

Ciekłe kryształy

- definicja
- klasyfikacja
- własności
- zastosowania

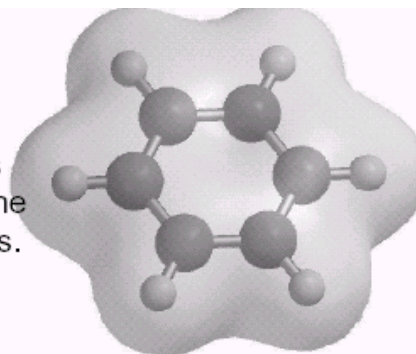
Nota biograficzna:

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

PAA

Liquids *versus* Liquid Crystals

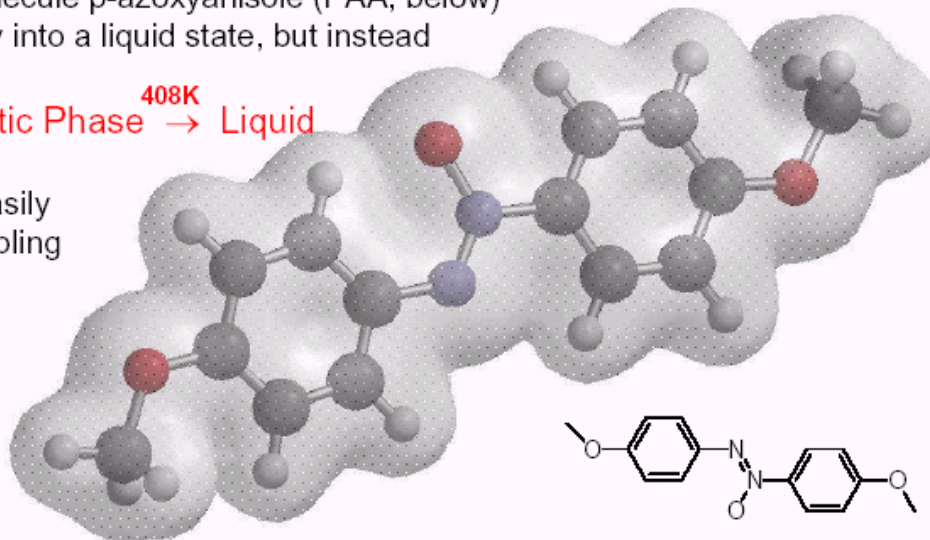
Benzene melts from the crystal into a liquid. Although its aspherical shape allows it to interact with a receptor, in the liquid it adopts an isotropic structure by rotational motions.



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

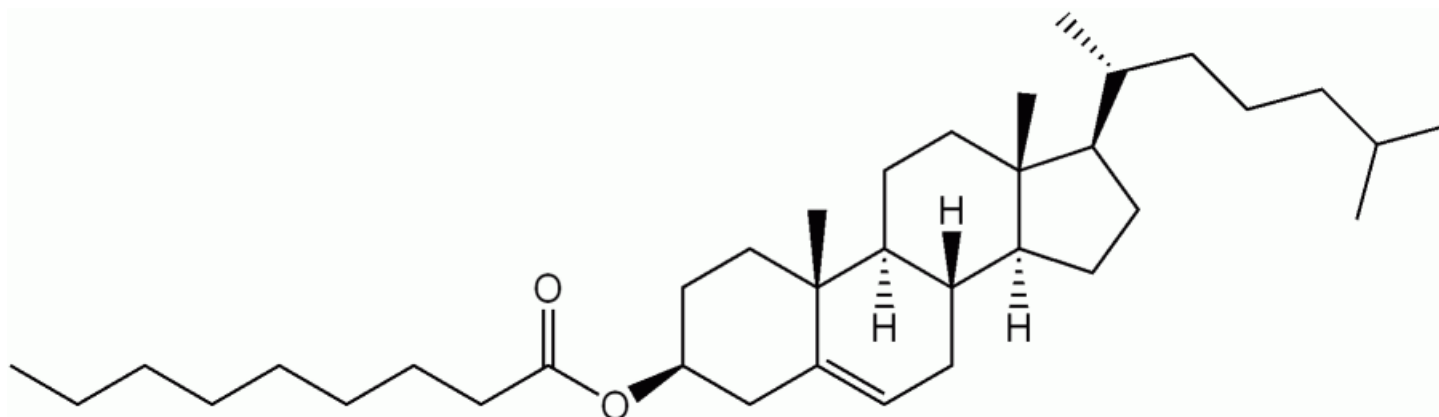
Solid $\xrightarrow{391\text{K}}$ Nematic Phase $\xrightarrow{408\text{K}}$ Liquid

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

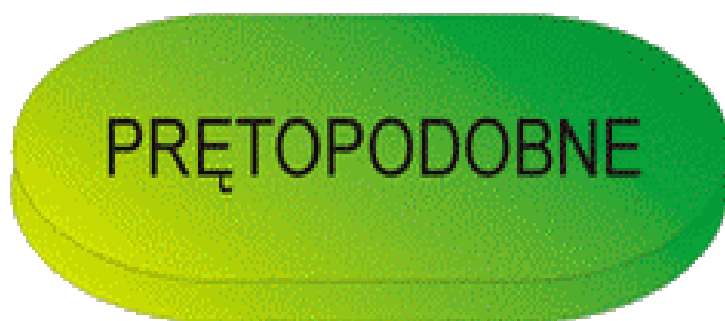
- stan przejściowy pomiędzy ciałem stałym a cieczą izotropową
- zdolność do płynięcia (cecha cieczy) połączona z daleko zasięgowym uporządkowaniem struktury (cecha kryształu)
- faza ciekłokrystaliczna – mezofaza
- generowanie faz ciekłokrystalicznych
 - termotropowe
 - liotropowe

Podział ciekłych kryształów:



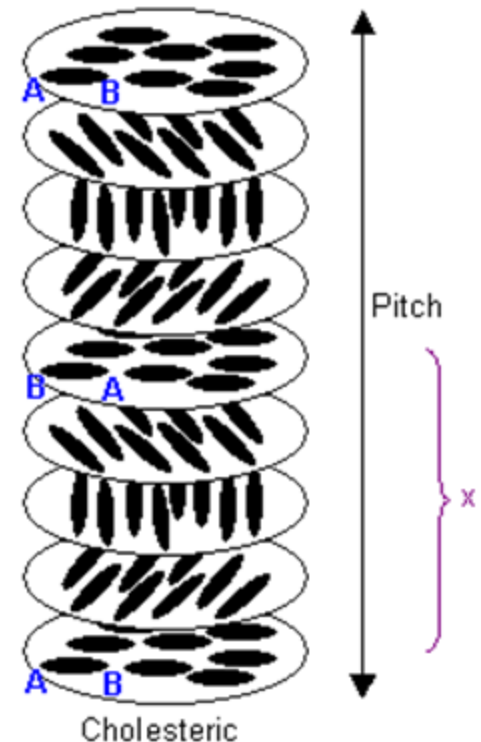
Ciekłe kryształy termotropowe

Kształty cząsteczek
termotropowych ciekłych kryształów



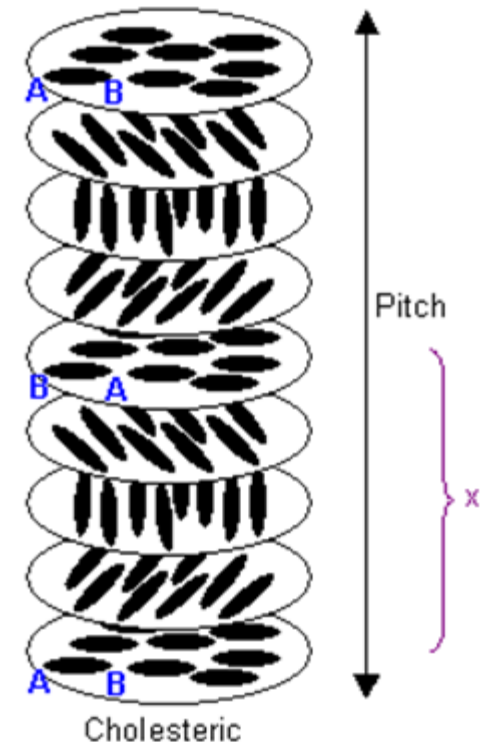
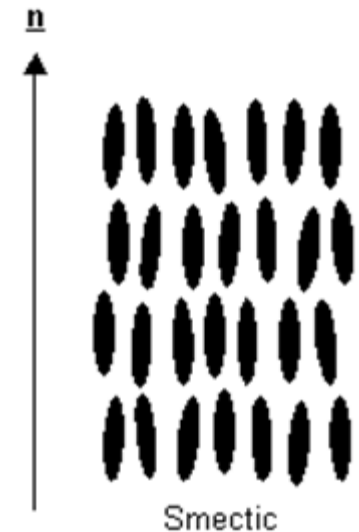
Fazy termotropowe N

