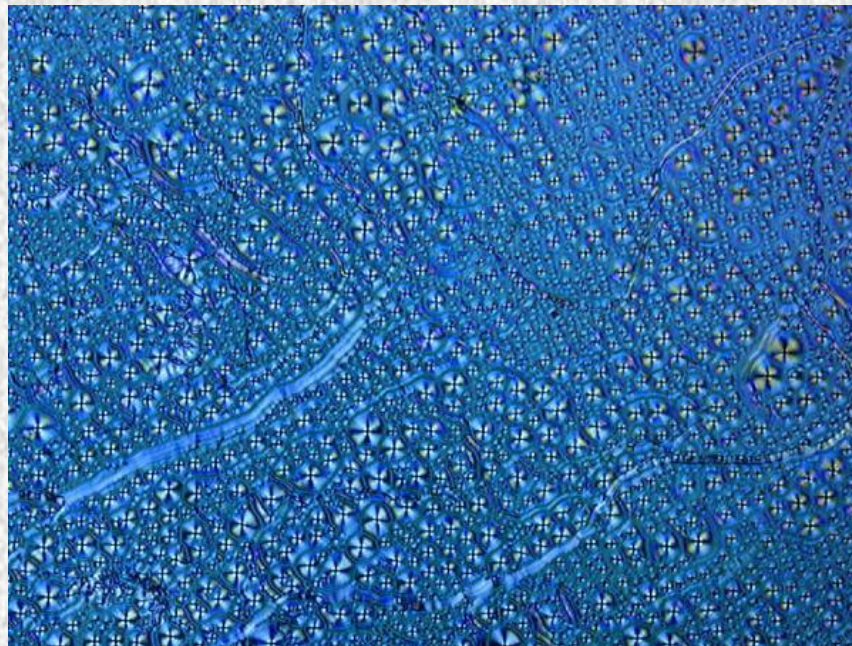
Tekstury



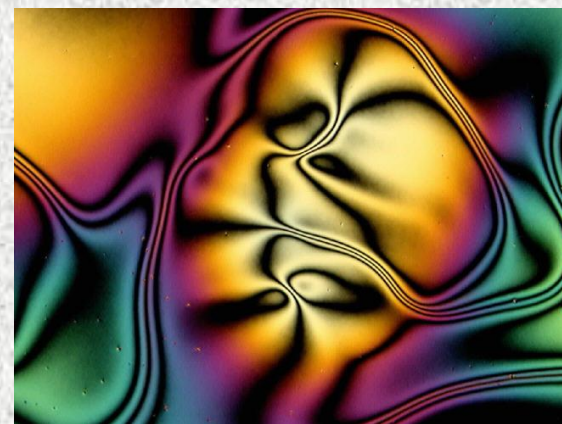
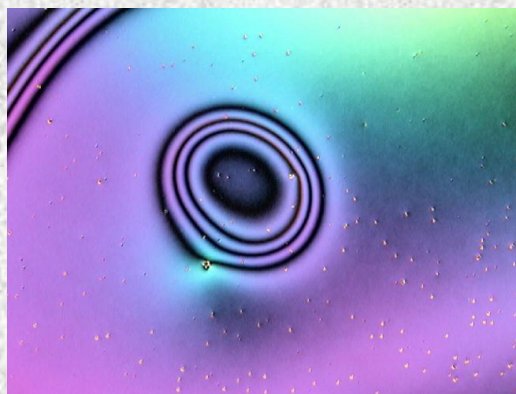
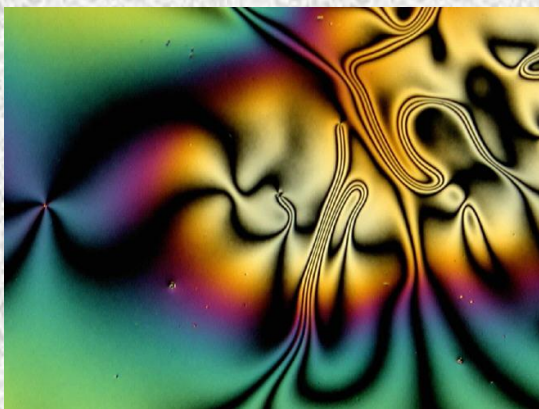
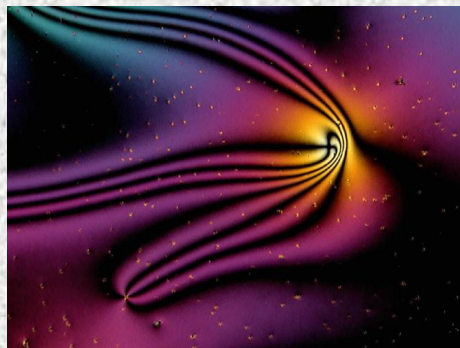
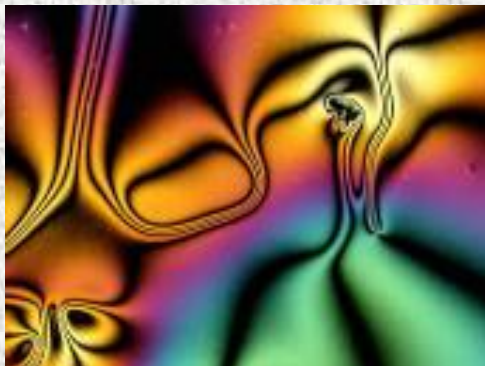
Tekstury



