

Właściwości optyczne kryształów

- ośrodki jedno- ($n_x = n_y \neq n_z$) lub dwuosiowe ($n_x \neq n_y \neq n_z \neq n_x$)
- oś optyczna : w tym kierunku rozchodzą się dwie takie same fale (z tą samą prędkością); w ośrodkach jednoosiowych - jedna taka oś, w dwuosiowych – dwie



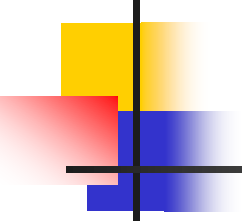
Właściwości optyczne kryształów

Układ	Typ kryształu
Trójskośny Jednoskośny Rombowy	Dwuosiowy
Tetragonalny Trygonalny Heksagonalny	Jednoosiowy
Regularny	Niedwójłomny



Właściwości optyczne kryształów

- w innych kierunkach : dwie fale zwyczajna i nadzwyczajna rozchodzą się z różnymi prędkościami (mają różne wsp.zał. n_o i n_e)
- padająca na kryształ fala świetlna rozdziela się w nim na dwie, zależy to od stanu polaryzacji fali padającej, tzn. ile będzie fali zwyczajnej a ile nadzwyczajnej
- po przejściu przez kryształ fale zwyczajna i nadzwyczajna składają się, ale ponieważ wewnątrz kryształu nabyły różnych faz, końcowy stan polaryzacji różni się od wejściowego
- różnica dróg optycznych $R=(n_o-n_e)*d$



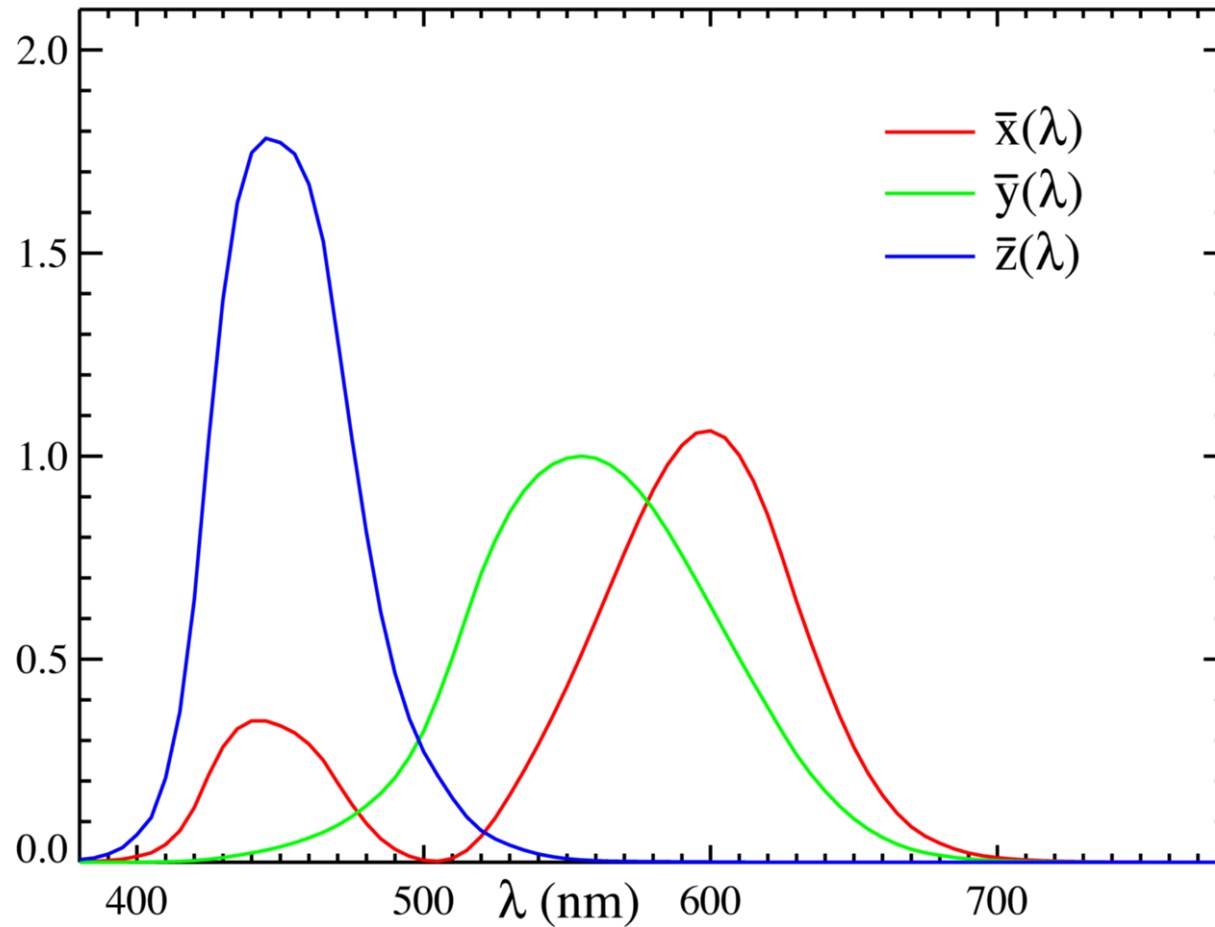
Polaryskop

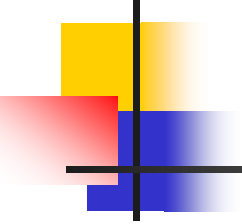
- Wzór polaryskopowy

$$I_{out} = I_0 T_M^2 \sin^2 \alpha_f \sin^2 \left(\pi \frac{R}{\lambda} \right)$$

$$\lambda_m \rightarrow R_m = \lambda_m N_m \Rightarrow I_{out} \alpha_m = 0$$

Widzenie barwne



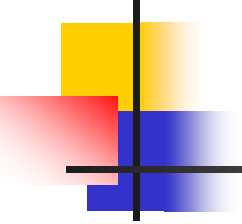


Widzenie barwne

$$a = \int_{380}^{780} \bar{x}(\lambda) \bar{I}(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} \bar{x}(\lambda) \bar{I}_0(\lambda) \bar{T}_M^2(\lambda) \sin^2 \left[\frac{\pi R(\lambda)}{\lambda} \right] d\lambda$$

$$b = \int_{380}^{780} \bar{y}(\lambda) \bar{I}(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} \bar{y}(\lambda) \bar{I}_0(\lambda) \bar{T}_M^2(\lambda) \sin^2 \left[\frac{\pi R(\lambda)}{\lambda} \right] d\lambda$$

$$c = \int_{380}^{780} \bar{z}(\lambda) \bar{I}(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} \bar{z}(\lambda) \bar{I}_0(\lambda) \bar{T}_M^2(\lambda) \sin^2 \left[\frac{\pi R(\lambda)}{\lambda} \right] d\lambda$$