- 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: molekuly są ułożone w warstwy, a a osie molekuł tworzą z normalną do warstwy kąt $< 90^\circ$
 - smektyk S_A i S_A^* : molekuly 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

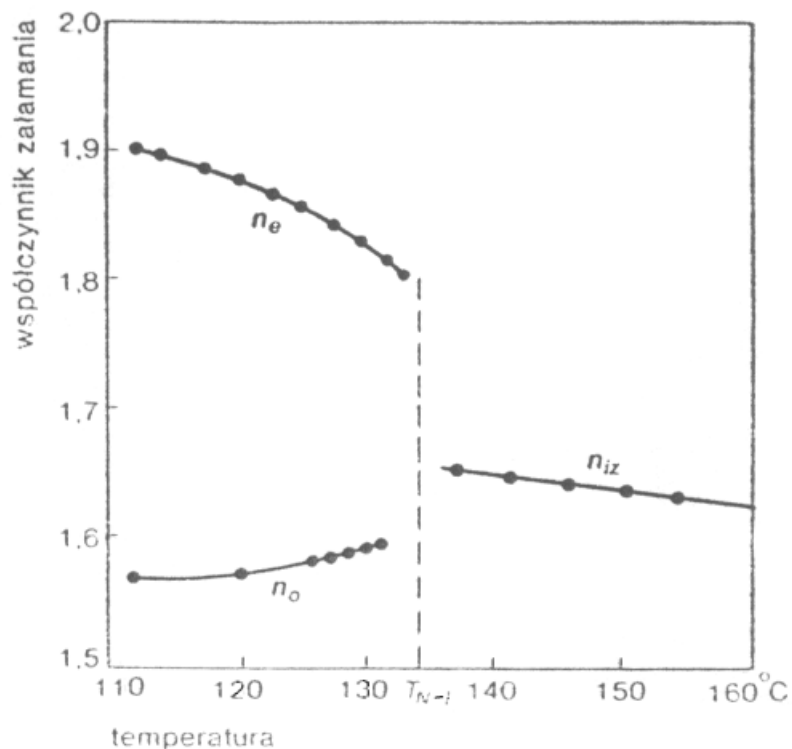
- między fazą stałą a izomorficzną może występować jedna faza kryształu (monomorfizm), dwie (dimorfizm) aż do sześciu (heksamorfizm)
- przykład $S_G-S_F-S_B-S_C-S_A-N$

lub

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

Właściwości optyczne

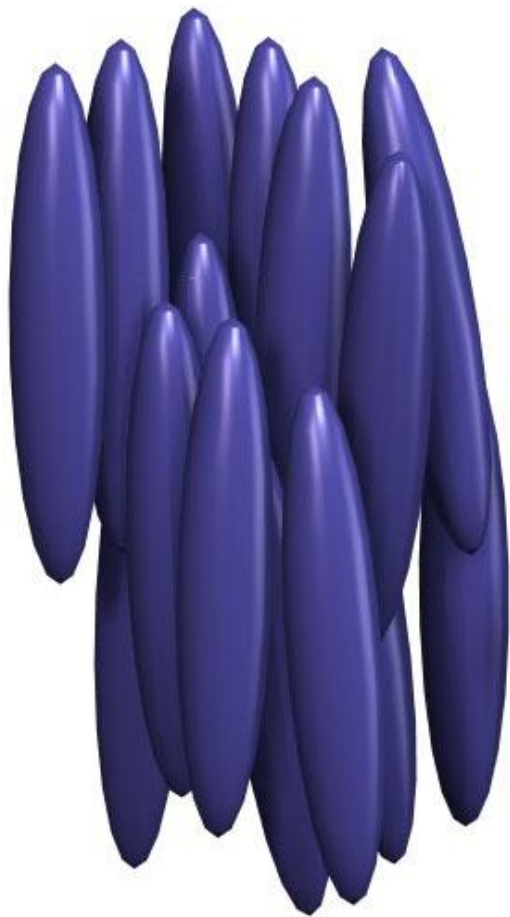
bardzo duża dwójłomność,
zarówno naturalna jak i wymuszana !!!



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

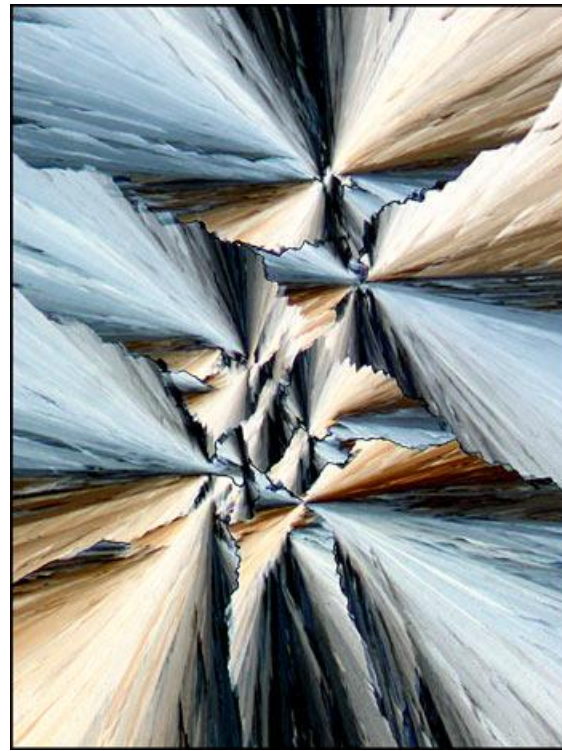
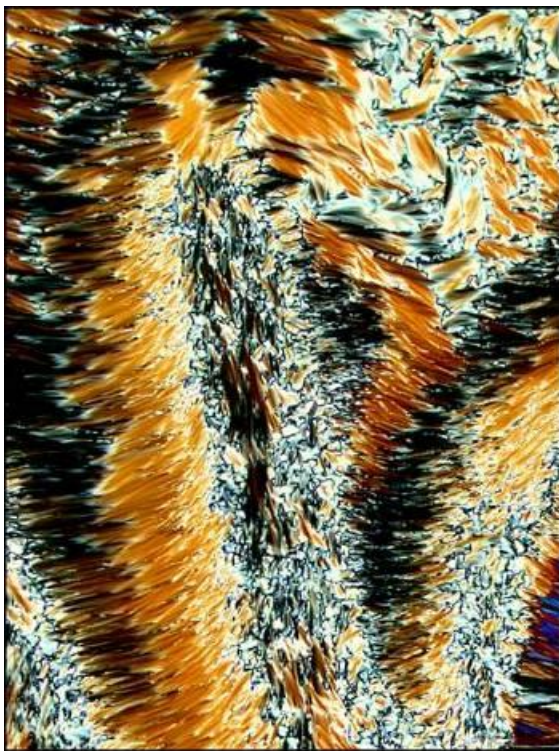
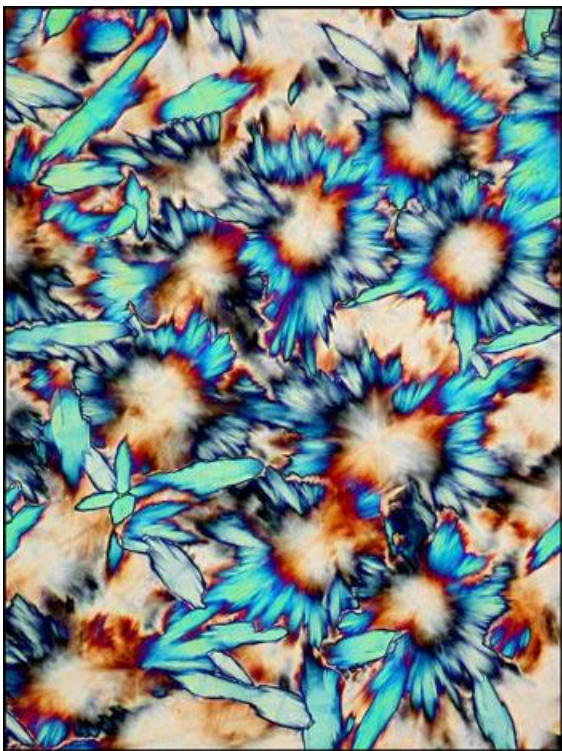
Tekstura

