

Polaryzacja i ośrodki dwójłomne

Część II

Dwójłomność wymuszona

Dwójłomność wymuszona – zjawisko powstawania lub zmiany dwójłomności ośrodka izotropowego lub anizotropowego pod wpływem zewnętrznych czynników fizycznych.

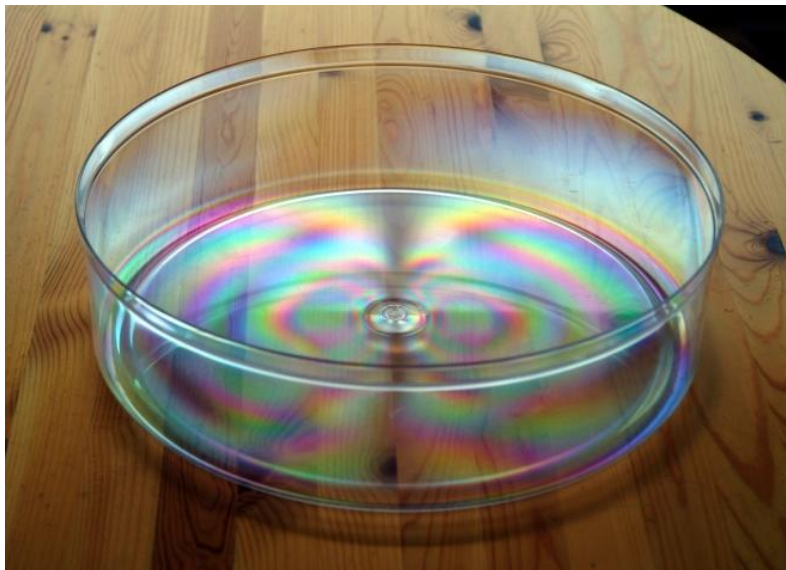
Czynniki zewnętrzne:

- a) temperatura,
- b) ciśnienie,
- c) naprężenia,
- d) odkształcenia,
- e) pole elektryczne,
- f) pole magnetyczne
- g) inne.

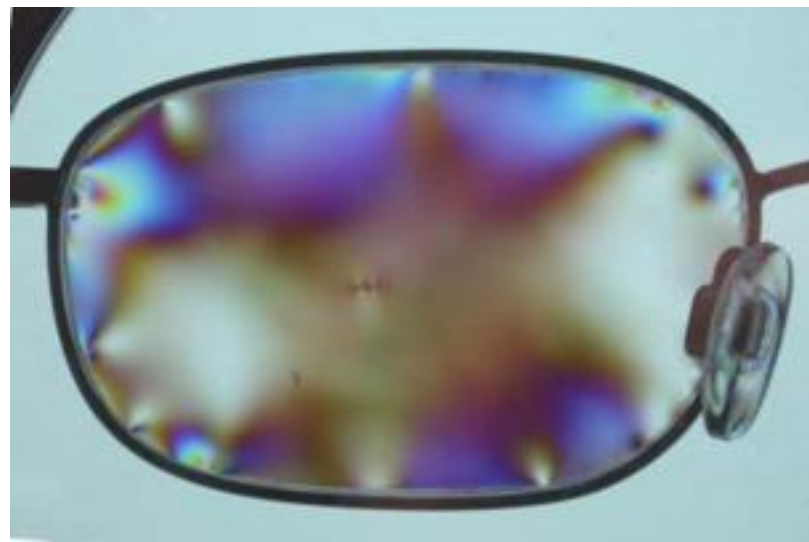
Efekty:

- a) termooptyczny,
- b) piezooptyczny,
- c) piezooptyczny,
- d) elastooptyczny,
- e) elektrooptyczny,
- f) magnetoptyczny,
- g) Inne.