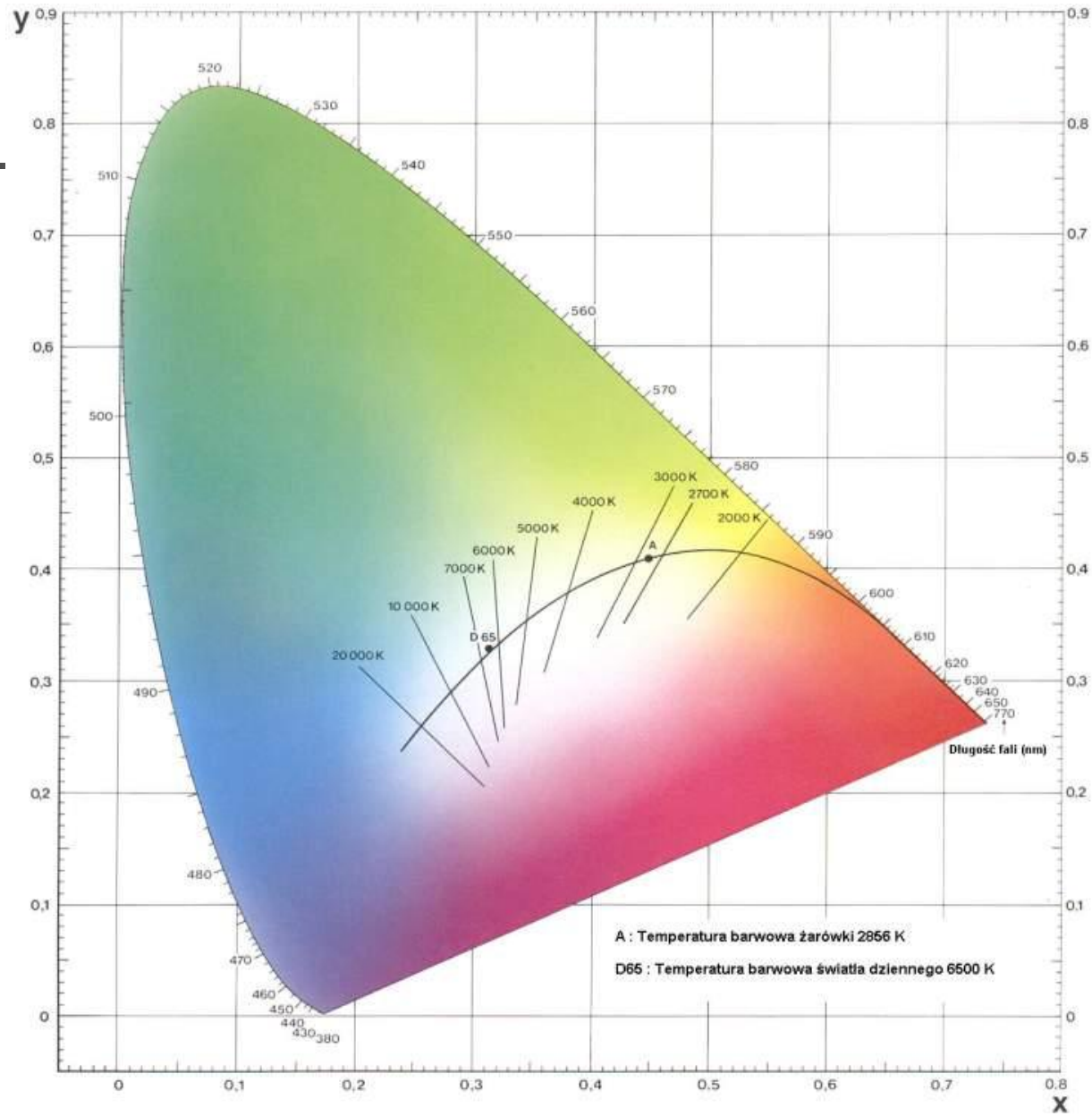
Widzenie barwne

$$x = \frac{a}{a + b + c},$$

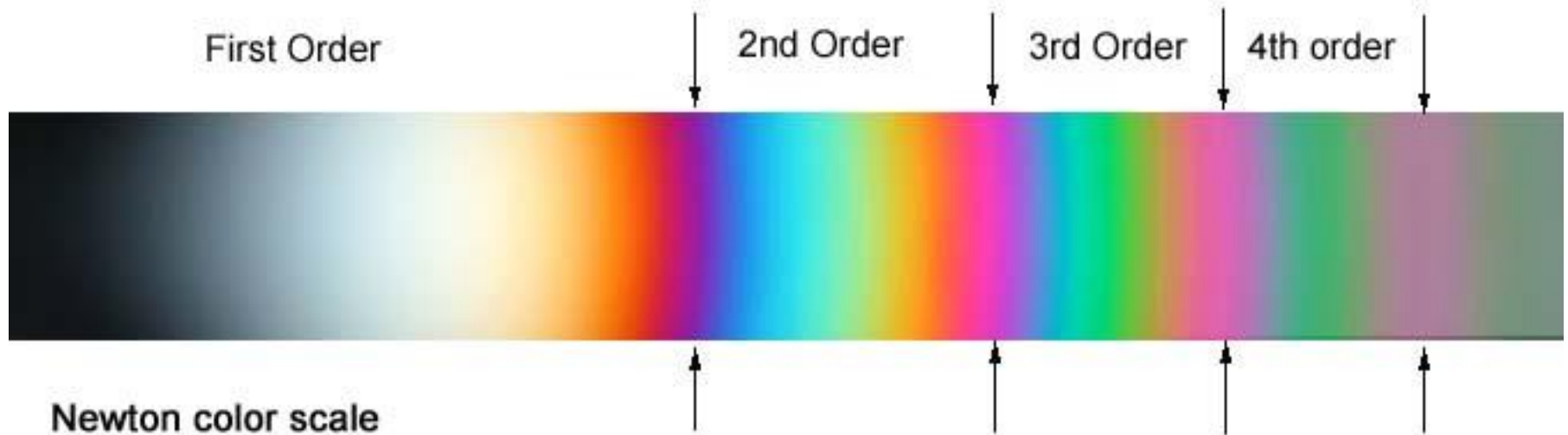
$$y = \frac{b}{a + b + c},$$

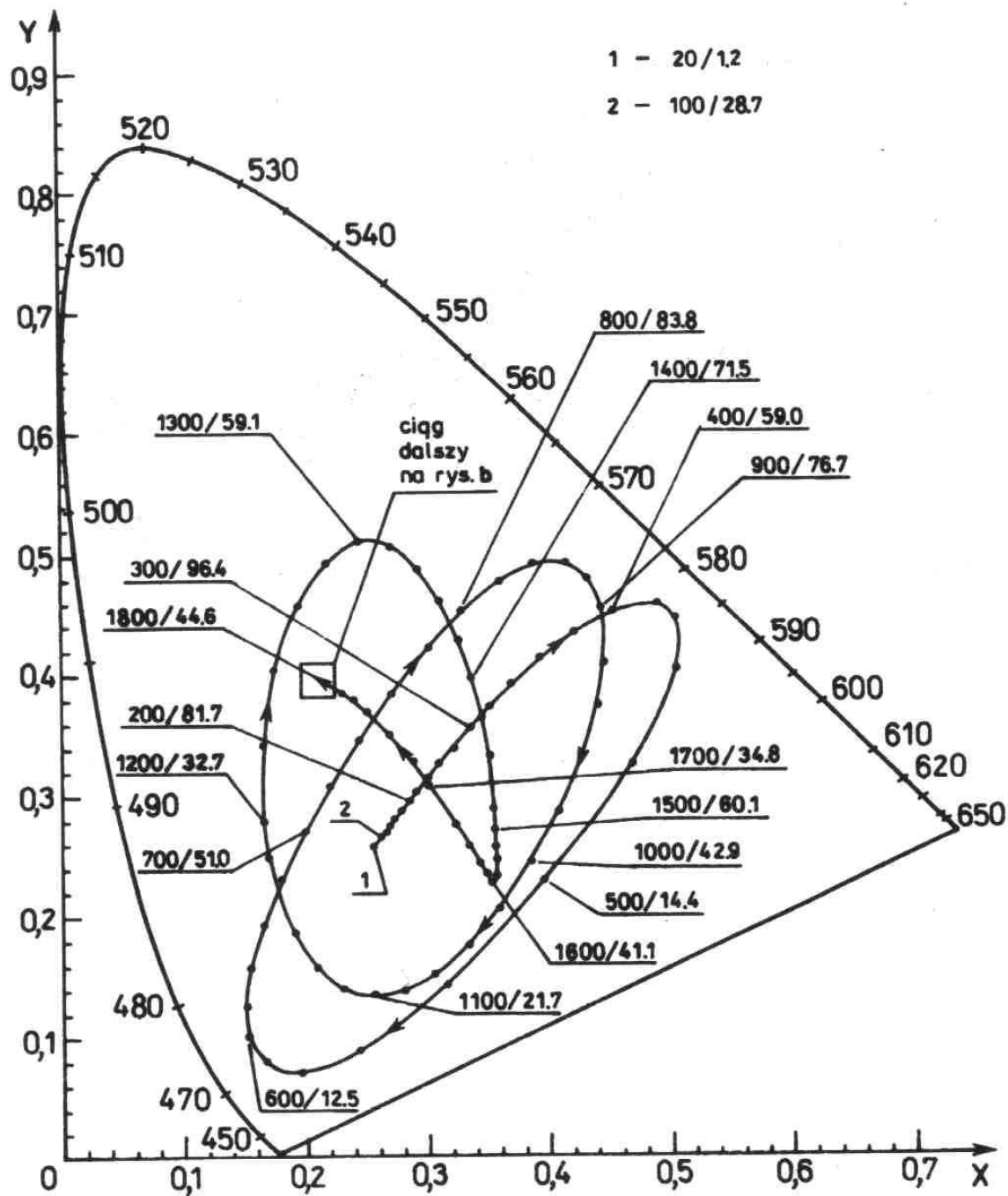
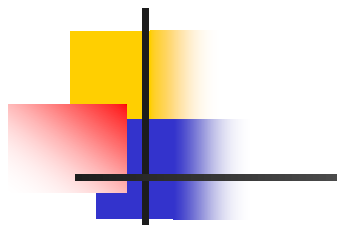
$$z = \frac{c}{a + b + c}.$$

Widzenie barwne



Skala barw Newtona





T a b e l a 13.1. Tabela barw polaryskopowych

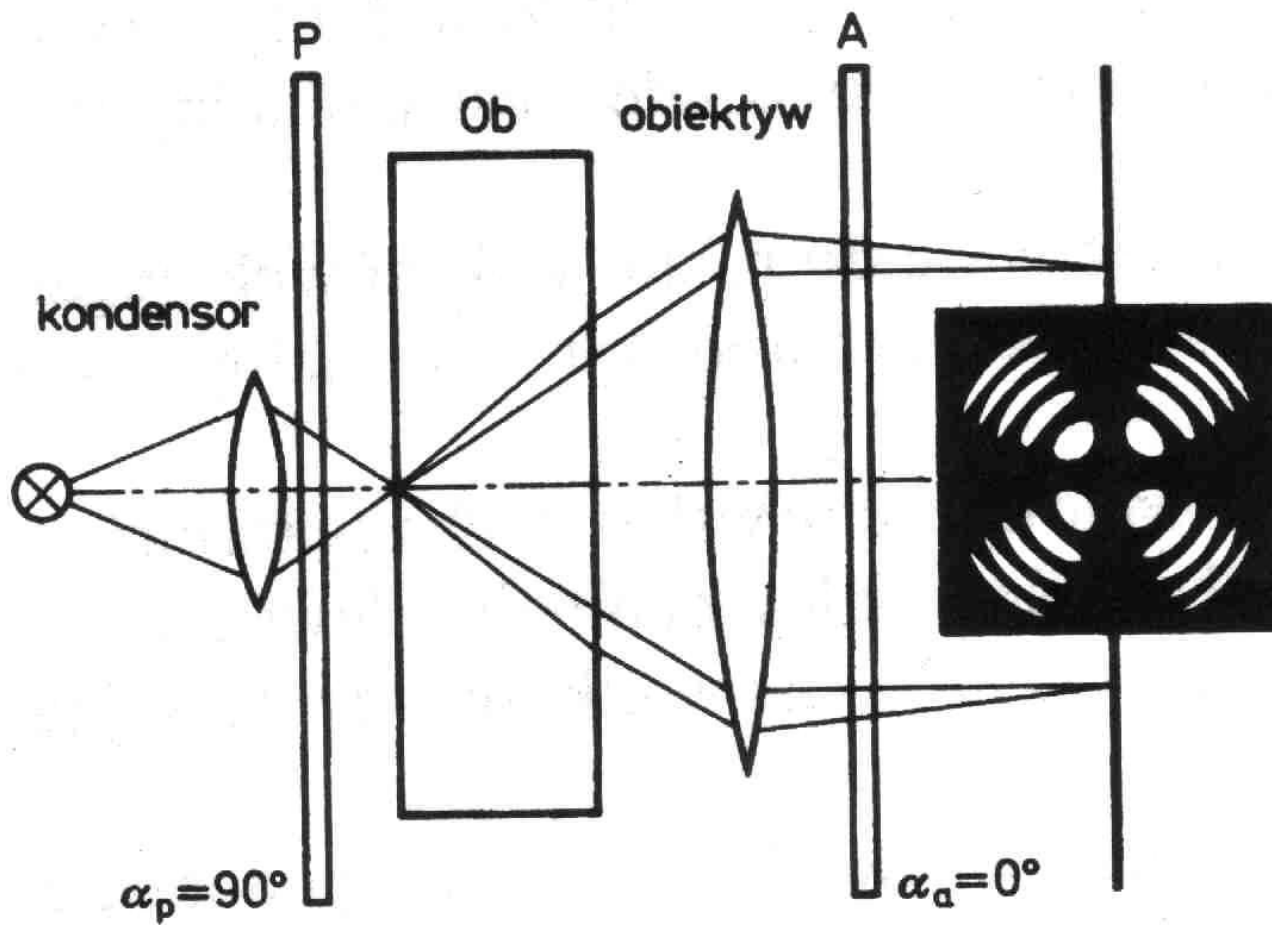
Różnica dróg optycznych w nm	Polaryskop liniowy skrzyżowany Polaryskop kołowy o niezgodnych skrętnościach polaryzatorów	Polaryskop liniowy równoległy Polaryskop kołowy o zgodnych skrętnościach polaryzatorów
I rząd 0	czarna	jasnobiała
40	stalowoszara	biała
97	lawendowoszara	żółtawobiała
158	szarobiała	brunatnawobiała
218	szara	brązowożółta
234	zielonkawobiała	brązowa
259	biała	jasnoczerwona
267	żółtawobiała	karminowoczerwona
275	słomkowożółta	czerwonobrunatna ciemna
281	słomkowożółta blada	ciemnofioletowa
306	jasnożółta	indygo
332	jaskrawożółta	niebieska
430	brązowożółta	szaroniebieska
505	czerwonopomarańczowa	niebieskawozielona
536	czerwona	bladozielona
551	ciemnoczerwona	żółtawozielona
565	purpura I rzędu	jasnozielona
II rząd 575	fioletowa	zielonkawożółta