- 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

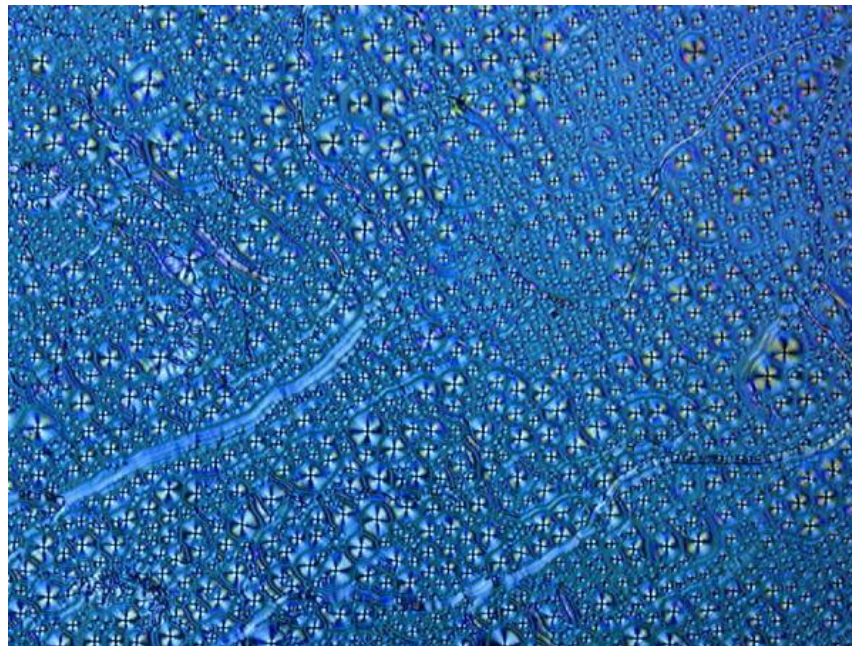
Tekstury



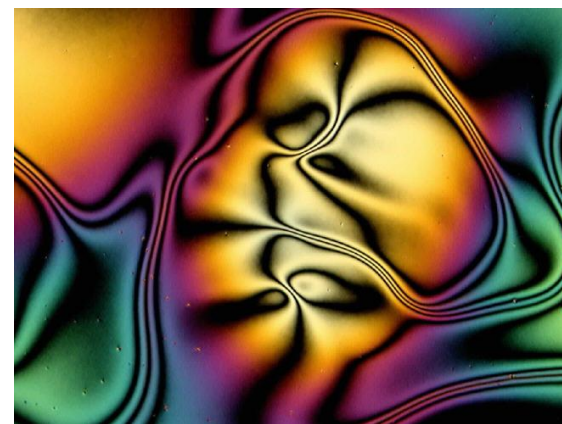
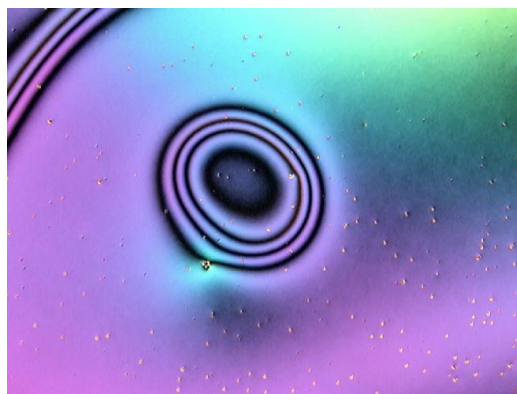
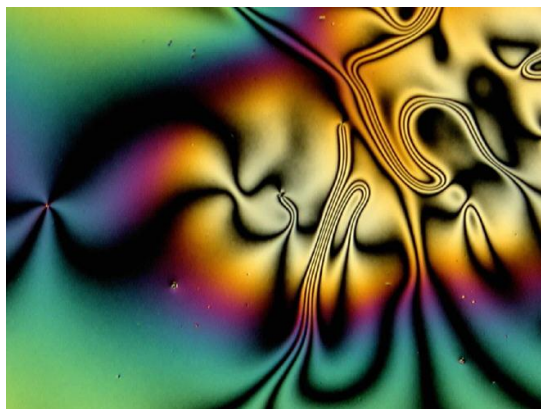
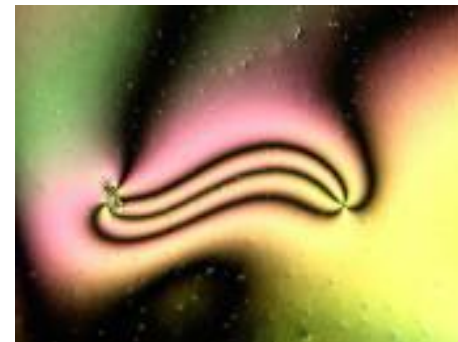
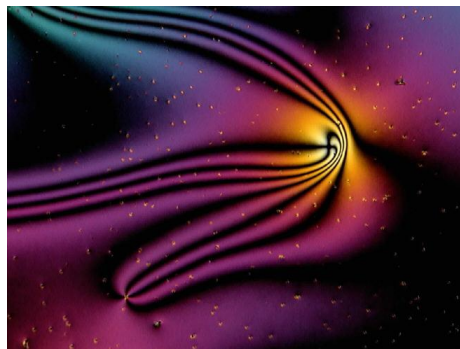
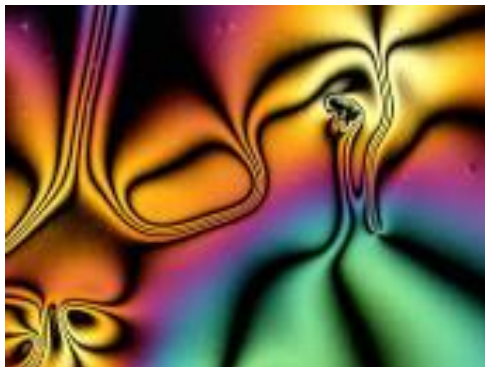
Tekstury



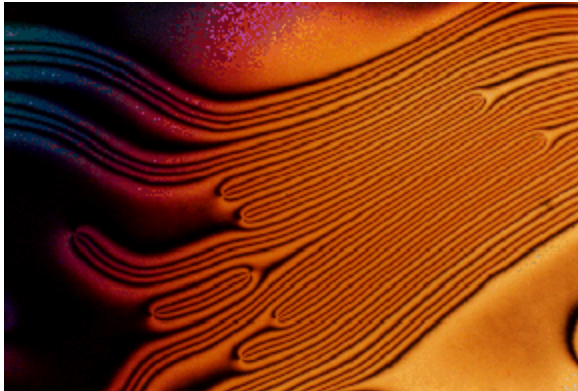
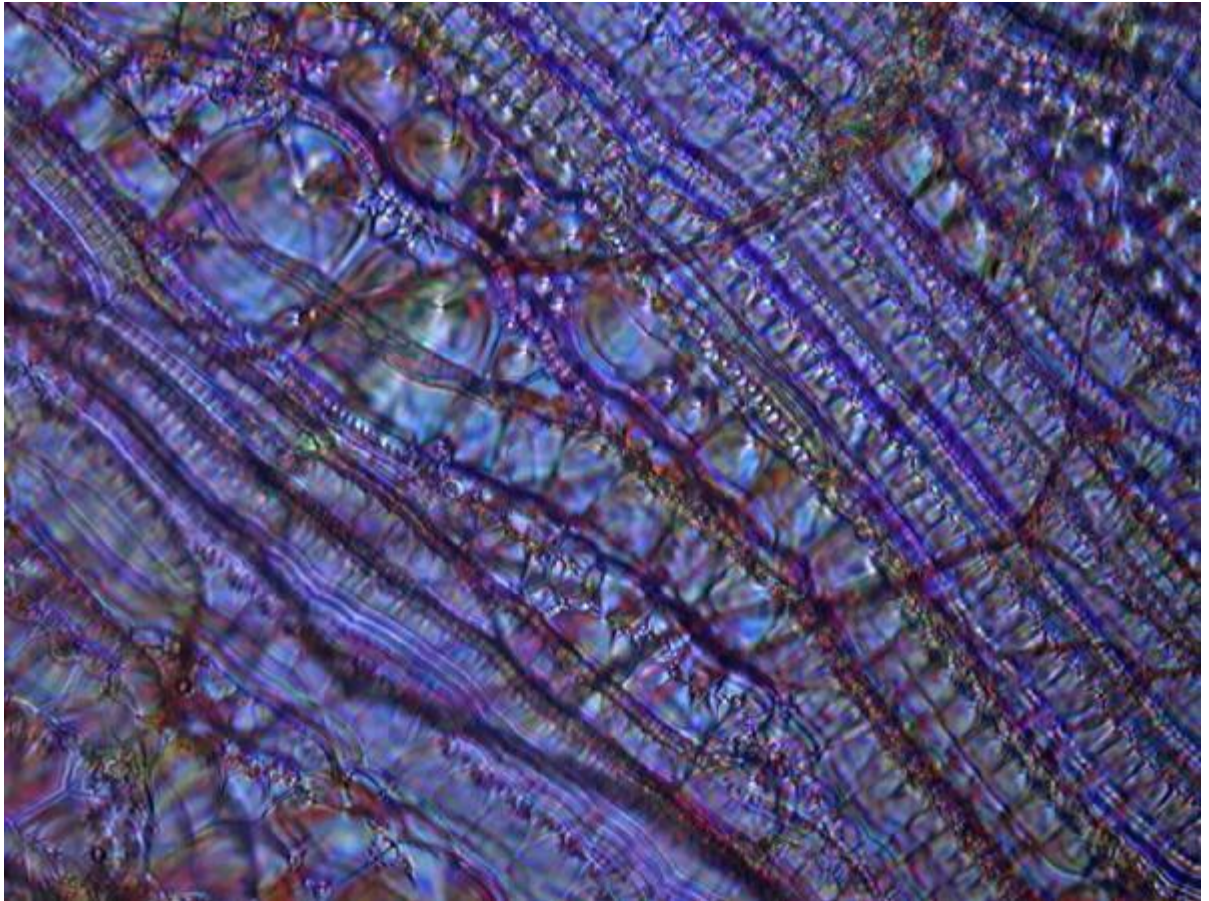
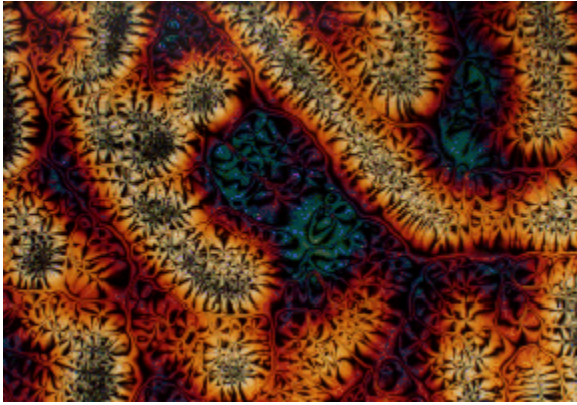
Tekstury