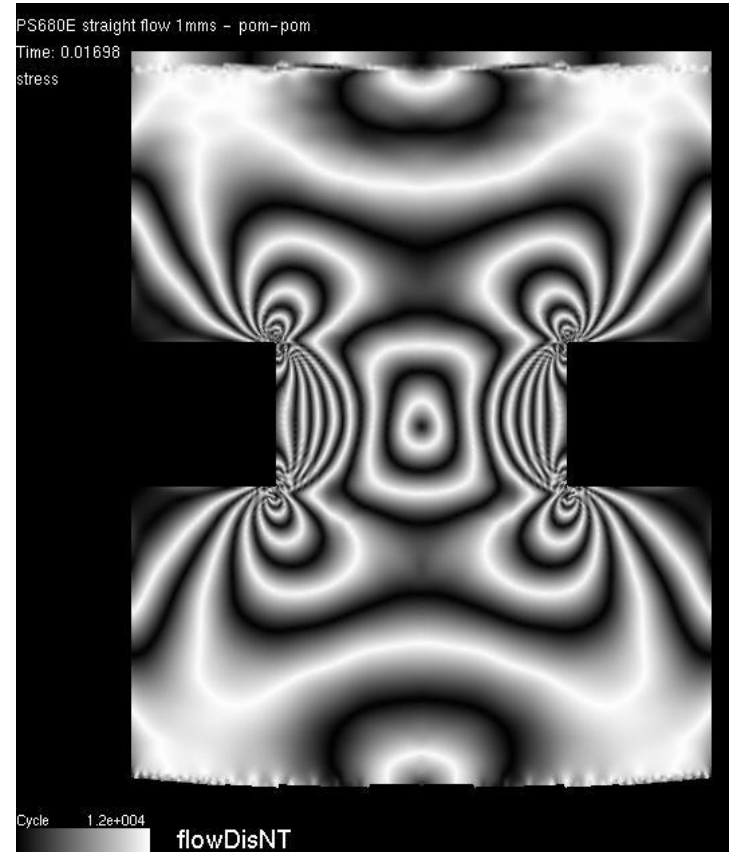
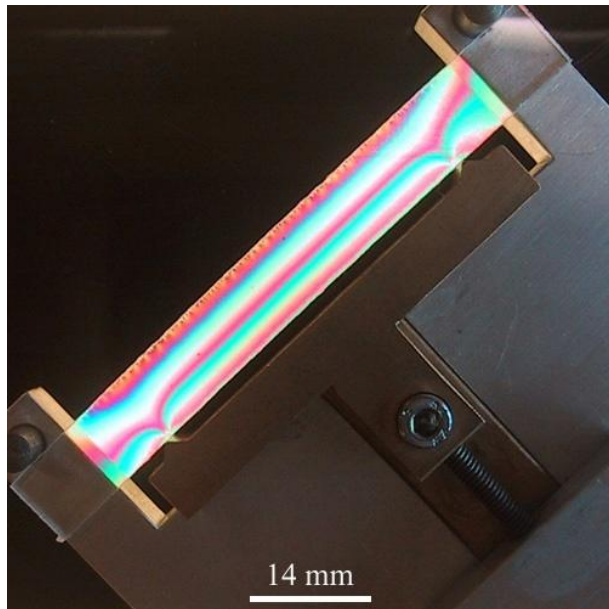
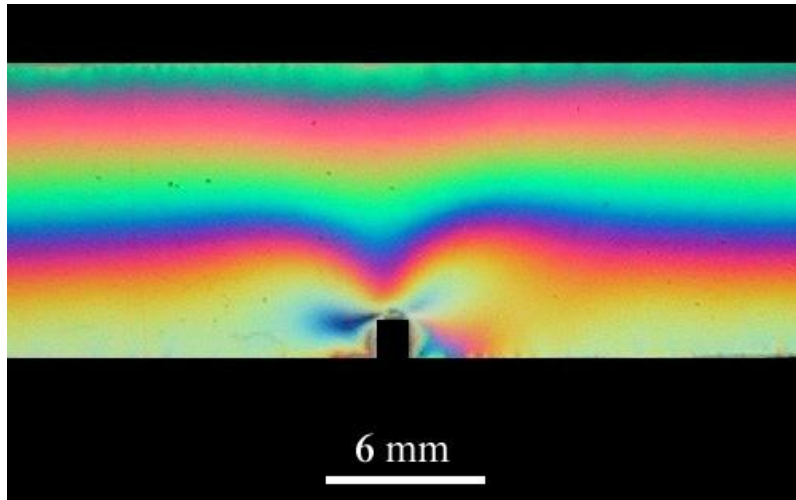
Dwójłomność wymuszona