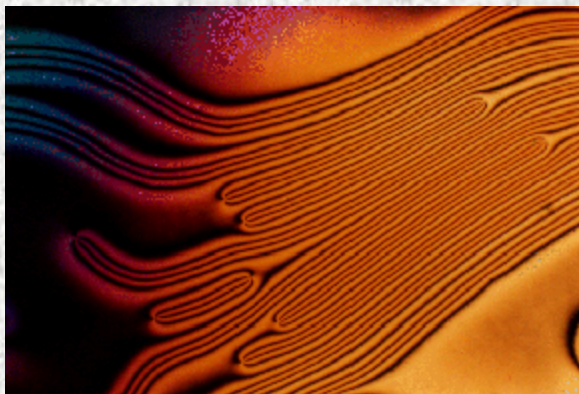
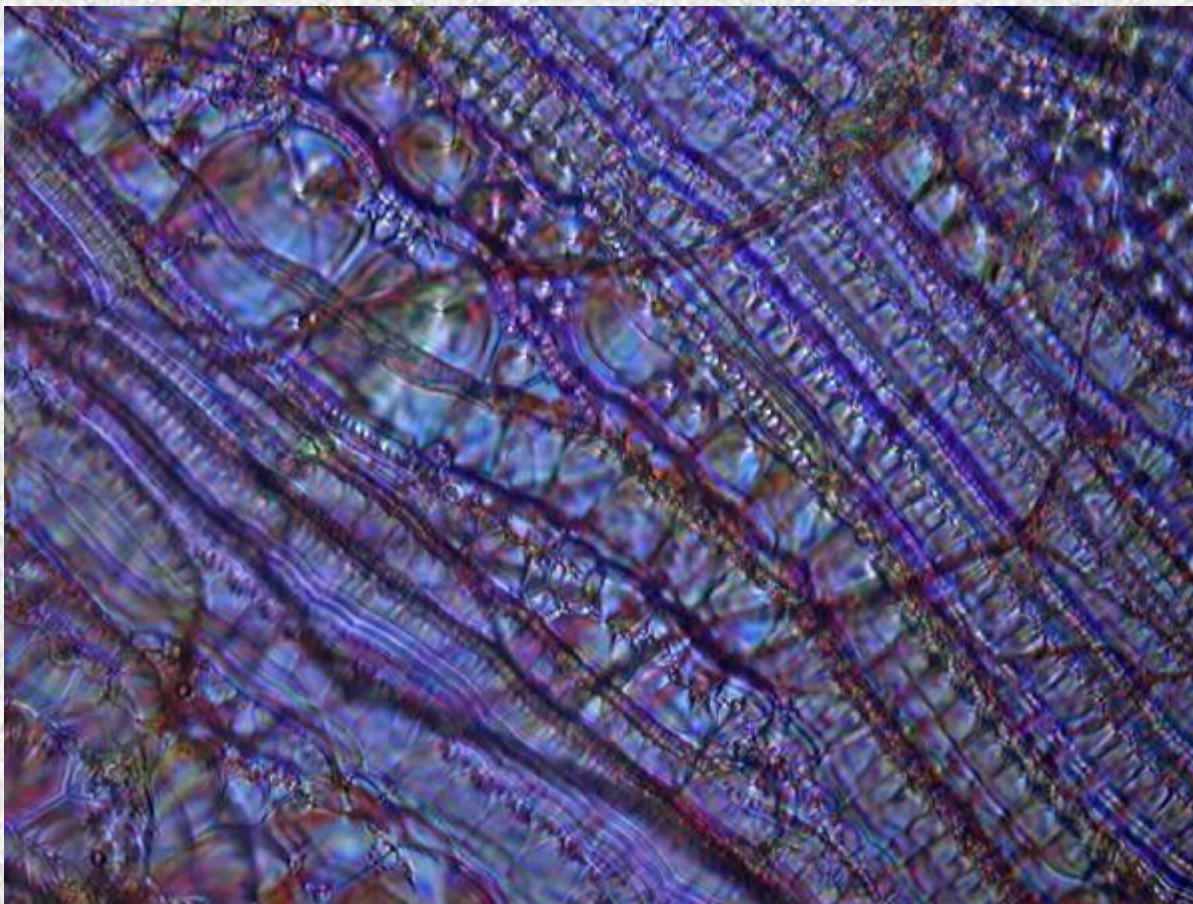
Tekstury



Tekstury

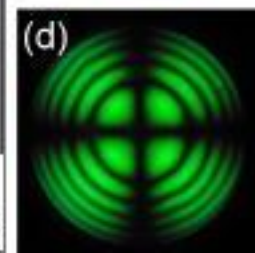
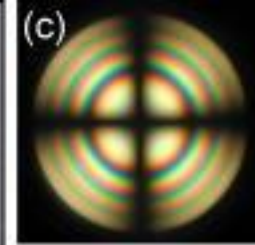
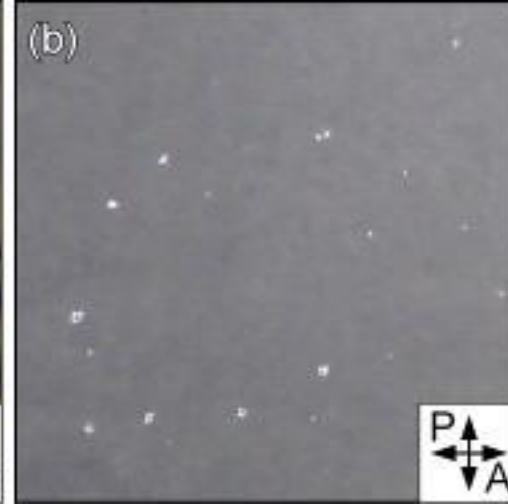
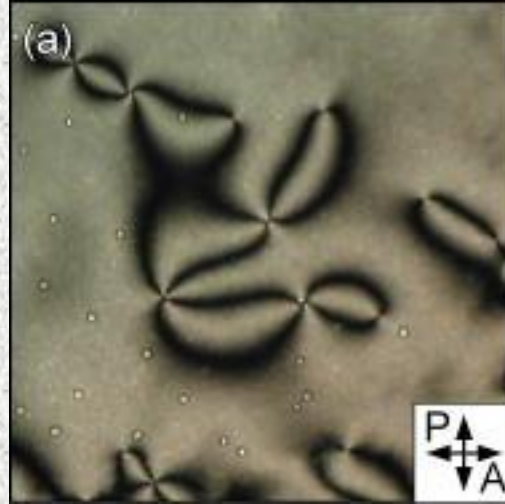


Tekstury



Tekstury

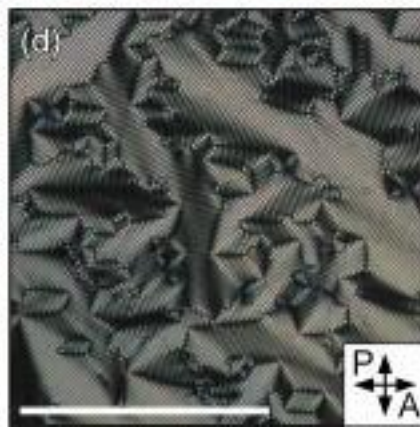
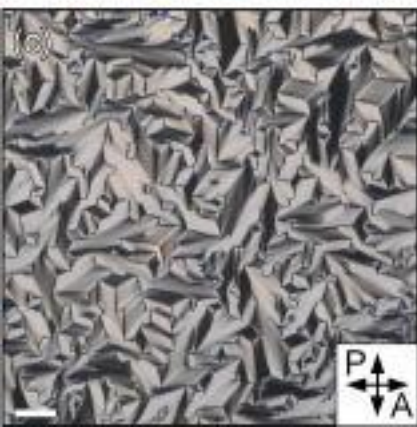
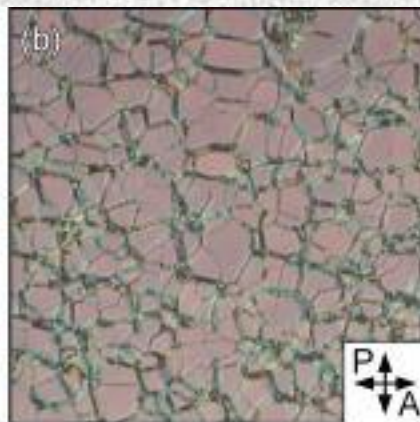
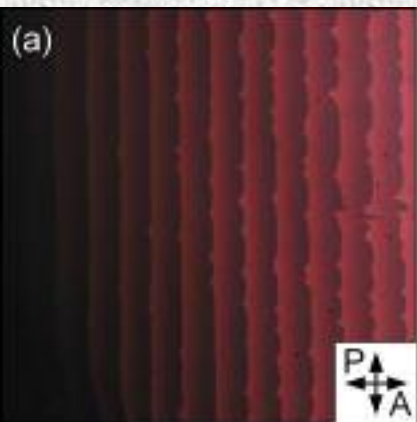
- tekstura homeotropowa: oś optyczna jest równoległa do kierunku obserwacji, wskutek czego pole widzenia (w krzyżu polaryzacyjnym) jest ciemne (od cieczy izotropowej można tę sytuację odróżnić obserwacją w świetle zbieżnym)
- tekstura planarna: oś leży w płaszczyźnie powierzchni cieczy
- tekstura marmurowa: jednorodne, oddzielne obszary, w każdym z których oś może mieć inny kierunek
- tekstura nitkowata: w grubych próbkach na jasnym tle widoczne cienkie linie o nieregularnym kształcie
- tekstura węłowa: w cienkich próbkach widoczne punktowe defekty uporządkowania
- tekstura konfokalna
- tekstura poligonalna
- tekstura wachlarzowata
- tekstura „odcisków palców”