Tekstury

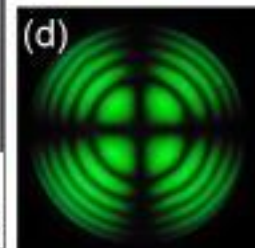
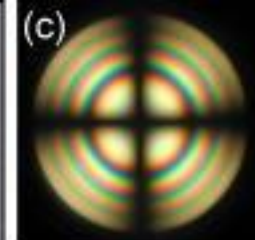
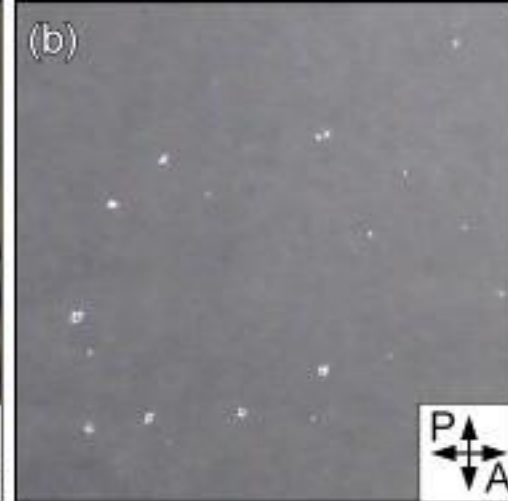
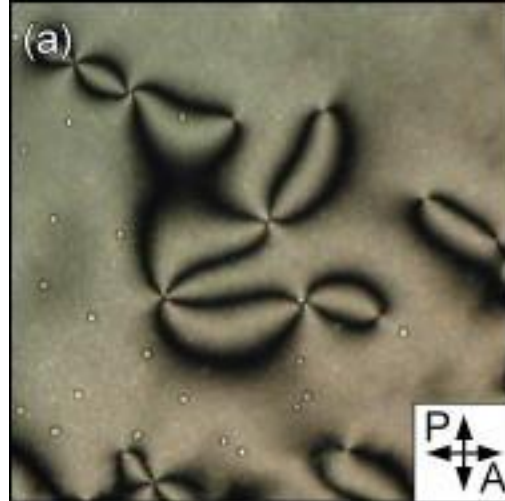


Tekstury



Tekstury

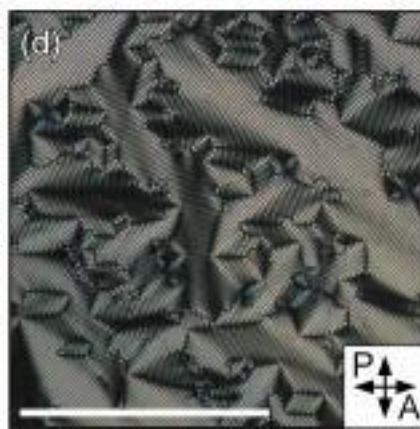
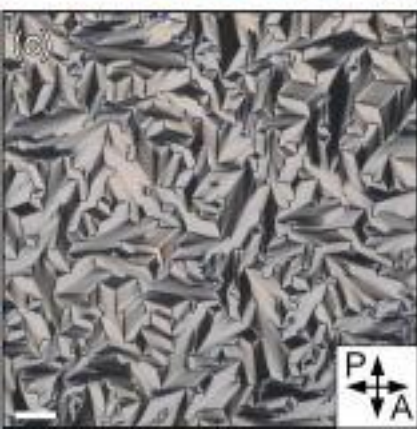
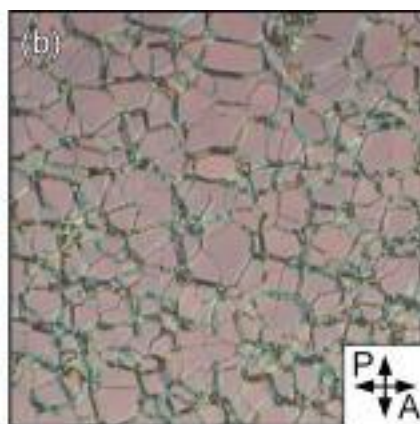
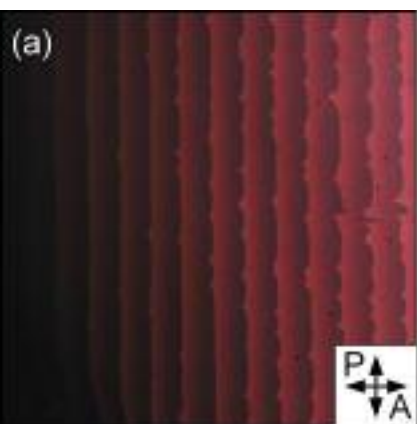
- tekstura homeotropowa: oś optyczna jest równoległa do kierunku obserwacji, wskutek czego pole widzenia (w krzyżu polaryzacyjnym) jest ciemne (od cieczy izotropowej można tę sytuację odróżnić obserwacją w świetle zbieżnym)
- tekstura planarna: oś leży w płaszczyźnie powierzchni cieczy
- tekstura marmurowa: 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 węzłowa: w cienkich próbkach widoczne punktowe defekty uporządkowania
- tekstura konfokalna
- tekstura poligonalna
- tekstura wachlarzowata
- tekstura „odcisków palców”



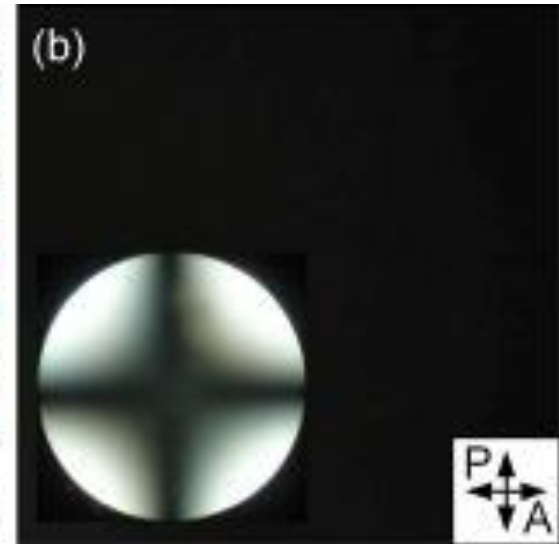
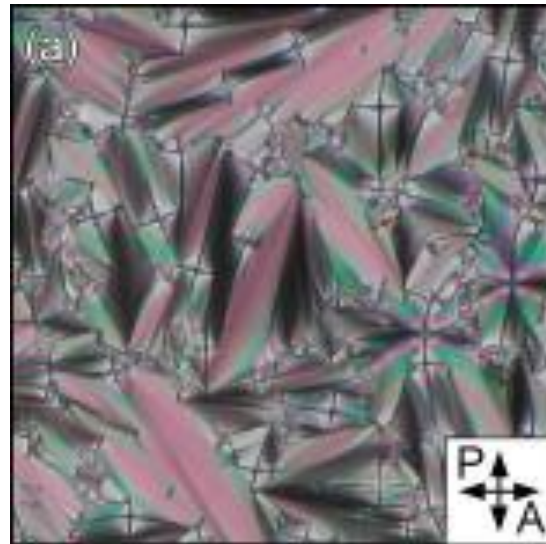
Cholesteryk