Rozpoznawanie azymutu próbki

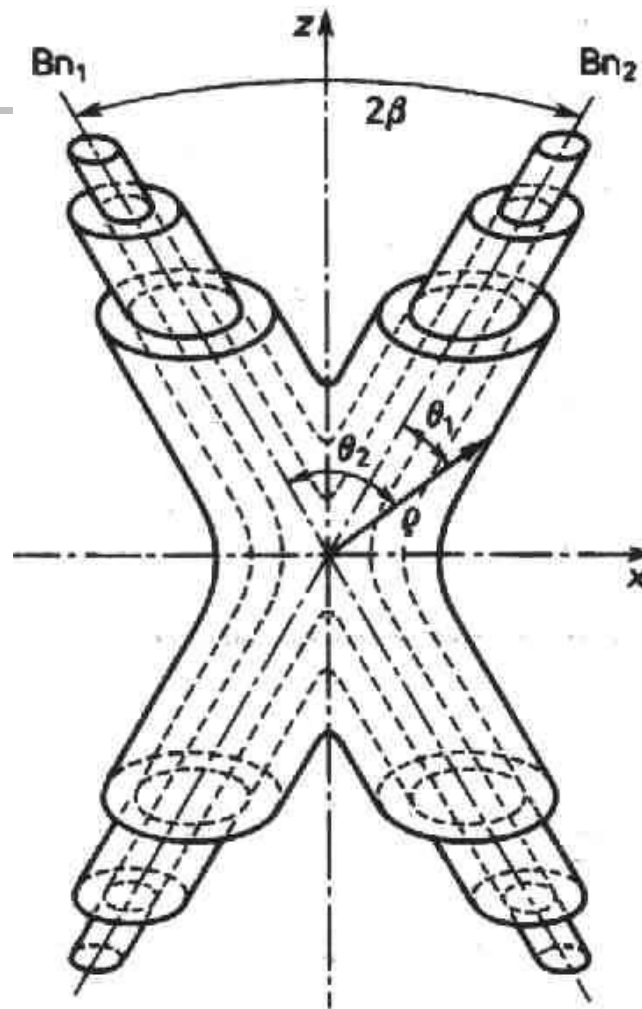
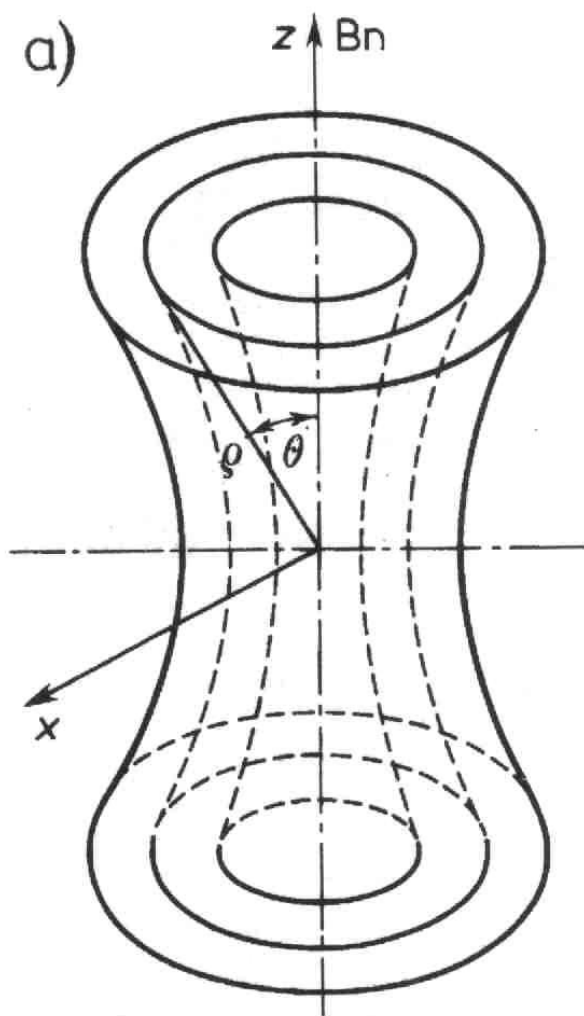
- Dodatkowa Płytką fazowa o znanej różnicy faz R_p oraz znanym kącie azymutu
- Azymuty zgodne:
„podwyższenie” barwy $R' = R + R_p$
- Azymuty przeciwne:
„obniżenie” barwy $R' = R - R_p$