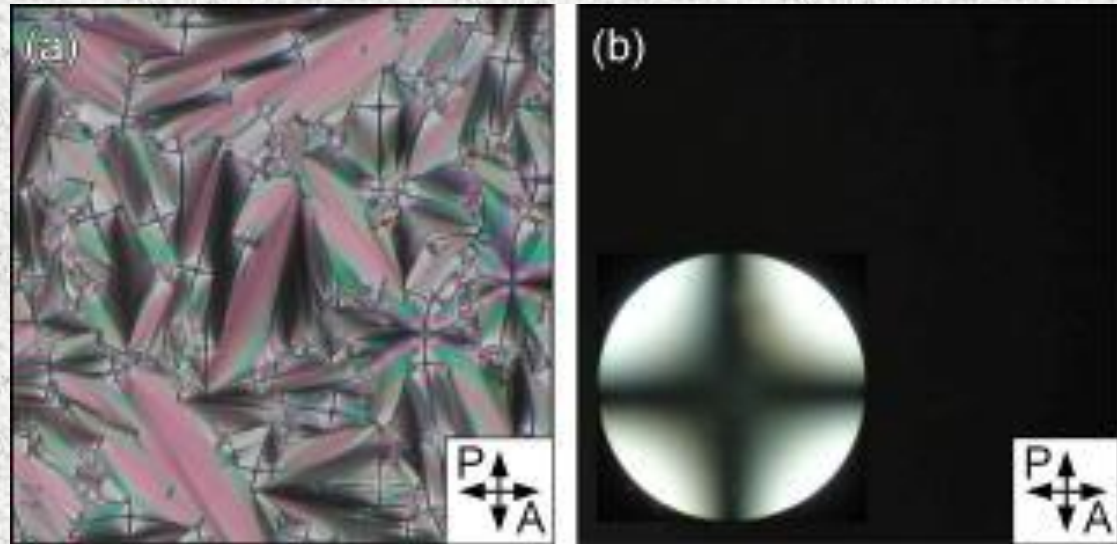
Cholesteryk

Nematyk

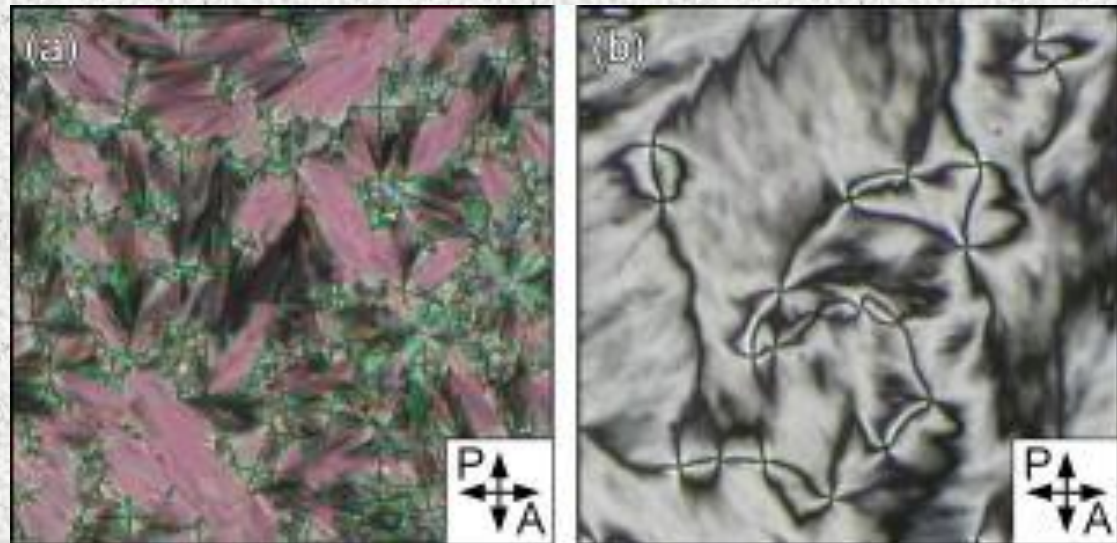
Tekstury



Tekstury

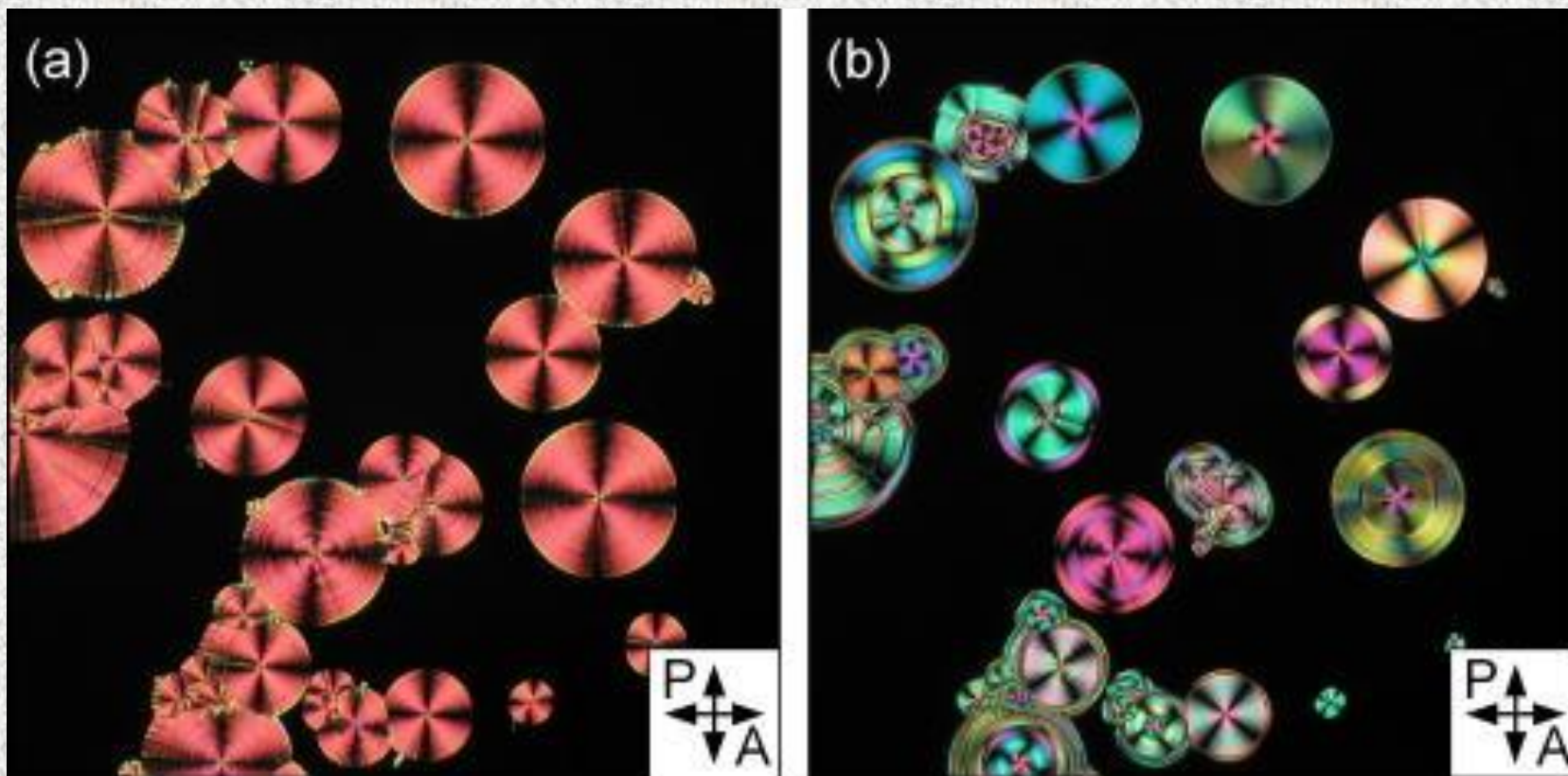


Smektyk A



Smektyk C

Tekstury

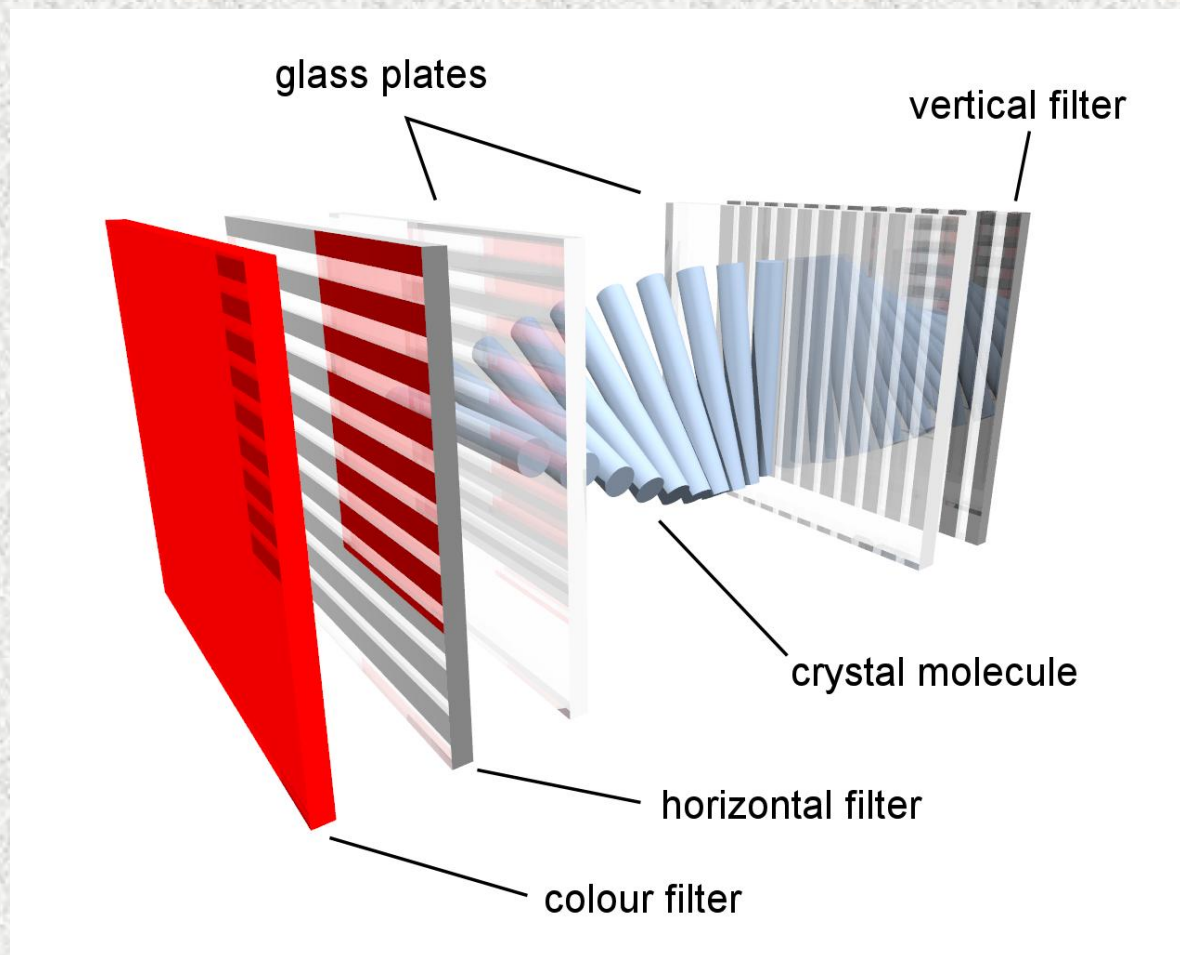