Dwójłomność wymuszona

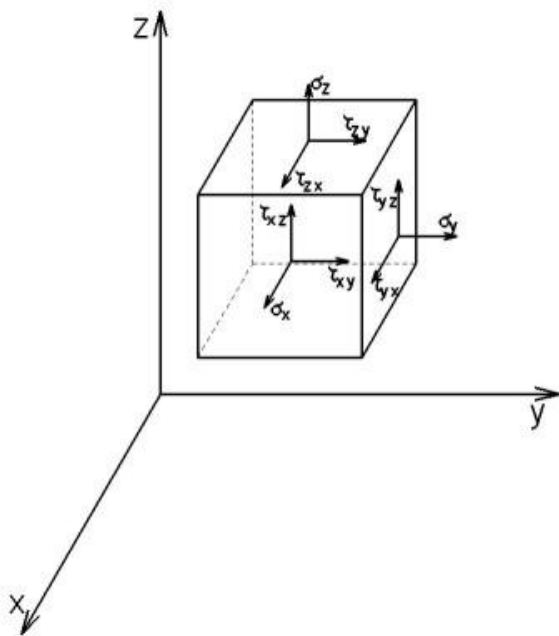


Dwójłomność wymuszona



Dwójłomność wymuszona

Efekt piezooptyczny - zmiana dwójłomności wywołana naprężeniami



naprężenia główne i ścinające

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

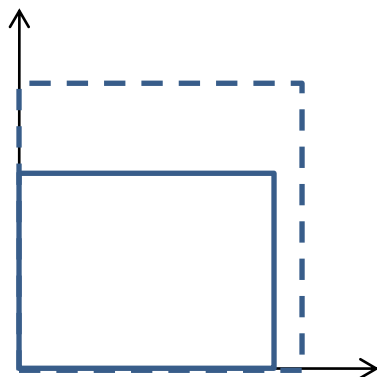
Dwójłomność wymuszona

Efekt elastooptyczny - zmiana dwójłomności wywołana odkształceniami

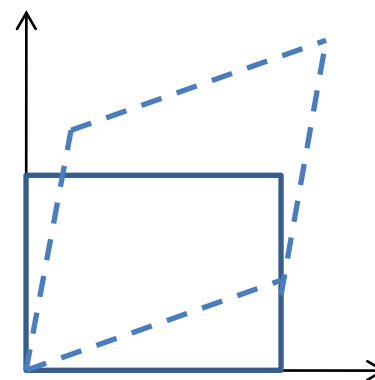
prawo Hooke'a

$$\gamma_i = s_{ij} \sigma_j, \quad i, j = 1, 2, \dots, 6$$

$$\gamma_{rs} = \frac{\Delta r}{s}$$



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



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

Dwójłomność wymuszona

Efekt piezooptyczny i elastooptyczny - przykład

- kryształ układu regularnego lub ciało izotropowe
- naprężenia główne, brak ścinających

Efekt piezooptyczny $\Delta n = n^3 \left(\Pi_{11} - \Pi_{12} \right) \left(\sigma_x - \sigma_y \right) / 2 = c_p \left(\sigma_x - \sigma_y \right) / 2$

Efekt elastooptyczny $\Delta n = n^3 \left(p_{11} - p_{12} \right) \left(\epsilon_x - \epsilon_y \right) / 2 = c_e \left(\epsilon_x - \epsilon_y \right) / 2$

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

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

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

Efekt Pockelsa

przykład:

kryształ ADP – jednoosiowy

pole elektryczne $\vec{E} = E_z \hat{z}$

fala świetlna biegnie wzdłuż osi Z

(podłużny efekt elektrooptyczny)

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

Efekt Kerra

przykład:

kryształ układu regularnego (ośrodek niedwójtomny),

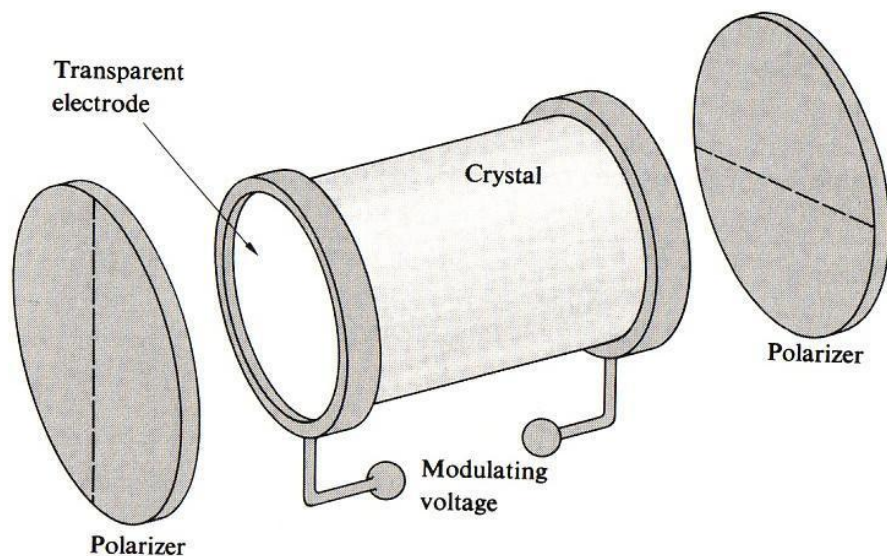
pole elektryczne $\vec{E} = E_z \hat{z}$