Figury konoskopowe

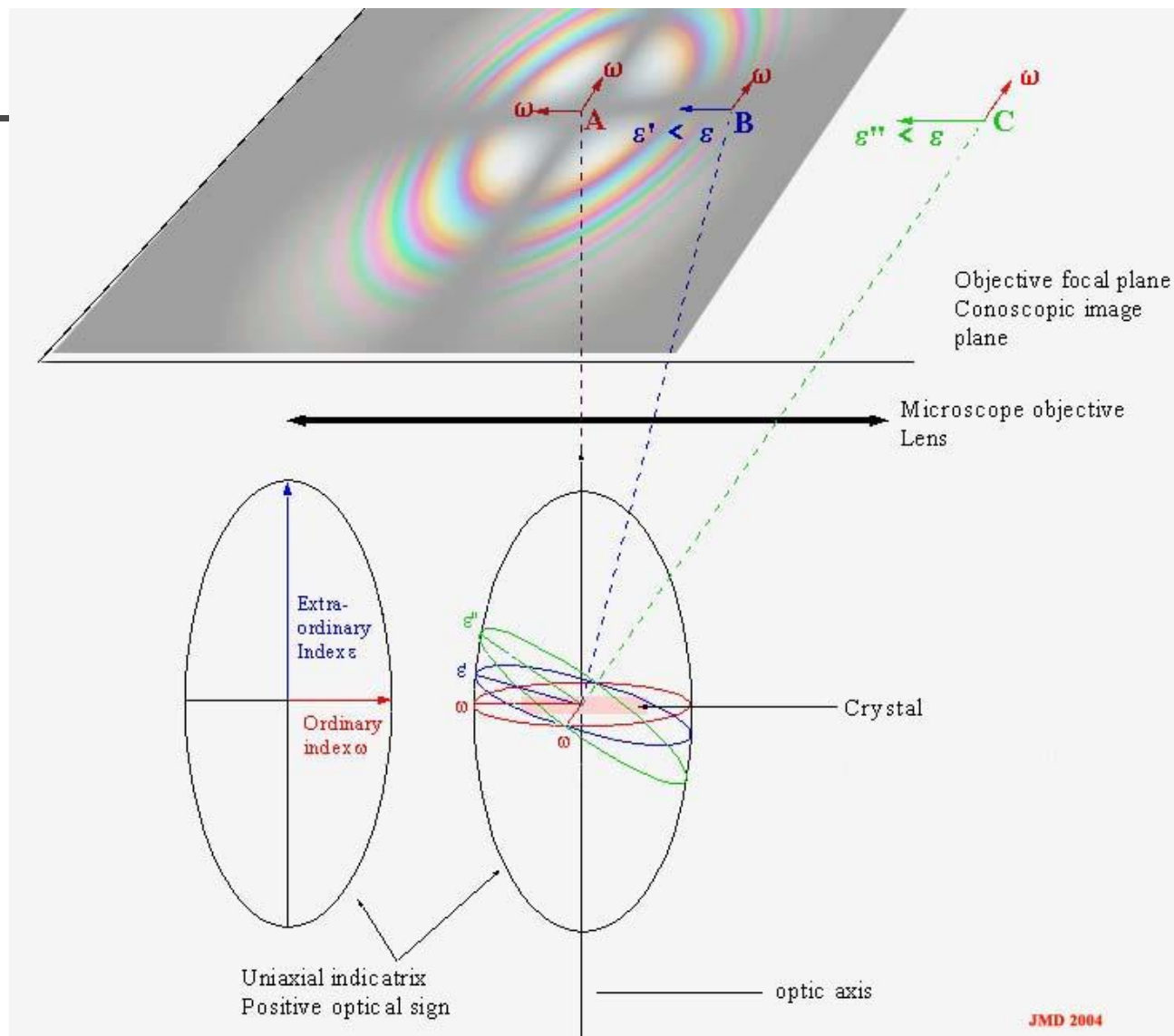


Rozkłady izochrom

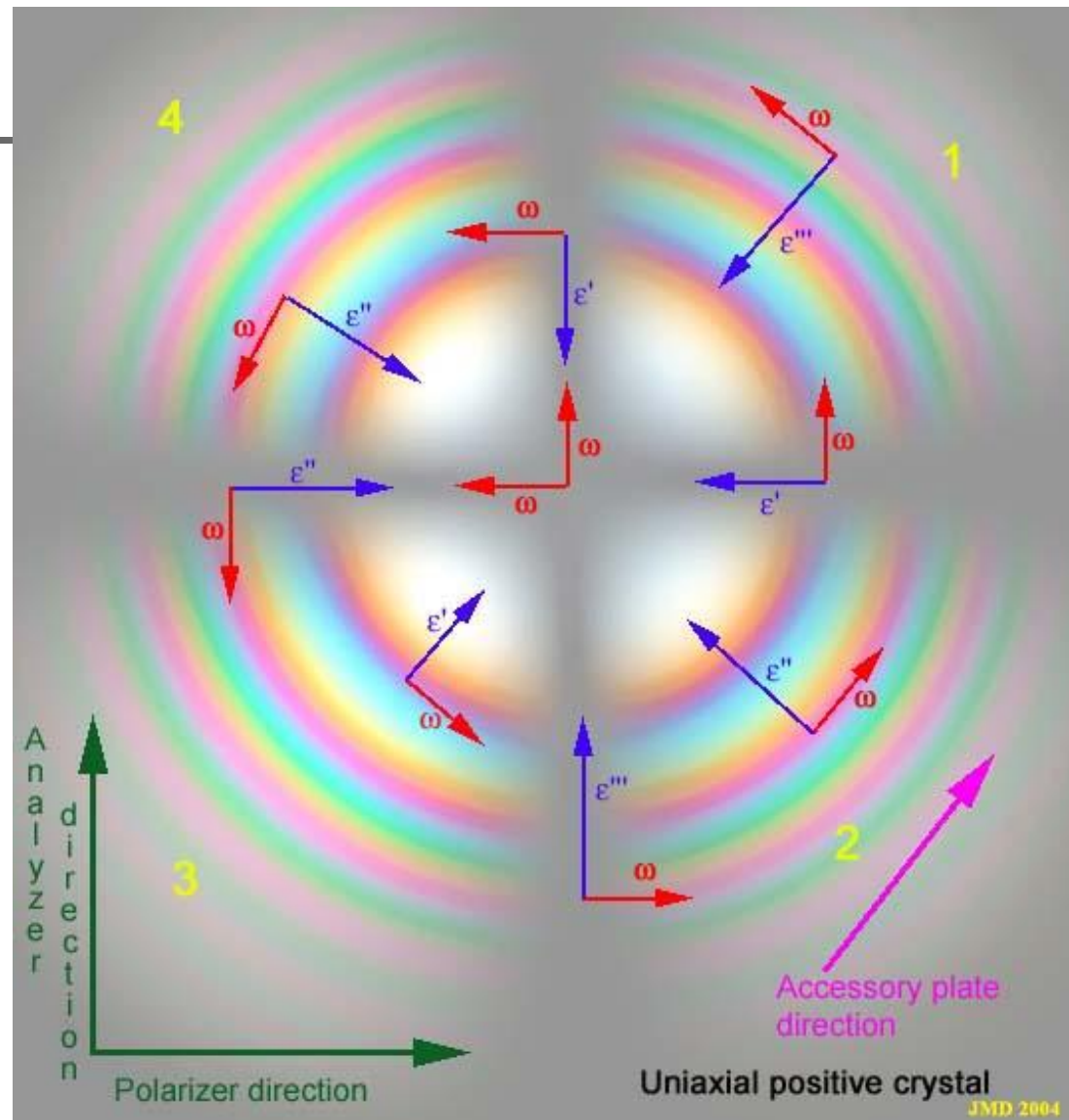
a)