Smektyk AP i CP

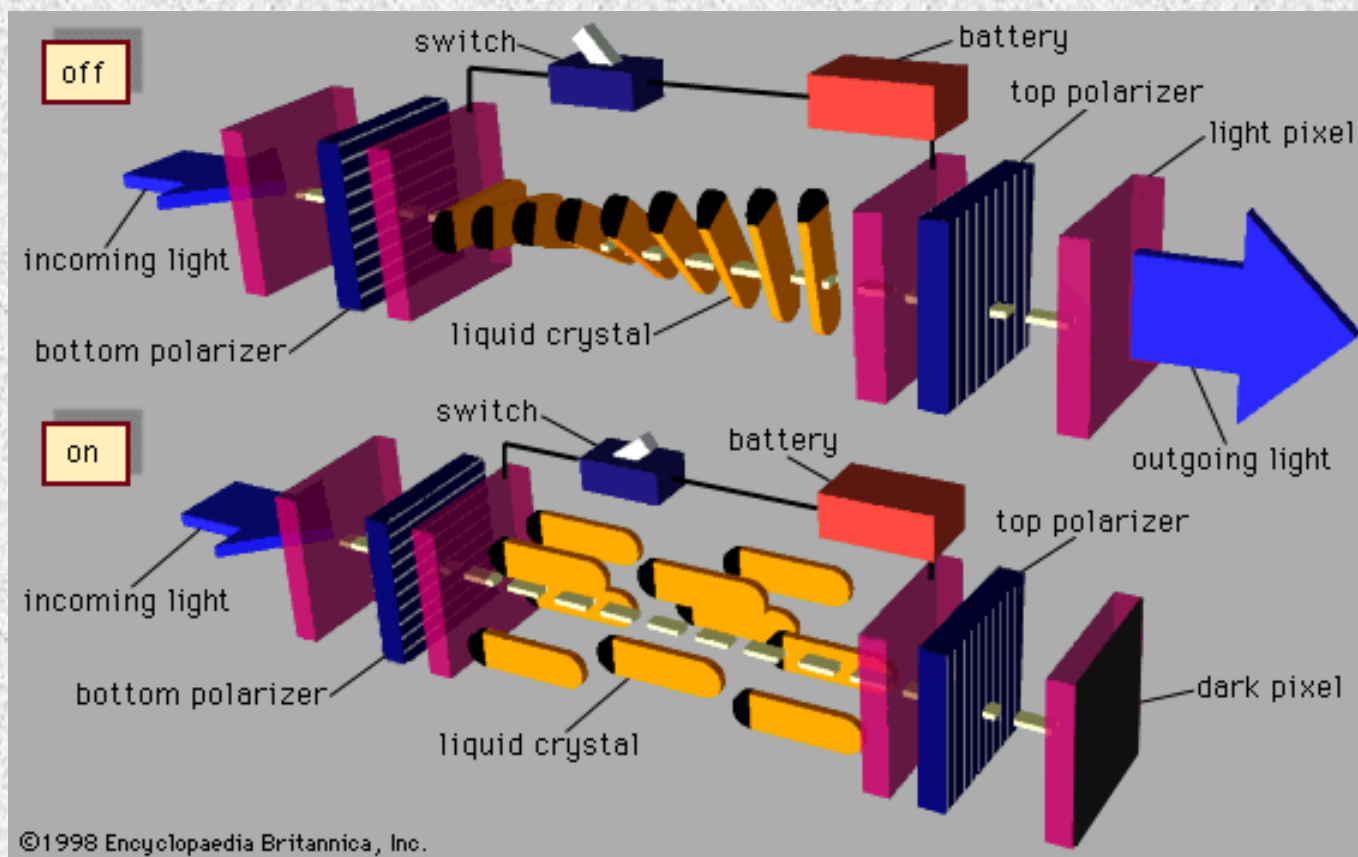
Od tekstury do komórki LC

- Jak przejść od struktury domenowej do uporządkowanej powierzchniowo?
- Budowa komórki LC: para cienkich płytek (z jednej strony elektrod), między którymi znajduje się ciekły kryształ