Nematyk

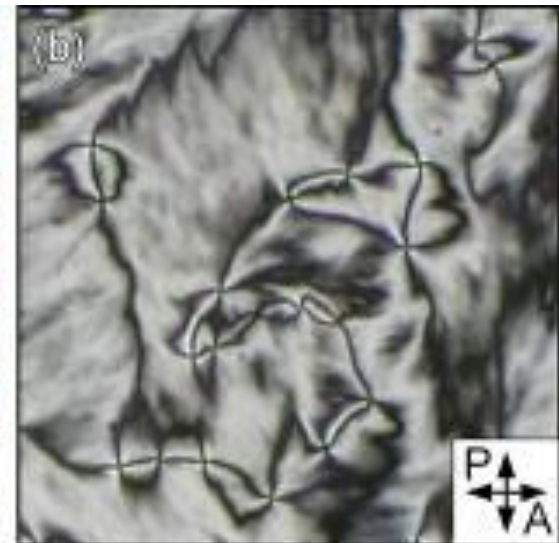
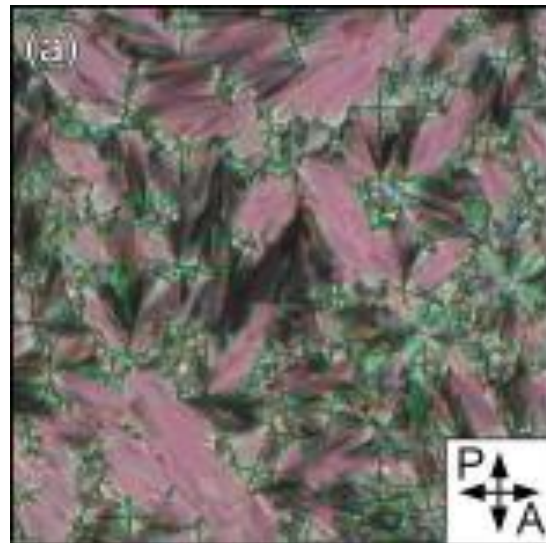
Tekstury