Kryształy jednoosiowe



Kryształy jednoosiowe

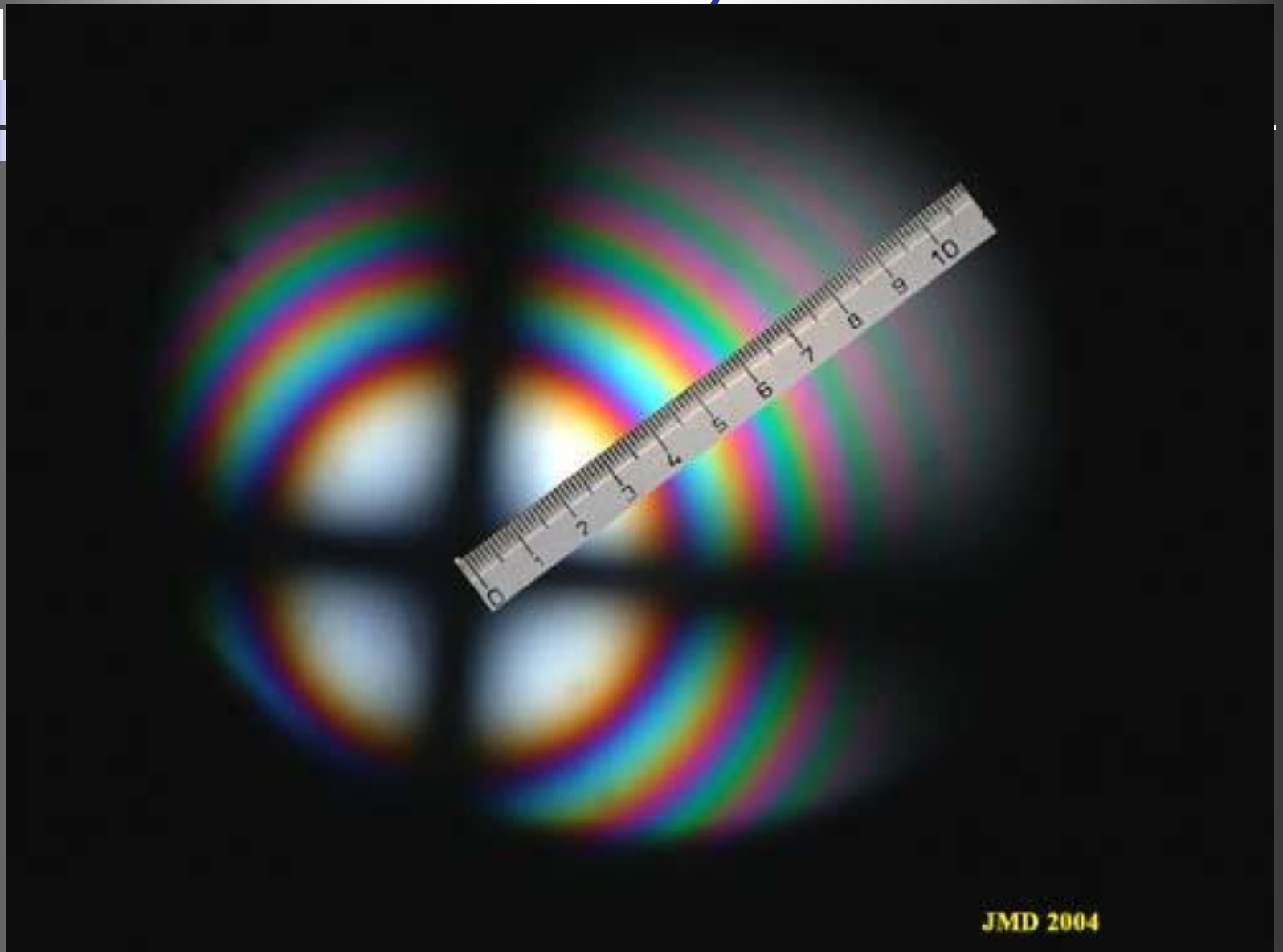


Kalcyt



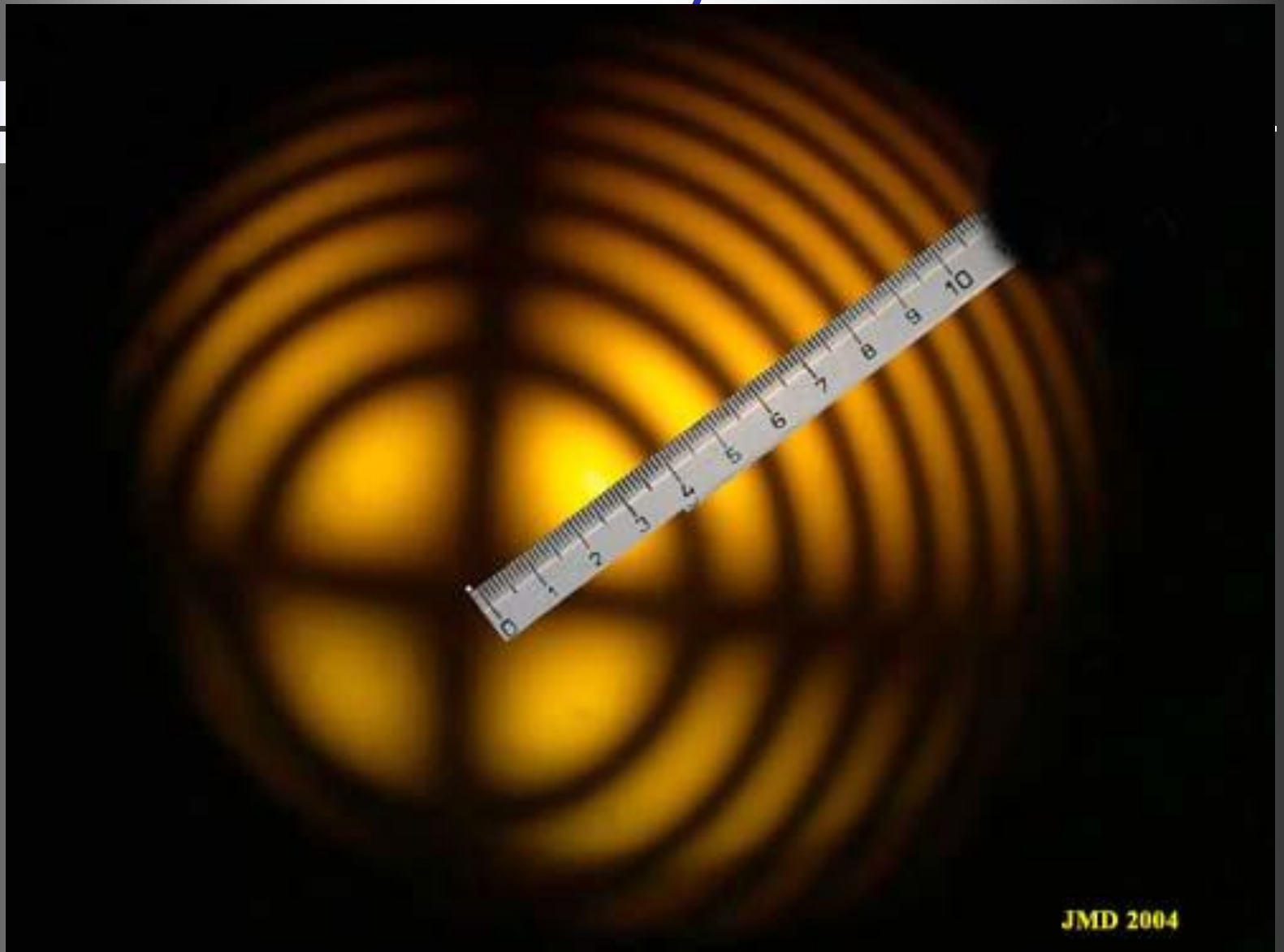
JMD 2004

Kalcyt



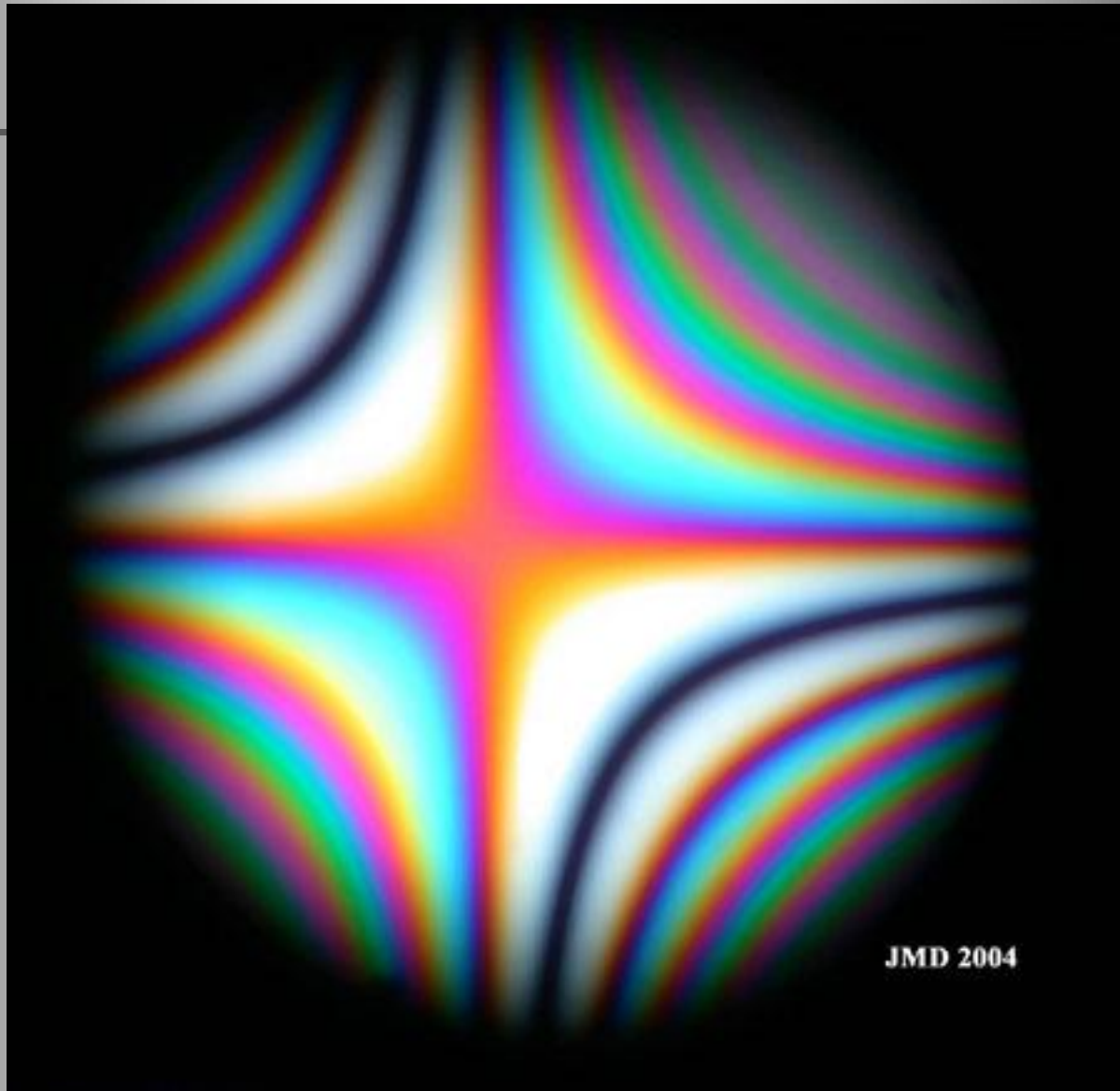
JMD 2004

Kalcyt



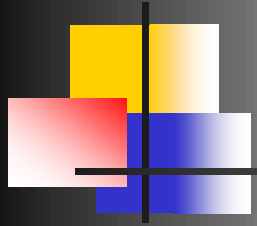
JMD 2004

Kwarc „normalny”

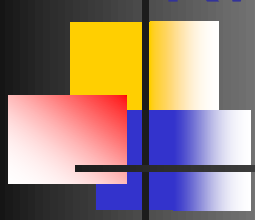


JMD 2004

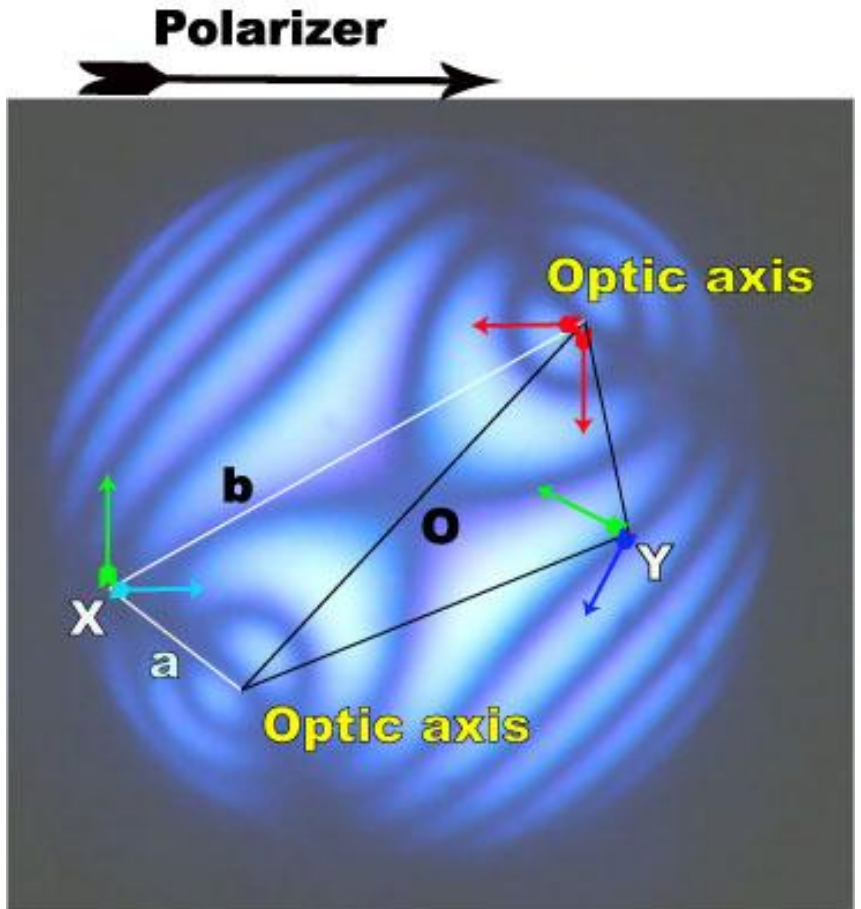
Kwarc „równoległy”