- Zjawisko zakotwiczenia molekuł ciekłego kryształu na wewnętrznych powierzchniach płytek
- Grzebieniowanie
- Skręcanie wzajemne płytek

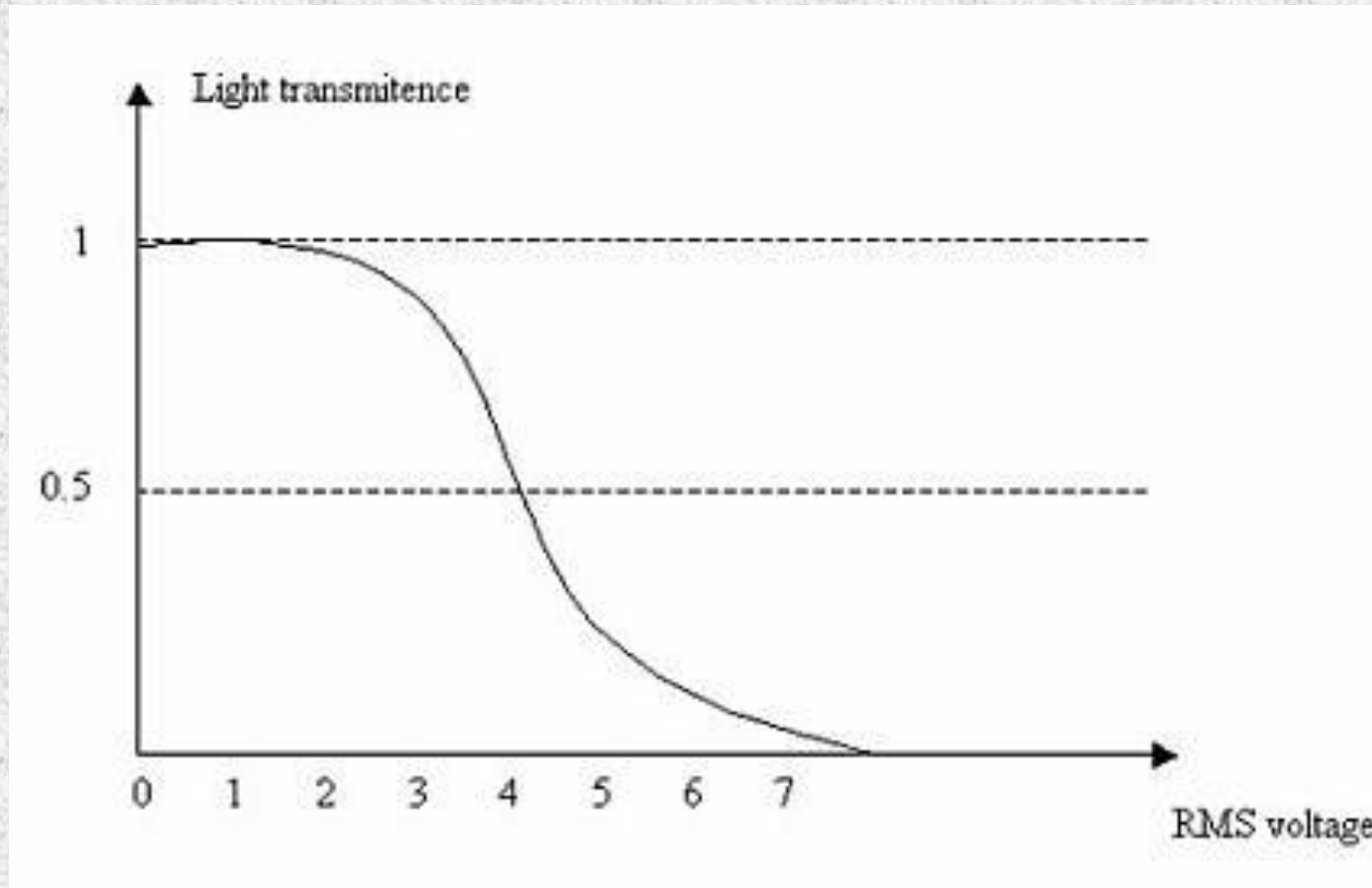
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