Tekstury

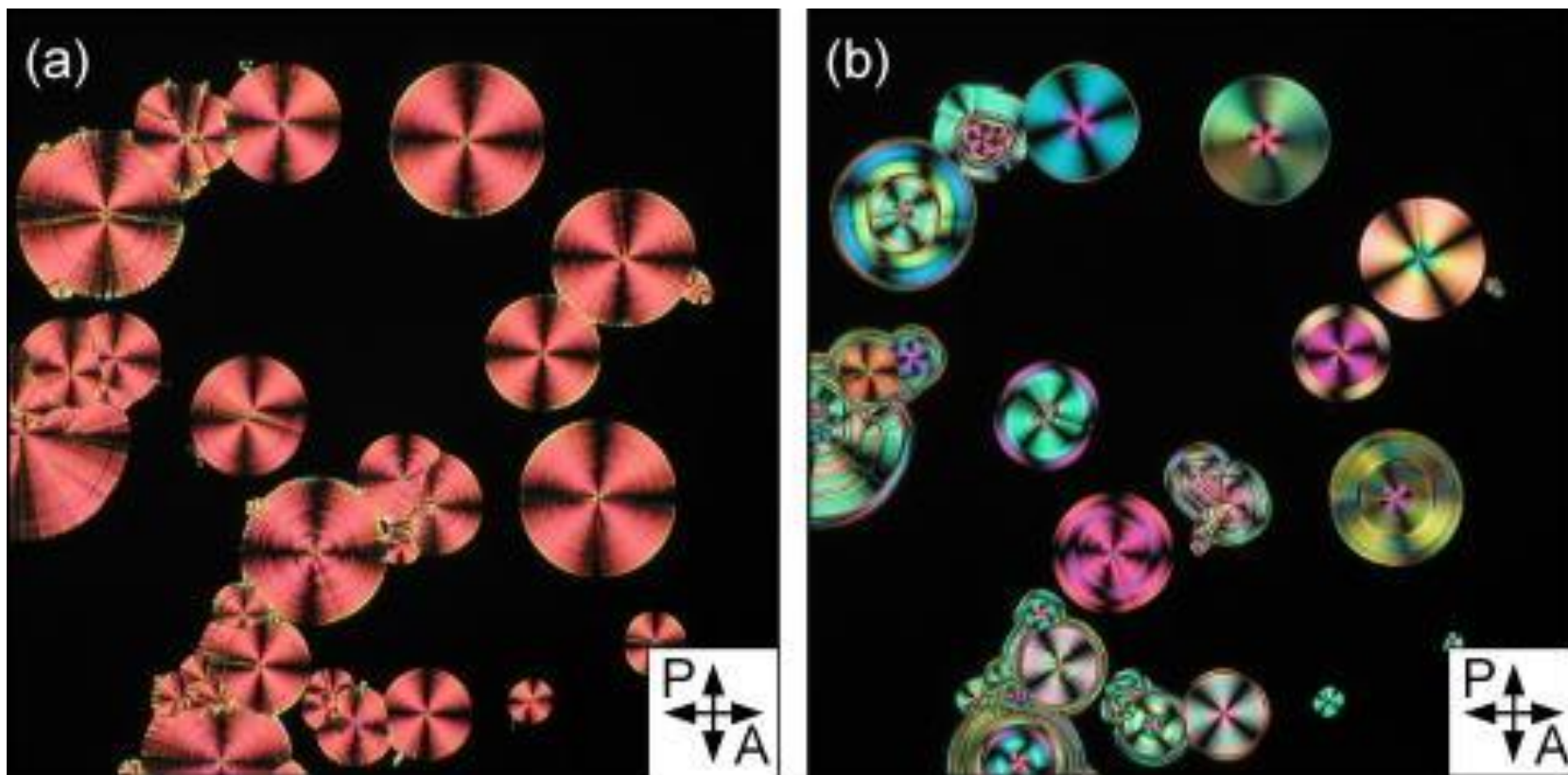


Smektyk A



Smektyk C

Tekstury

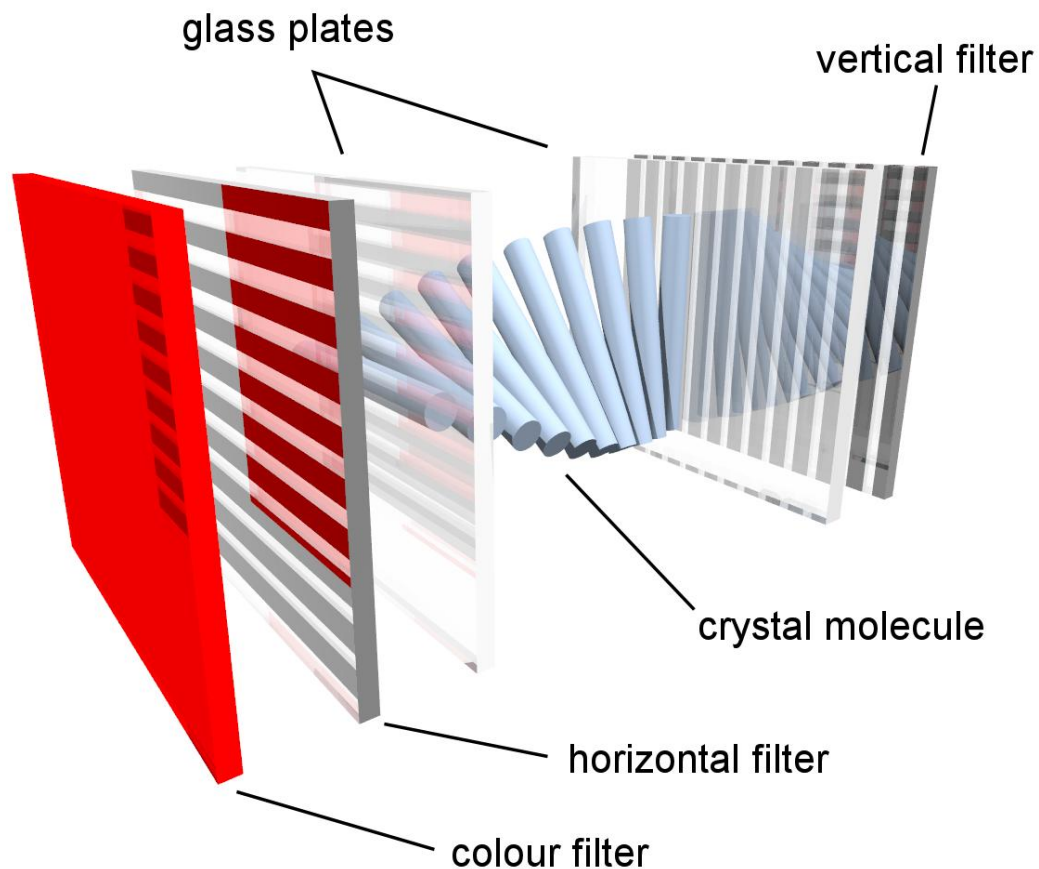


Smektyk AP i CP

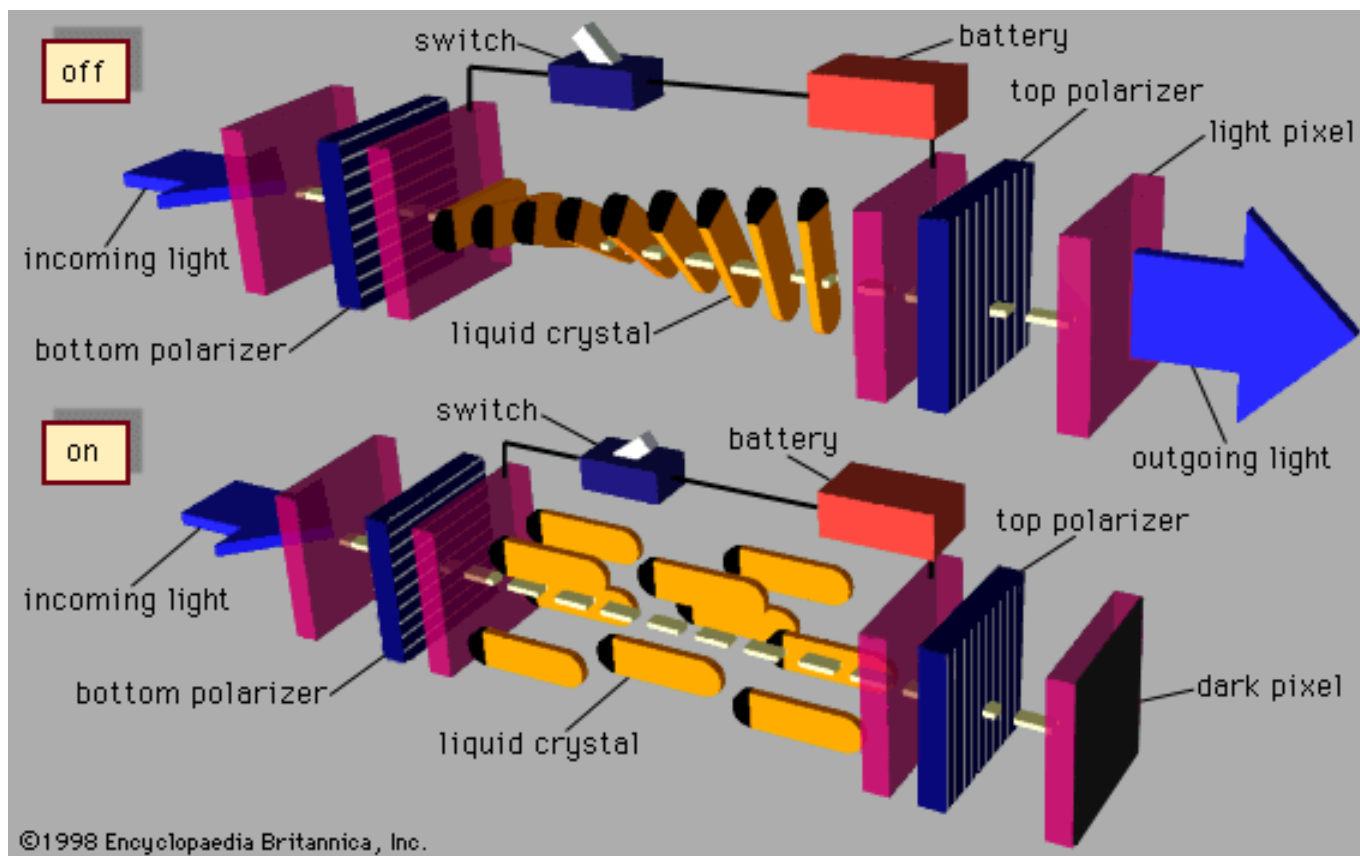
Od tekstury do komórki LC

- 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

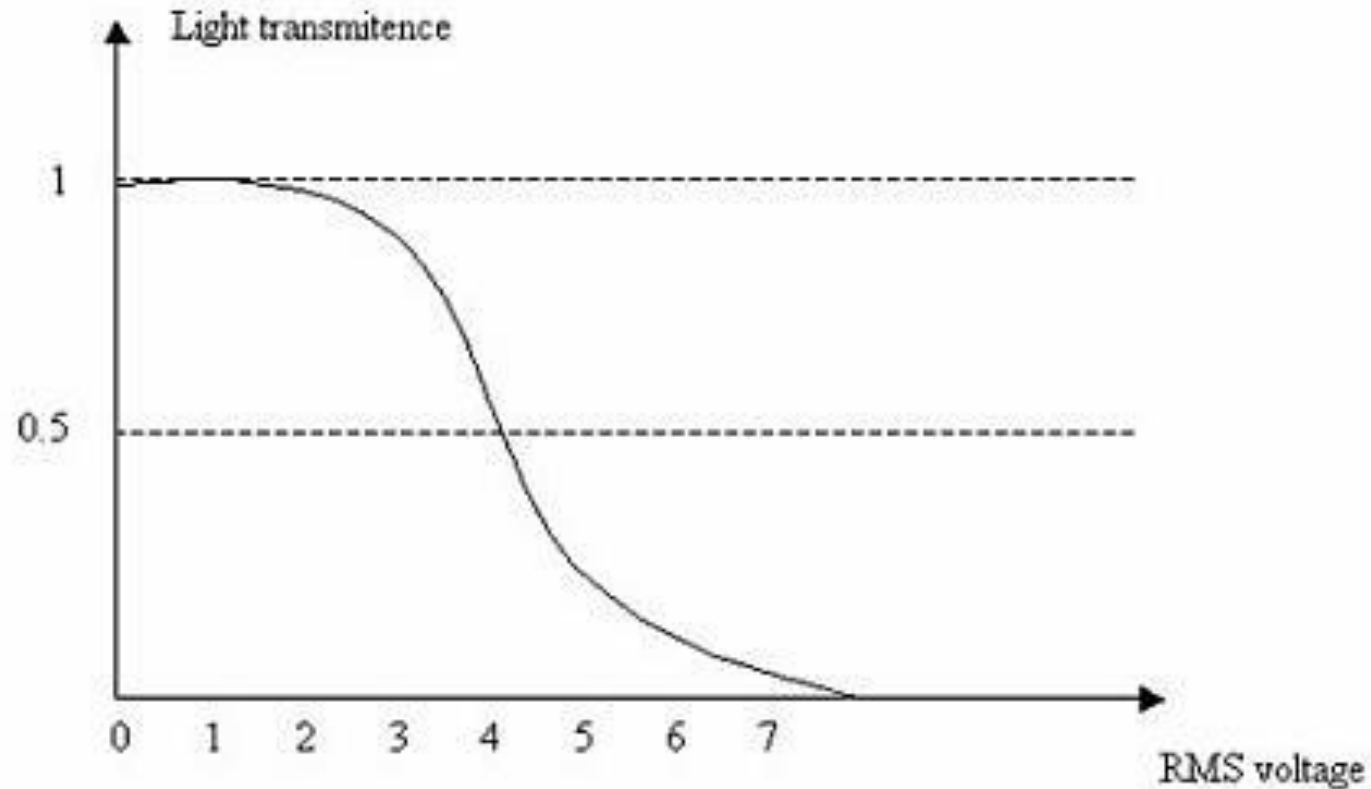
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



Wyświetlacze ciekłokrystaliczne

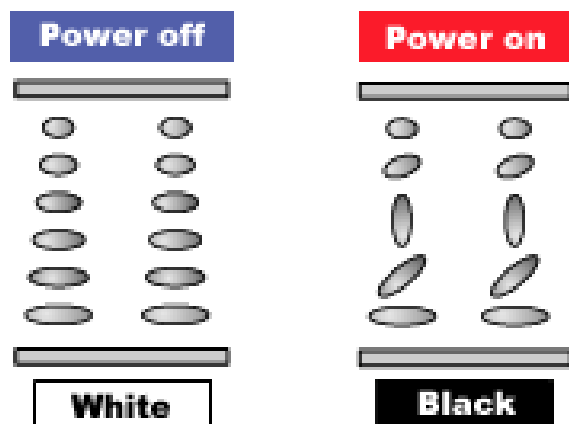


Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



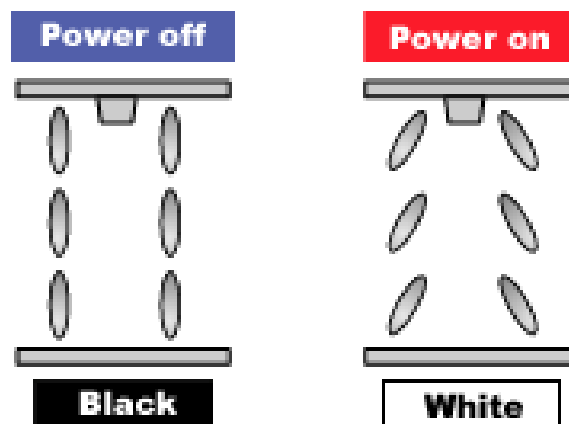
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne

TN LCD



Note: The above figures are shown simply for explanation; they do not look like actual liquid crystals in LCD products.