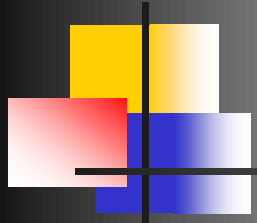
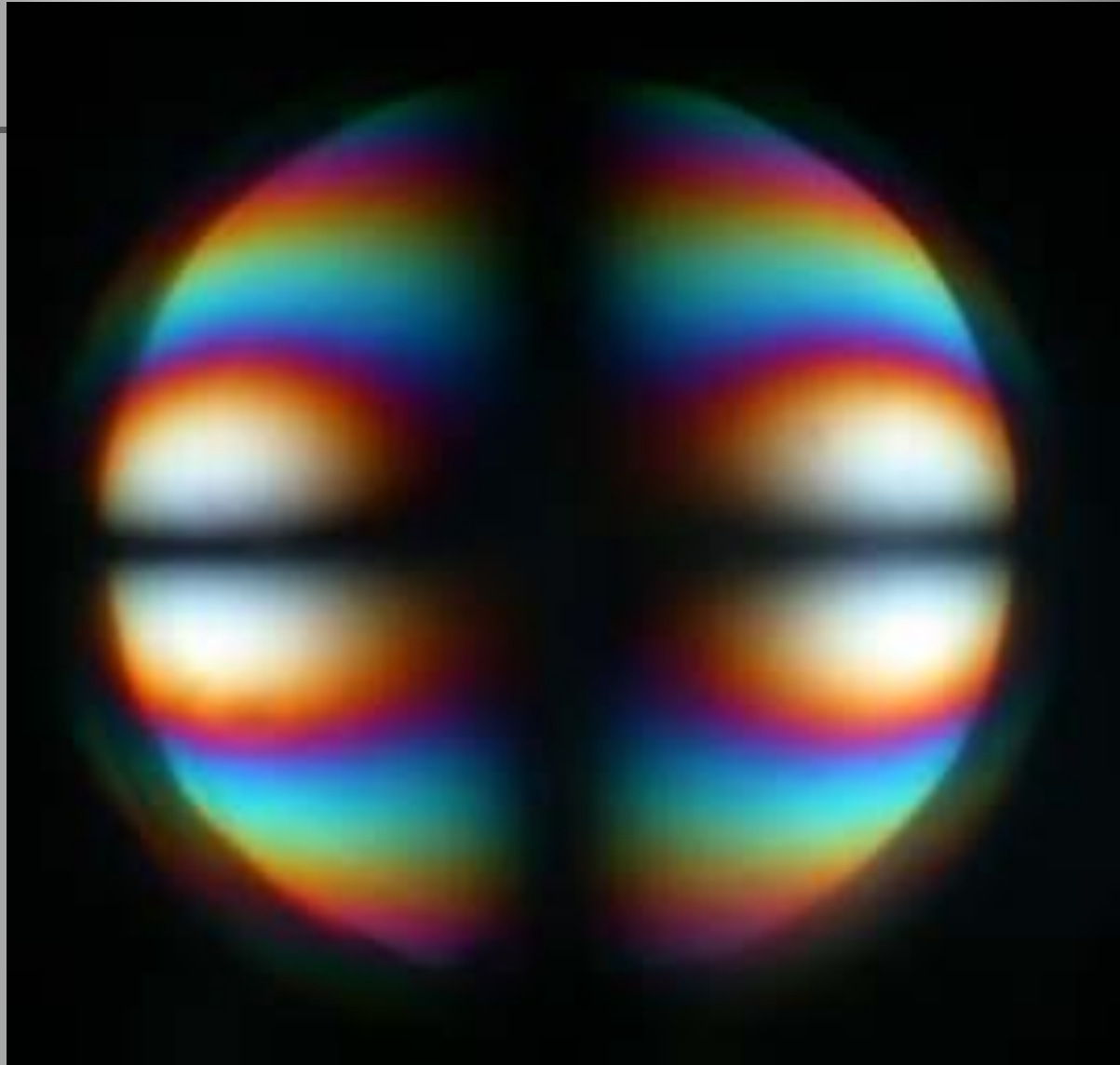
Kwarc „równoległy” i ćwierćfalówka