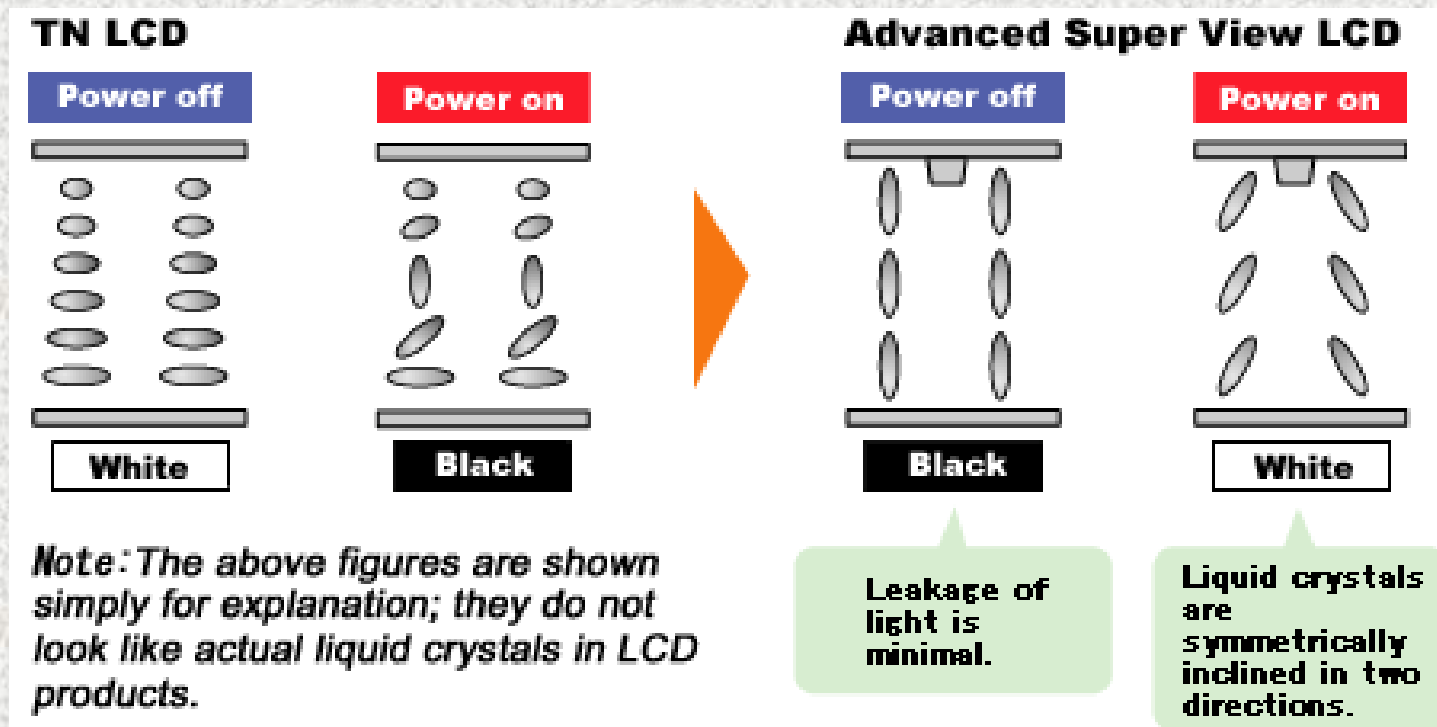
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



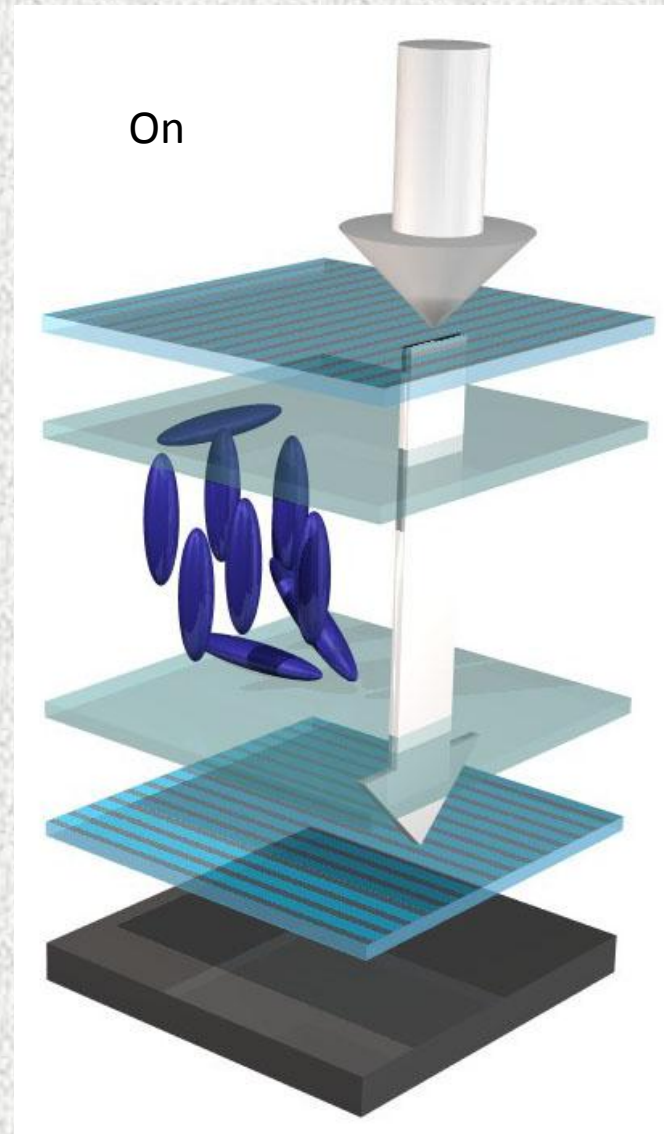
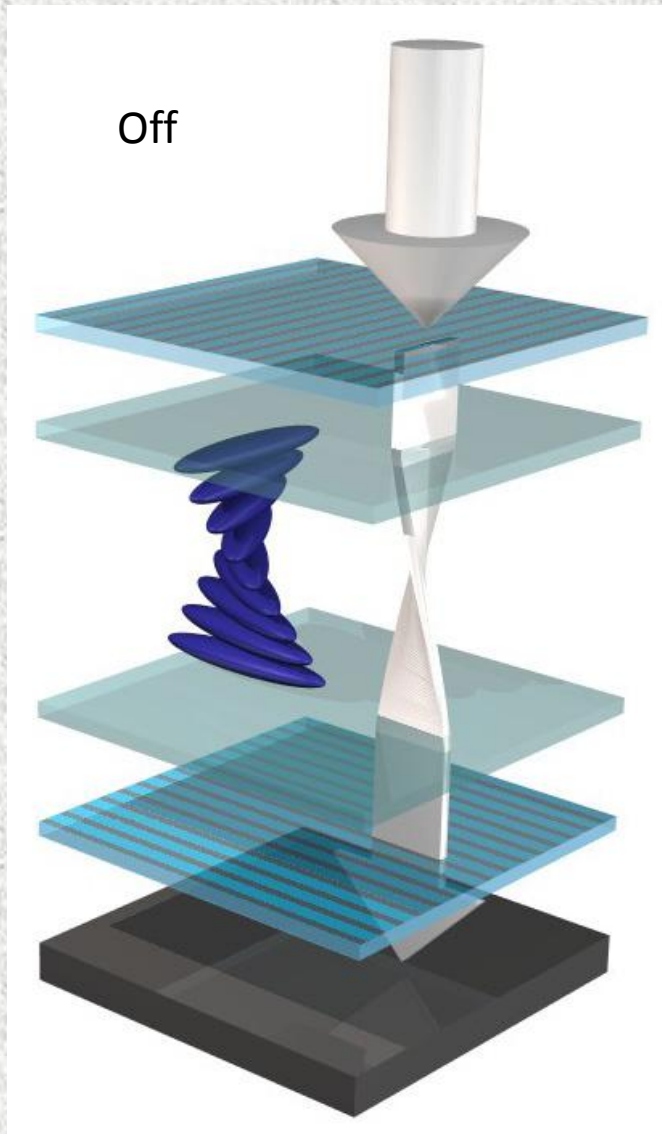
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