fala świetlna biegnie prostopadle do osi Z

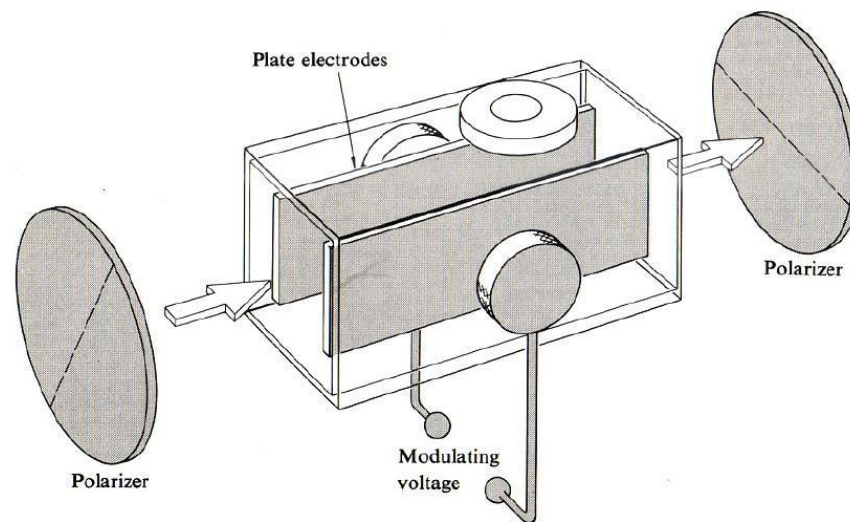
(poprzeczny efekt elektrooptyczny)

$$\Delta n = 0.5 (R_{12} - R_{11}) n_0^3 E_z^2$$

Komórki elektrooptyczne



komórka Pockelsa



komórka Kerra

Efekty magnetoptyczne

(rozważania dla ośrodka izotropowego)

Efekt Faradaya

- światło biegnie wzdłuż linii sił pola magnetycznego,
(podłużny efekt magnetoptyczny)
- dwójłomność liniowa(fale własne – liniowo spolaryzowane,
- efekt liniowy.

$$\Delta n_F = VH$$

Efekt Cottona-Mouttona

- światło biegnie prostopadle do linii sił pola magnetycznego,
(poprzeczny efekt magnetoptyczny)
- dwójłomność kołowa(fale własne – liniowo spolaryzowane,
- efekt kwadratowy.

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

Dwójłomność kołowa

Dwójłomność kołowa – zjawisko występujące w ośrodkach kołowo dwójłomnych (aktywnych optycznie), w których fale własne ośrodka są kołowo spolaryzowane.

Fala liniowo spolaryzowana
jako suma dwóch fal kołowo spolaryzowanych

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \left(\begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \right)$$

Przejście fal własnych przez ośrodek
z różnicą faz γ

$$\begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} \exp\left(-i \frac{\gamma}{2}\right)$$
$$\begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \exp\left(+i \frac{\gamma}{2}\right)$$

Za ośrodkiem: fala liniowo spolaryzowana
pod kątem azymutu α :

$$\alpha = \frac{\gamma}{2}$$

$$\frac{1}{2} \left(\begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} \exp\left(-i \frac{\gamma}{2}\right) + \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \exp\left(+i \frac{\gamma}{2}\right) \right) = \begin{bmatrix} \cos \frac{\gamma}{2} \\ \sin \frac{\gamma}{2} \end{bmatrix}$$

Ośrodek dwójłomny:
zmienia kąt azymutu światła padającego
(potoczne, niewłaściwe określenie – „obraca płaszczyznę polaryzacji”).

Dwójłomność kołowa

Sacharymetr – przyrząd do pomiaru stężenia cukru.

Roztwór cukru – ośrodek kołowo dwójłomny.

Układ pomiarowy sacharymetru:

- a) polaryzator,
- b) badany obiekt,
- c) obrotowy analizator.

Procedura pomiarowa:

- a) justowanie układu – bez próbki, w układzie krzyża polaryzacyjnego ($P=0^\circ, A=90^\circ$), wówczas natężenie światła za analizatorem wyniesie 0,
- b) po wstawieniu próbki kąt azymutu światła padającego na analizator zmienia się o wielkość α proporcjonalną do różnicy faz γ , a ta jest proporcjonalna do stężenia roztworu c , natężenie światła za analizatorem nie jest już 0,
- c) aby zmierzyć kąt α należy obrócić analizator o kąt $\Delta\alpha_A$, czyli do położenia $\alpha + 90^\circ$, aby uzyskać całkowite zaciemnienie (czyli natężenie równe 0) za analizatorem.

Stężenie cukru c wyznacza się z wzoru:
$$\Delta\alpha_A = \frac{\gamma}{2} = k \cdot c$$

gdzie k – stała sacharymetru