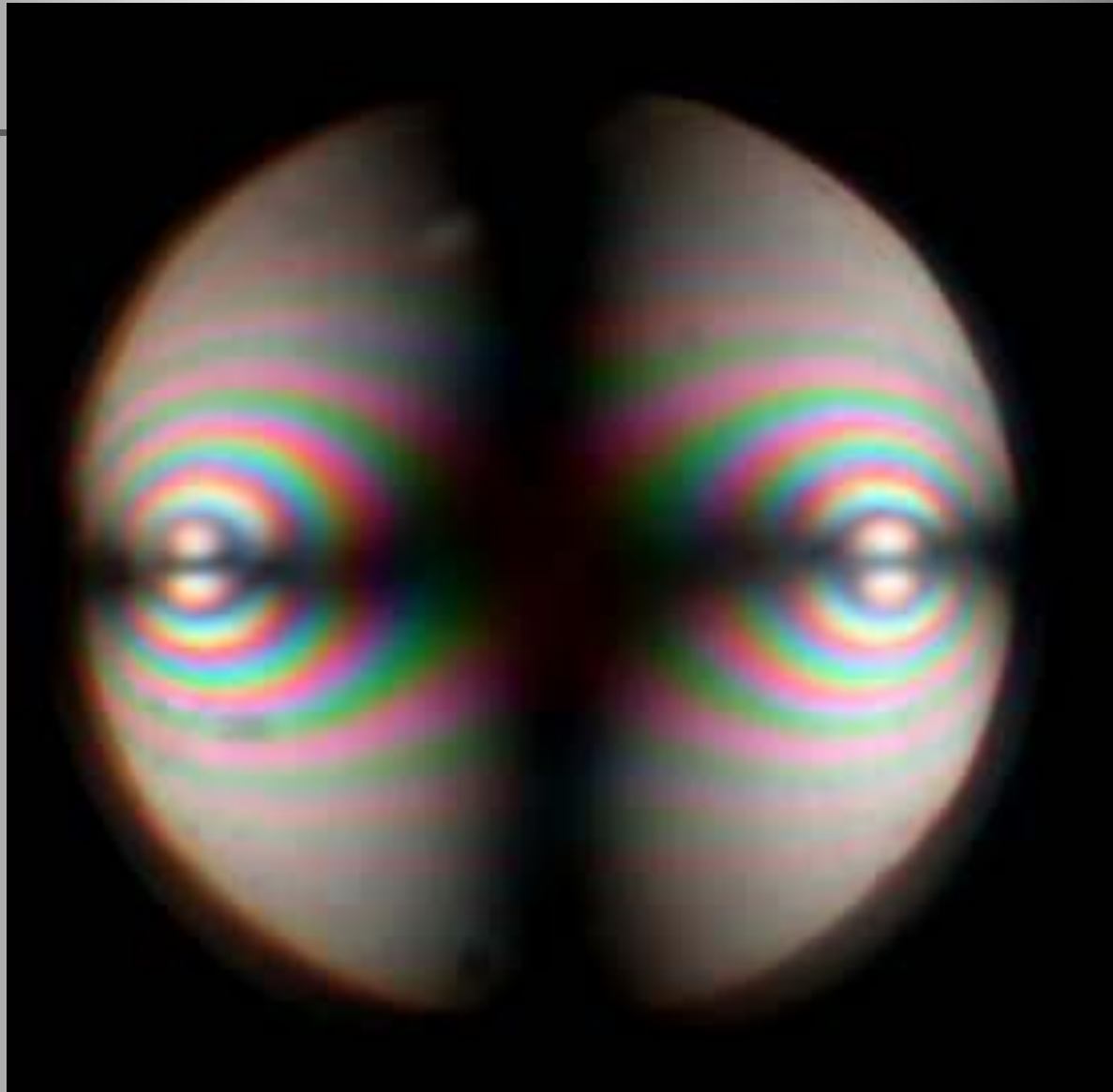
JMD 2004



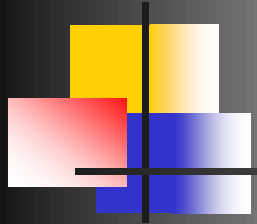
Muskowit



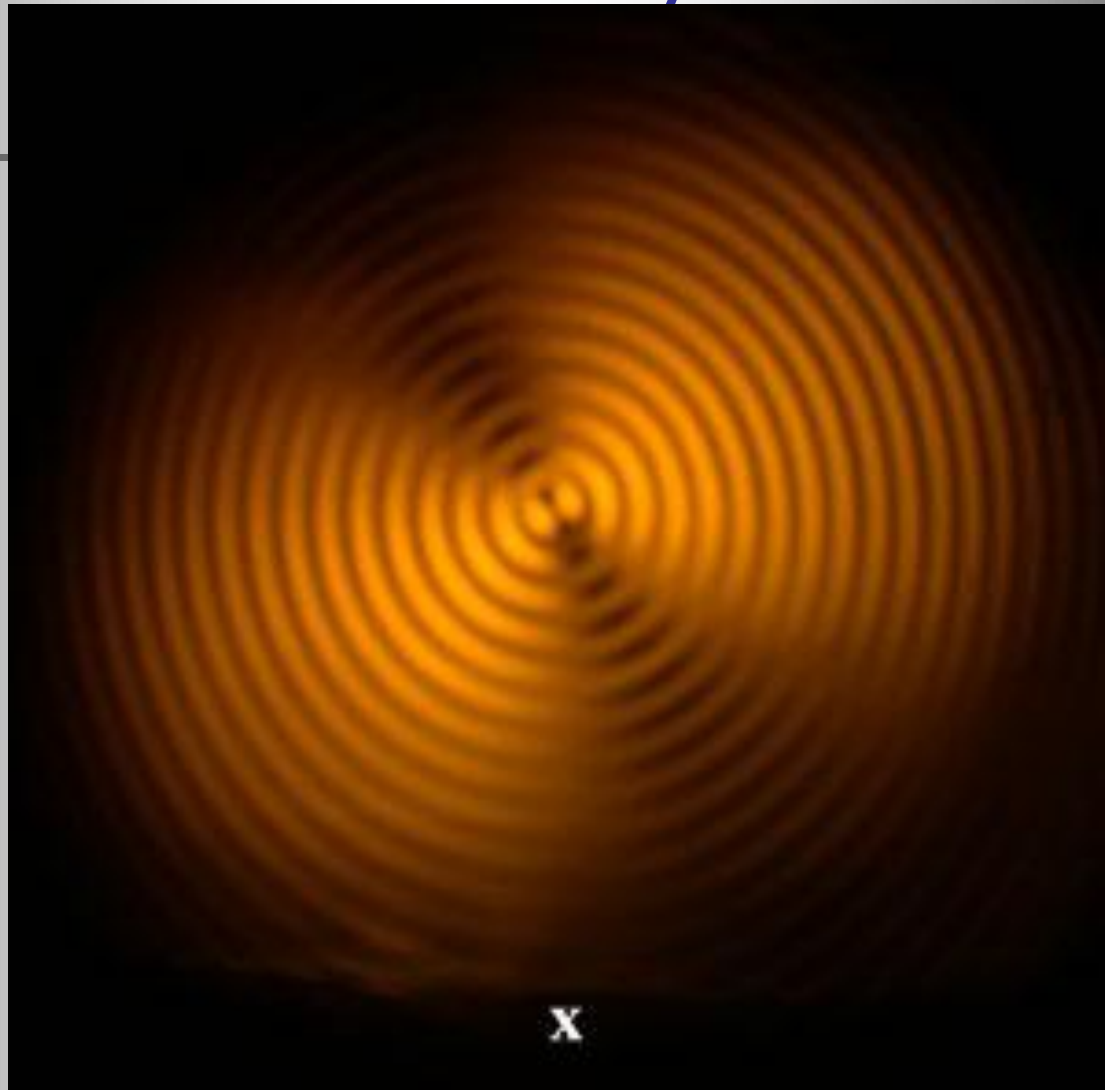
Muskowit



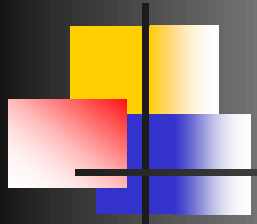
Muskowit



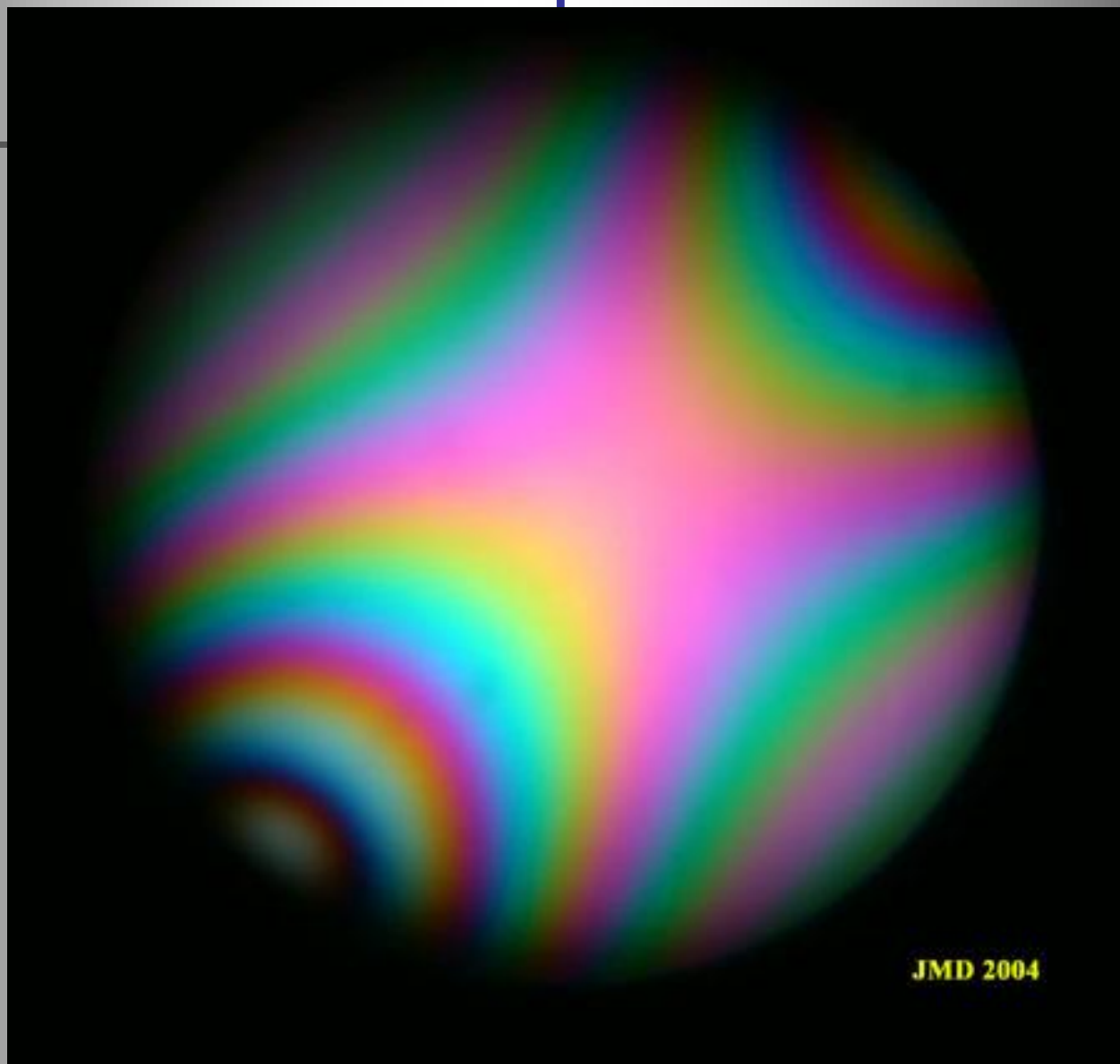
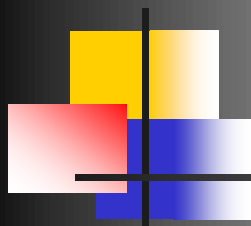
Danburyt



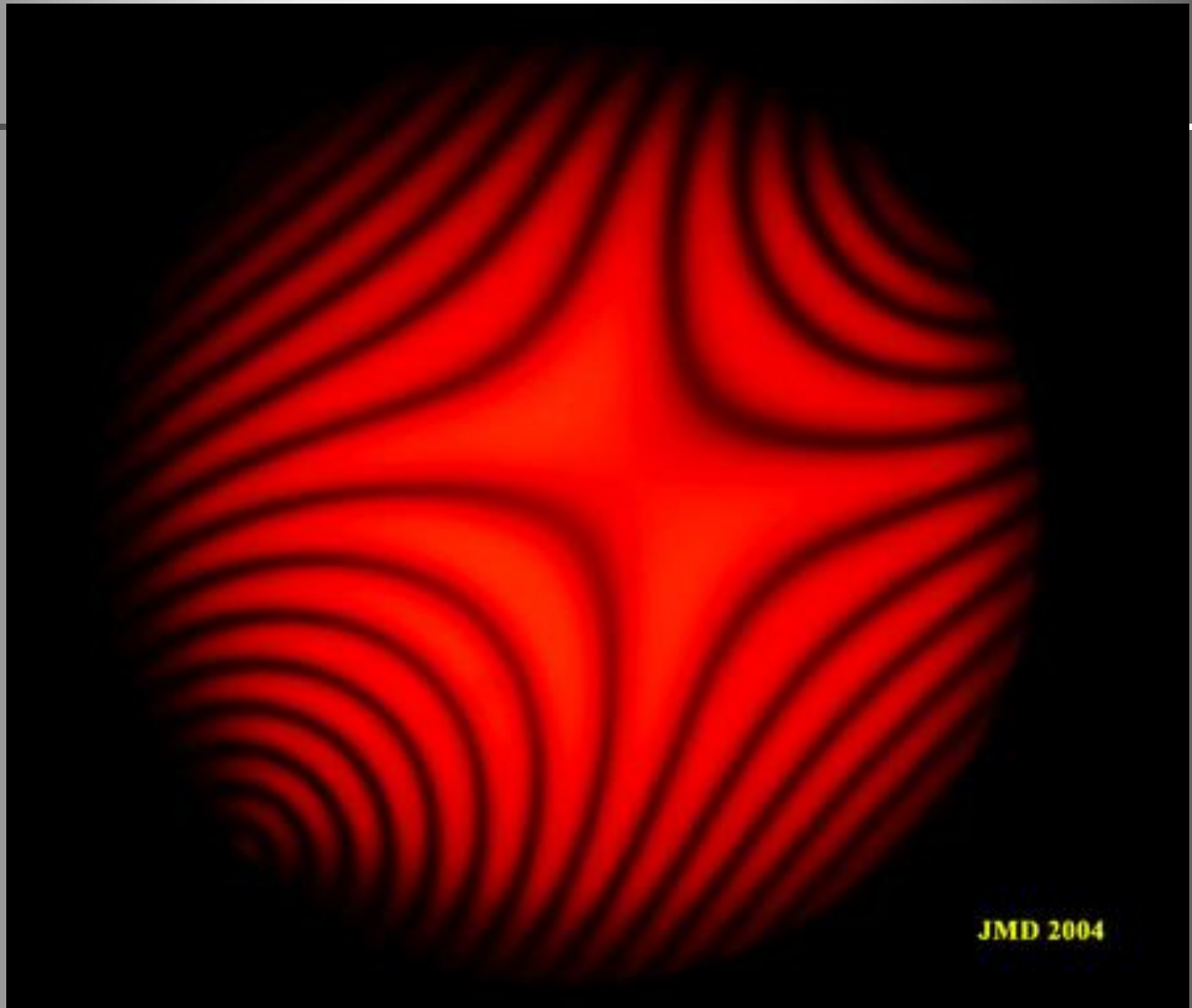
x



Topaz



Topaz

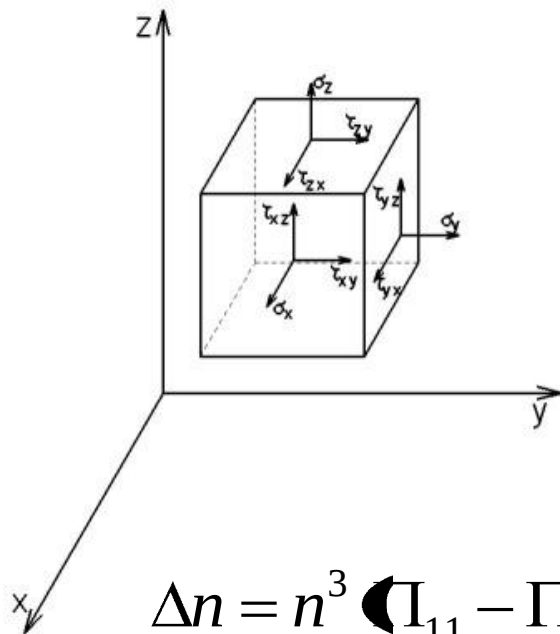


JMD 2004

Dwójłomność wymuszona

Efekt piezooptyczny

- zmiana dwójłomności wywołana naprężeniami



naprężenia główne i ścinające

$$\sigma_{kl} = \frac{F_k}{S_l}$$

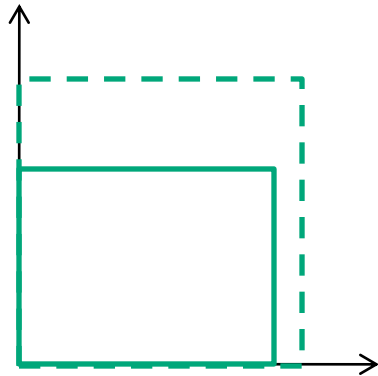
$$\Delta n = n^3 \left[\Pi_{11} - \Pi_{12} \right] \left[\sigma_1 - \sigma_2 \right] / 2 = c_p \left[\sigma_1 - \sigma_2 \right]$$