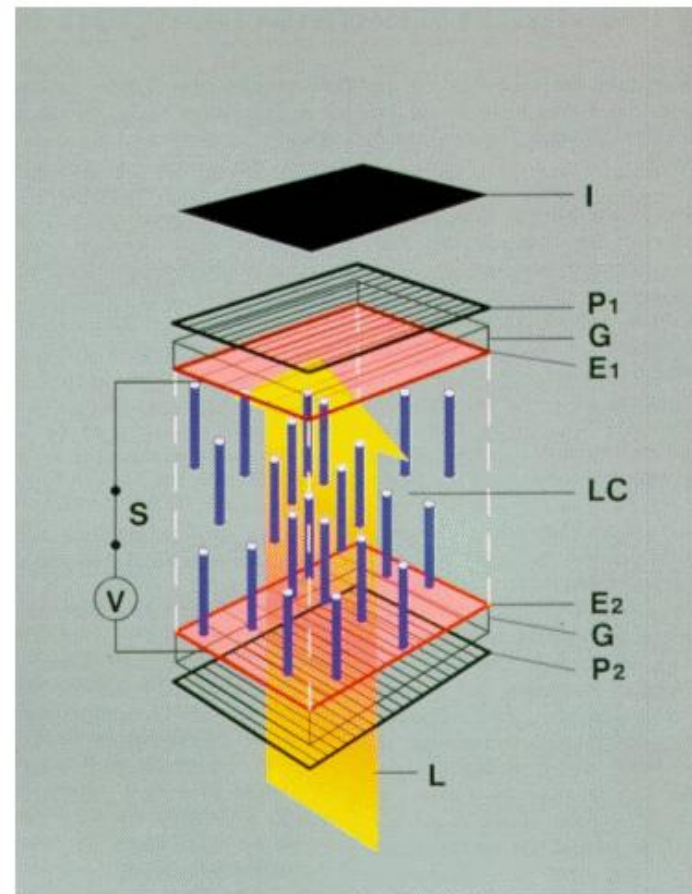
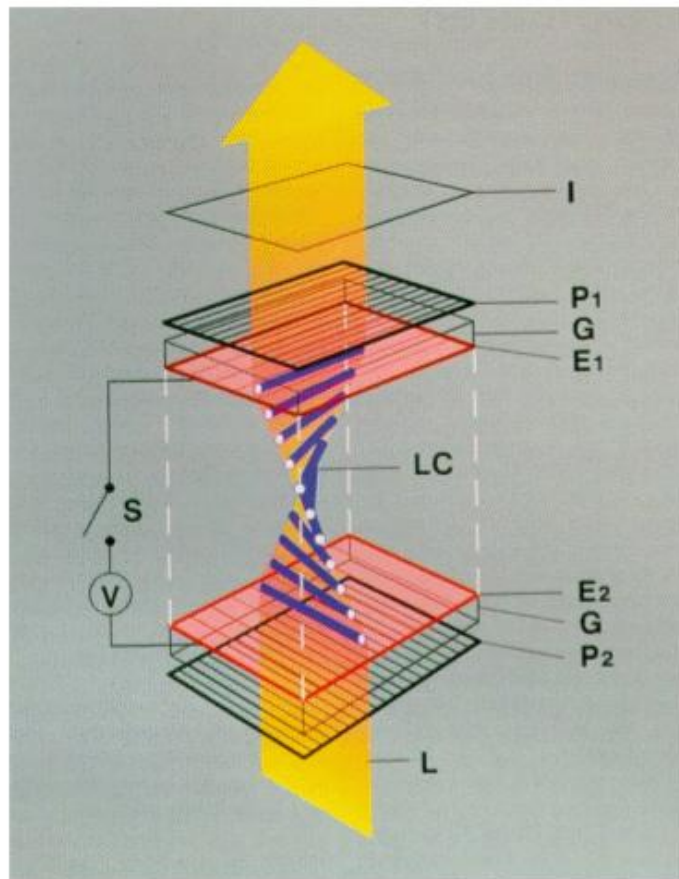
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



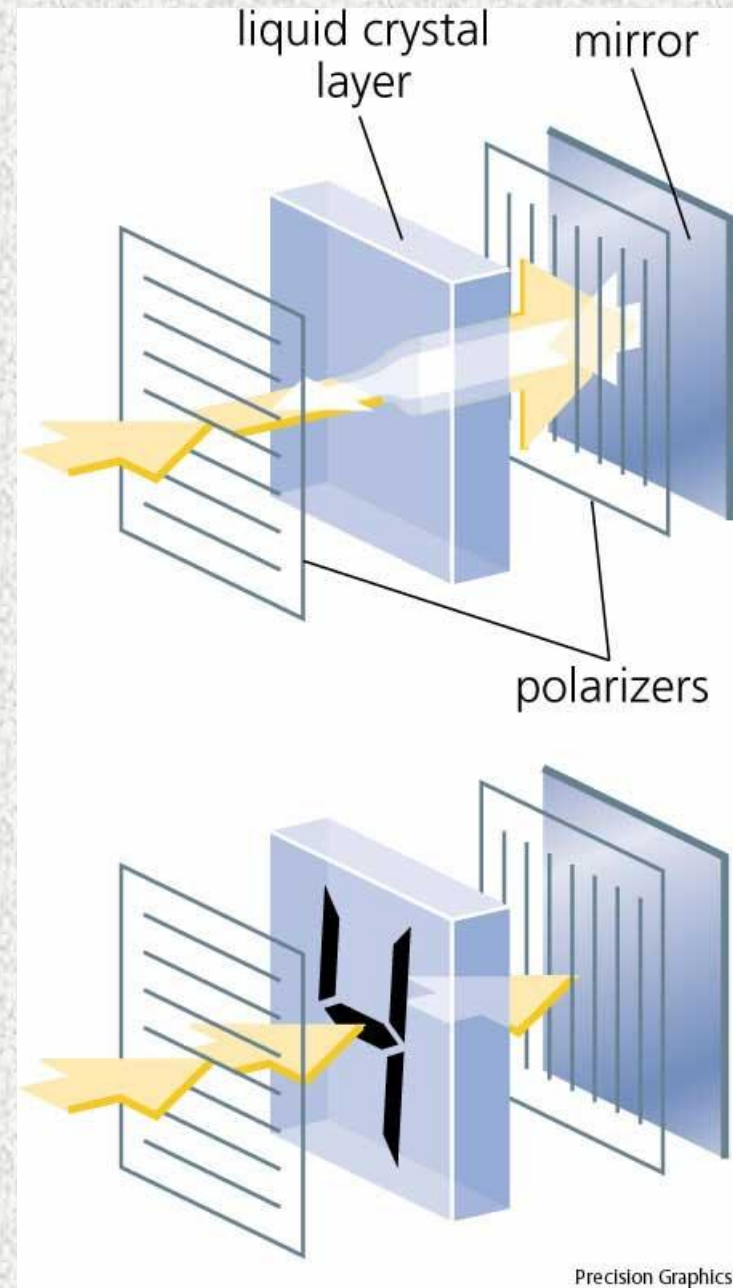
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