Advanced Super View LCD

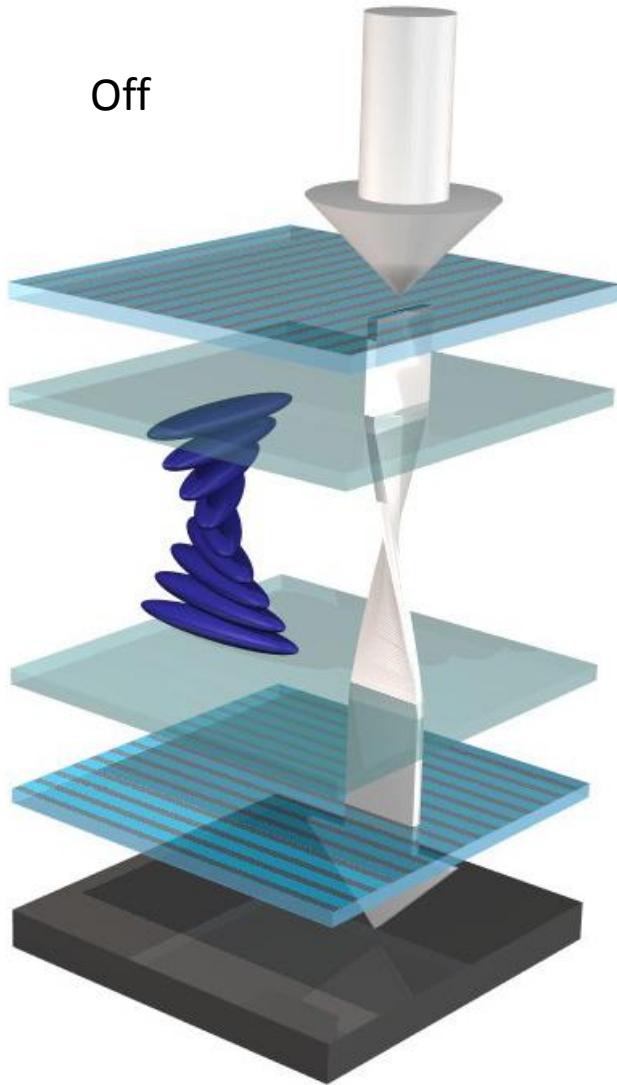


Leakage of light is minimal.

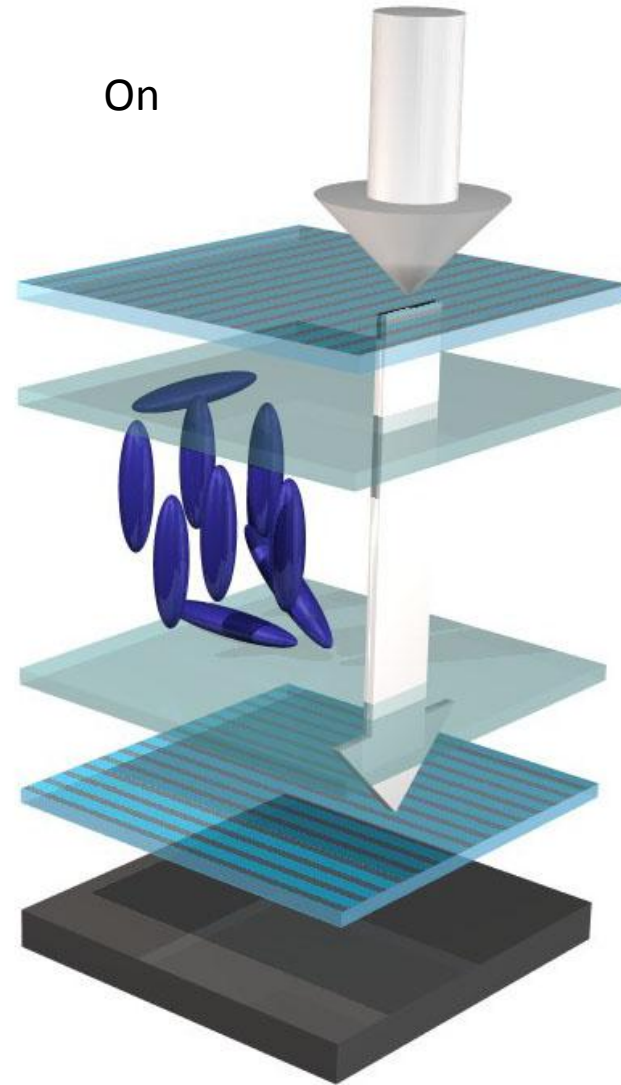
Liquid crystals are symmetrically inclined in two directions.

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne

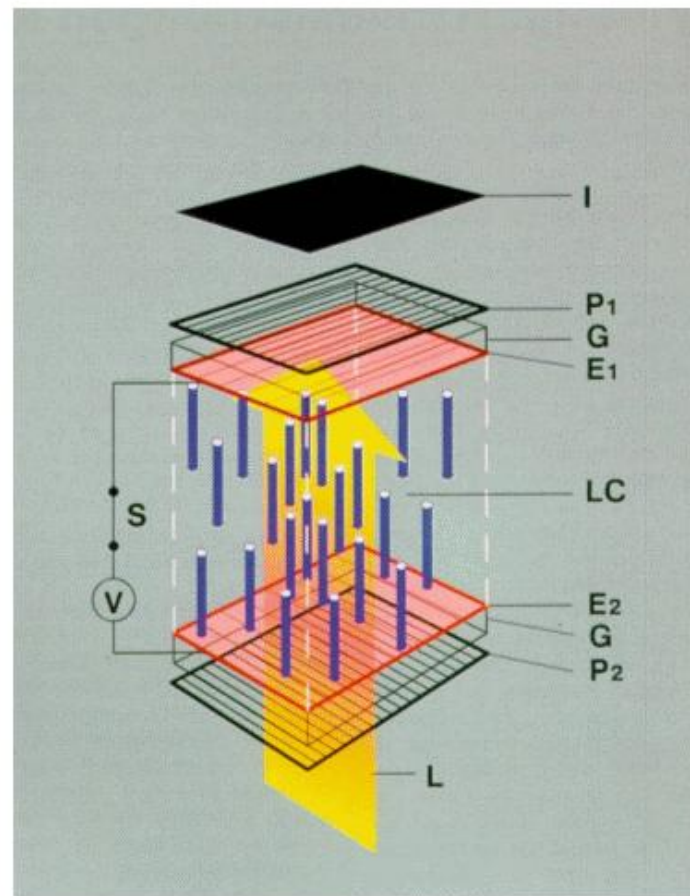
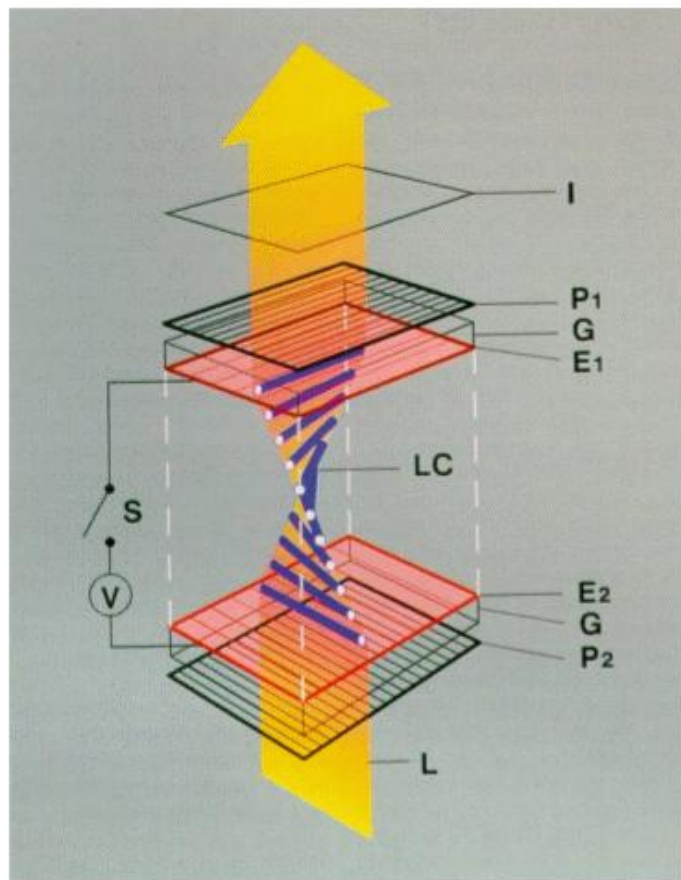
Off