Dwójłomność wymuszona

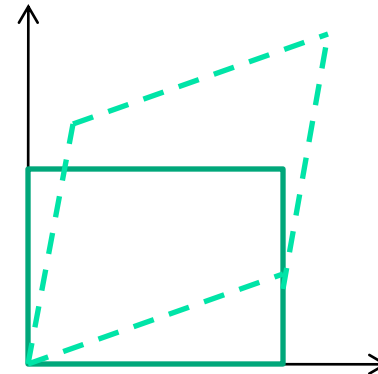
Efekt elastooptyczny

– zmiana dwójłomności wywołana odkształceniami

prawo Hooke'a $\gamma_i = s_{ij} \sigma_j$, $i, j = 1, 2, \dots, 6$

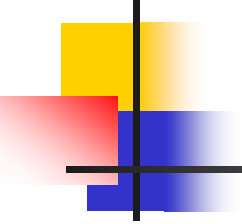


$\gamma_{xx}, \gamma_{yy}, \gamma_{zz}$



$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$

$$\Delta n = n^3 \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{12} & p_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_1 & \gamma_2 \end{bmatrix} = c_e \begin{bmatrix} \gamma_1 & \gamma_2 \end{bmatrix}$$



Dwójłomność wymuszona

Efekty elektrooptyczne

$$n' = n'_0 + a'E + b'E^2 + c'E^3 + \dots$$

$$n'' = n''_0 + a''E + b''E^2 + c''E^3 + \dots$$

kryształy bez środka symetrii – efekt Pockelsa

$$n' = n'_0 + a'E$$

$$n'' = n''_0 + a''E$$

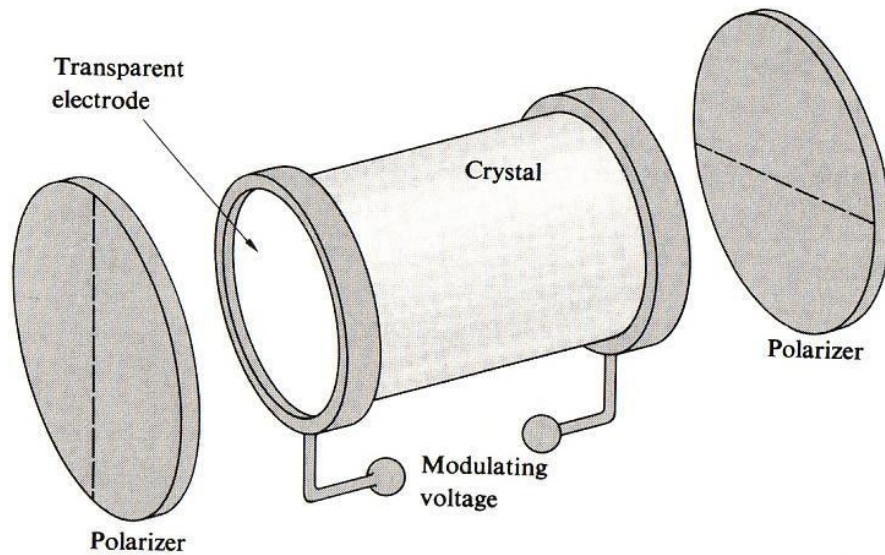
kryształ ze środkiem symetrii lub ciało izotropowe – efekt Kerra

$$n' = n'_0 + b'E^2$$

$$n'' = n''_0 + b''E^2$$

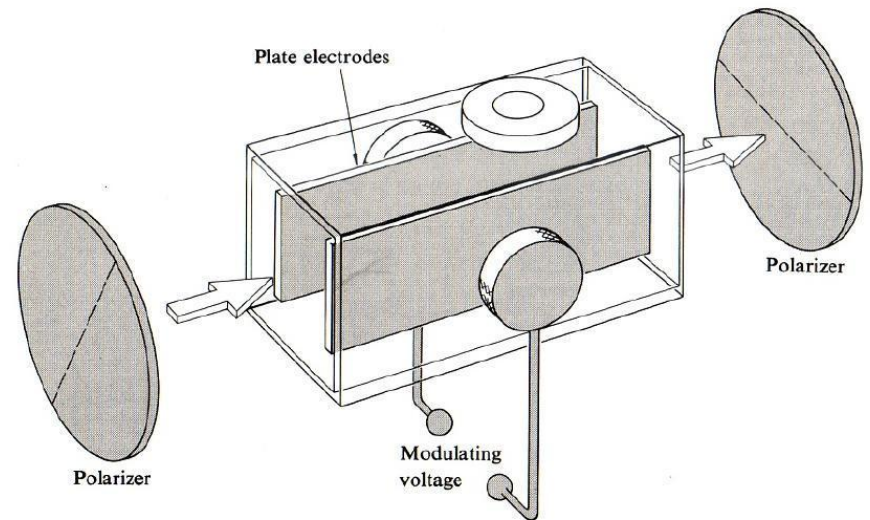
Dwójłomność wymuszona

Komórki elektrooptyczne



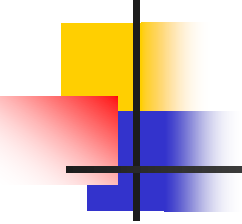
komórka Pockelsa

$$\Delta n = r_{63} n_o^3 E_z$$



komórka Kerra

$$\Delta n = 0.5 (R_{12} - R_{11}) \vec{n}_0^3 E_z^2$$

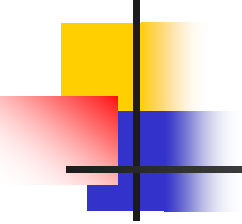


Dwójłomność wymuszona

Efekt Cottona-Mouttona

- światło biegnie prostopadle do linii sił pola magnetycznego
- indukowana dwójłomność jest proporcjonalna do kwadratu natężenia pola magnetycznego

$$\Delta n_{CM} = CH^2$$



Dwójłomność wymuszona

Efekt Faradaya

- światło biegnie wzdłuż linii sił pola magnetycznego
- dwójłomność jest proporcjonalna do natężenia pola magnetycznego

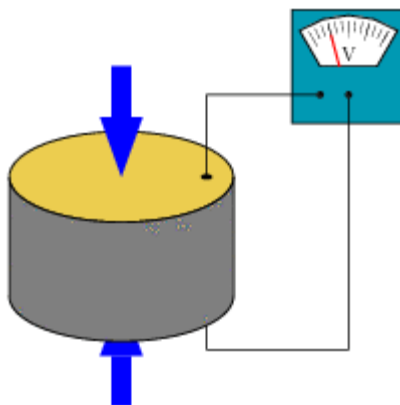
$$\Delta n_F = V' H$$

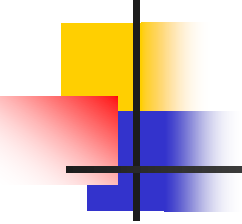
- zjawisko zmiany azymutu stanu polaryzacji światła (zwane niepoprawnie skręceniem płaszczyzny polaryzacji światła)
- stała Verdet a kąt skręcenia: $\Gamma = V d H$

Efekt piezoelektryczny prosty

Prosty efekt piezoelektryczny

- powstawanie polaryzacji elektrycznej w ciele stałym pod wpływem przyłożonego naprężenia (odkrycie w 1880r. przez Piotra i Jakuba Curie)

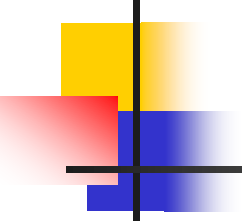




Efekt piezoelektryczny odwrotny

Odwrotny efekt piezoelektryczny

- mechaniczna deformacja ciała stałego pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego (eksperymentalne potwierdzenie rok 1881)



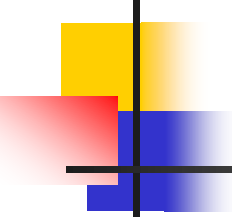
Efekt piezoelektryczny

Materiały piezoelektryczne

kwarc - dwutlenek krzemu SiO_2 - syntetyczny i naturalny (odmiana α) w postaci kryształów

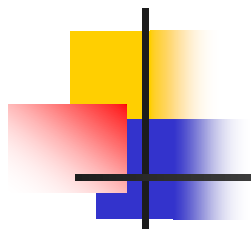
niobian litu – LiNbO_3 w postaci kryształów

ceramika PZT – stałe roztwory cyrkonianu ołowiu (PbZrO_3) i tytanianu ołowiu (PbTiO_3) – struktura polikrystaliczna



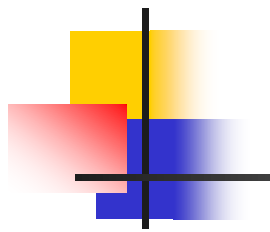
Efekt piezoelektryczny - zastosowania

- czujniki pola elektrycznego
- czujniki naprężeń
- generatory i detektory fal akustycznych
- diagnostyka ultradźwiękowa
- mikroskopia ultradźwiękowa
- defektoskopia
- zapalarki do gazu i zapalniczek
- wkładki gramofonowe
- sygnalizatory akustyczne, głośniki
- wtryski paliwa w systemie „common-rail”
- brajlowski monitor komputerowy



Efekt piroelektryczny

- generowanie siły elektromotorycznej pod wpływem temperatury (1842r. James Joule obserwacje niklu)
- zjawisko odwrotne: efekt elektrokaloryczny
- wszystkie ferroelektryki są piroelektrykami i piezoelektrykami, lecz na odwrót nie musi tak być
- zastosowania: głównie w czujnikach promieniowania podczerwonego



Efekt magnetostrykcyjny

- powstawanie odkształceń pod wpływem pola magnetycznego
- zjawisko odwrotne: efekt Villariego (efekt magnetomechaniczny)
- zastosowanie:
 - a) czujniki drgań i przemieszczeń
 - b) sonary, czujniki sejsmiczne
 - c) mycie ultradźwiękowe
 - d) czujniki pola magnetycznego