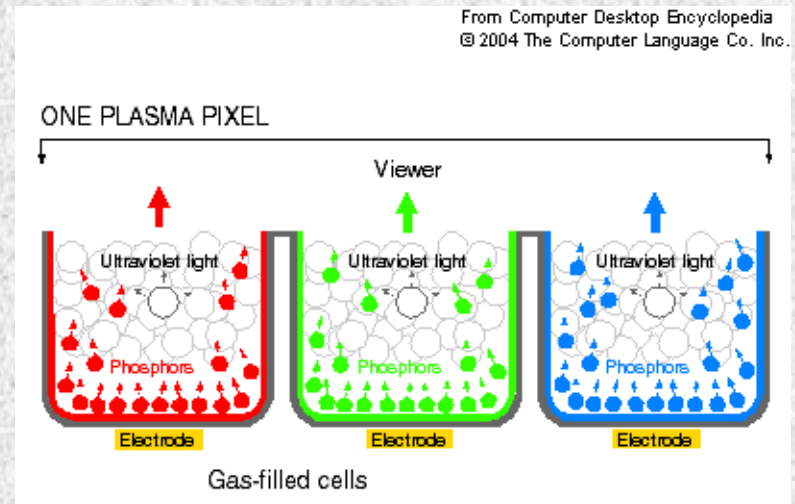
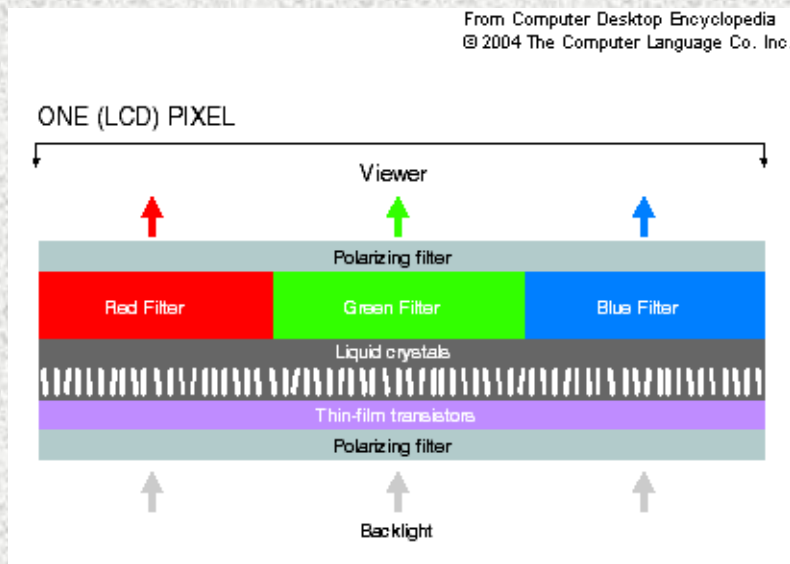
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



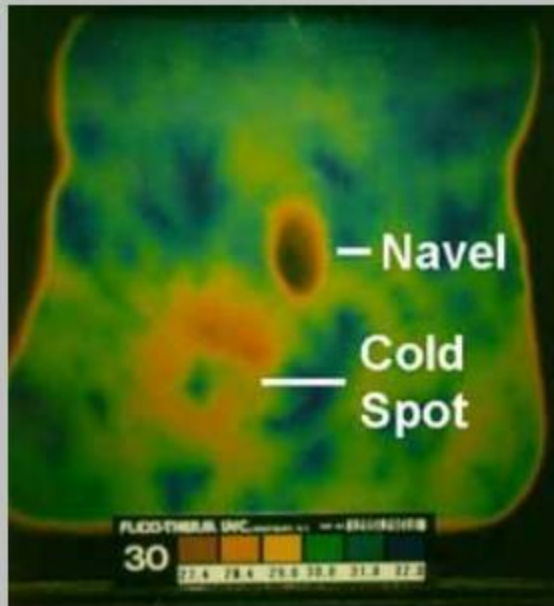
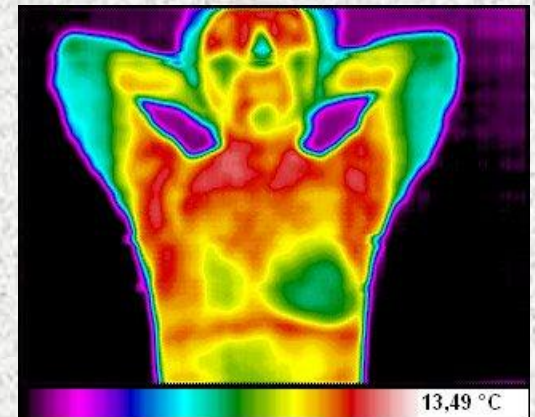
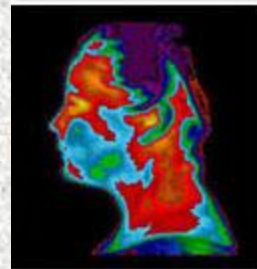
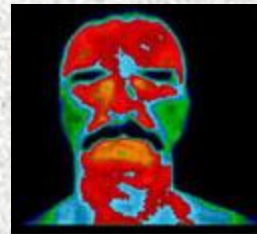
Pixełe plazmowe i LCD



Inne zastosowania

- pamięci komputerowe
- termografia
 - medycyna
 - ciepłownictwo
- żaluzje ciekłokrystaliczne
- papier elektroniczny

Termografia



Abdominal liquid crystal thermograph of woman with epilepsy. Note cold spot on right side of abdomen.

Termografia