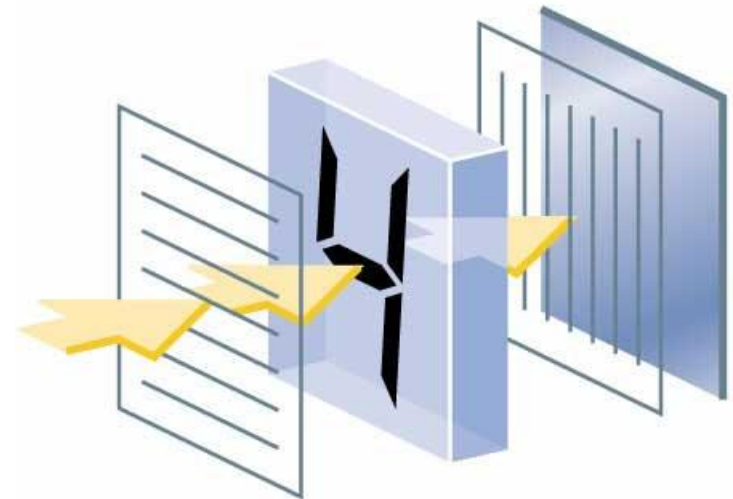
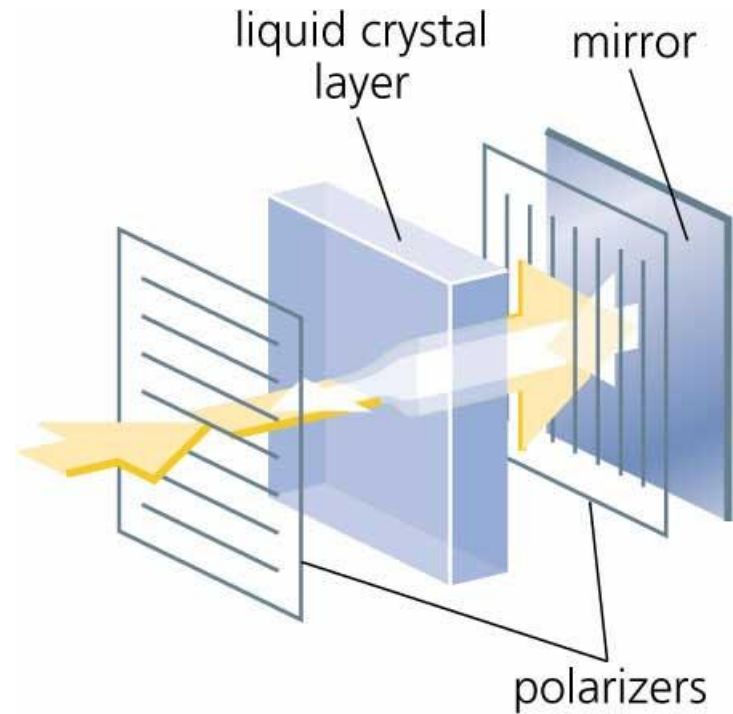
On



Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



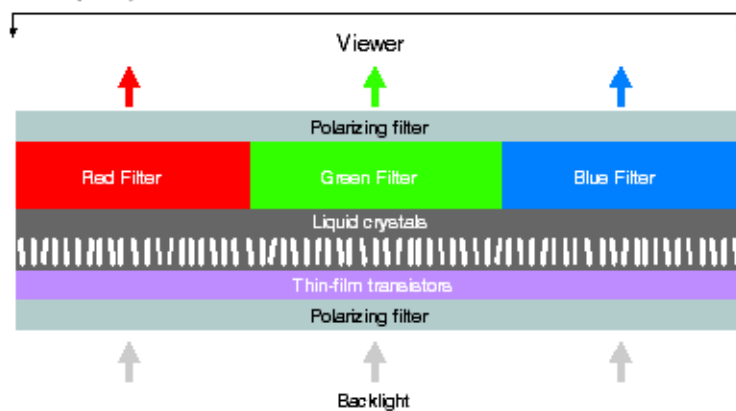
Wyświetlacze ciekłokrystaliczne



Pixełe plazmowe i LCD

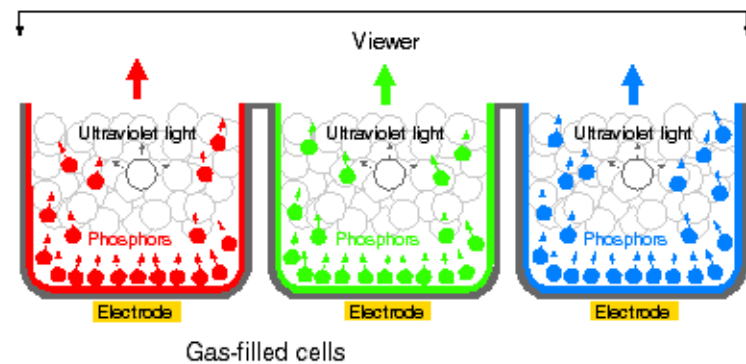
From Computer Desktop Encyclopedia
© 2004 The Computer Language Co., Inc.

ONE (LCD) PIXEL



From Computer Desktop Encyclopedia
© 2004 The Computer Language Co., Inc.

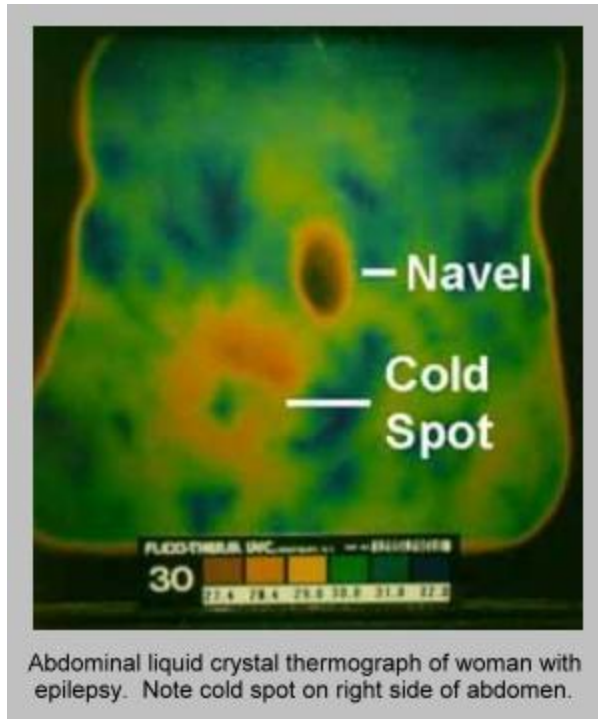
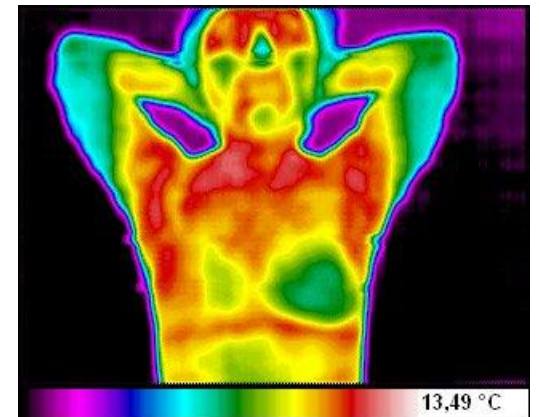
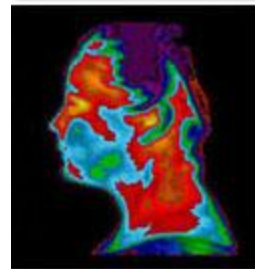
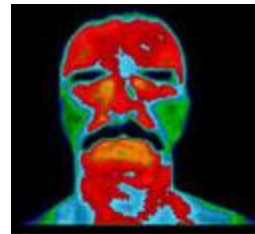
ONE PLASMA PIXEL



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

