

Synteza stanu polaryzacji światła

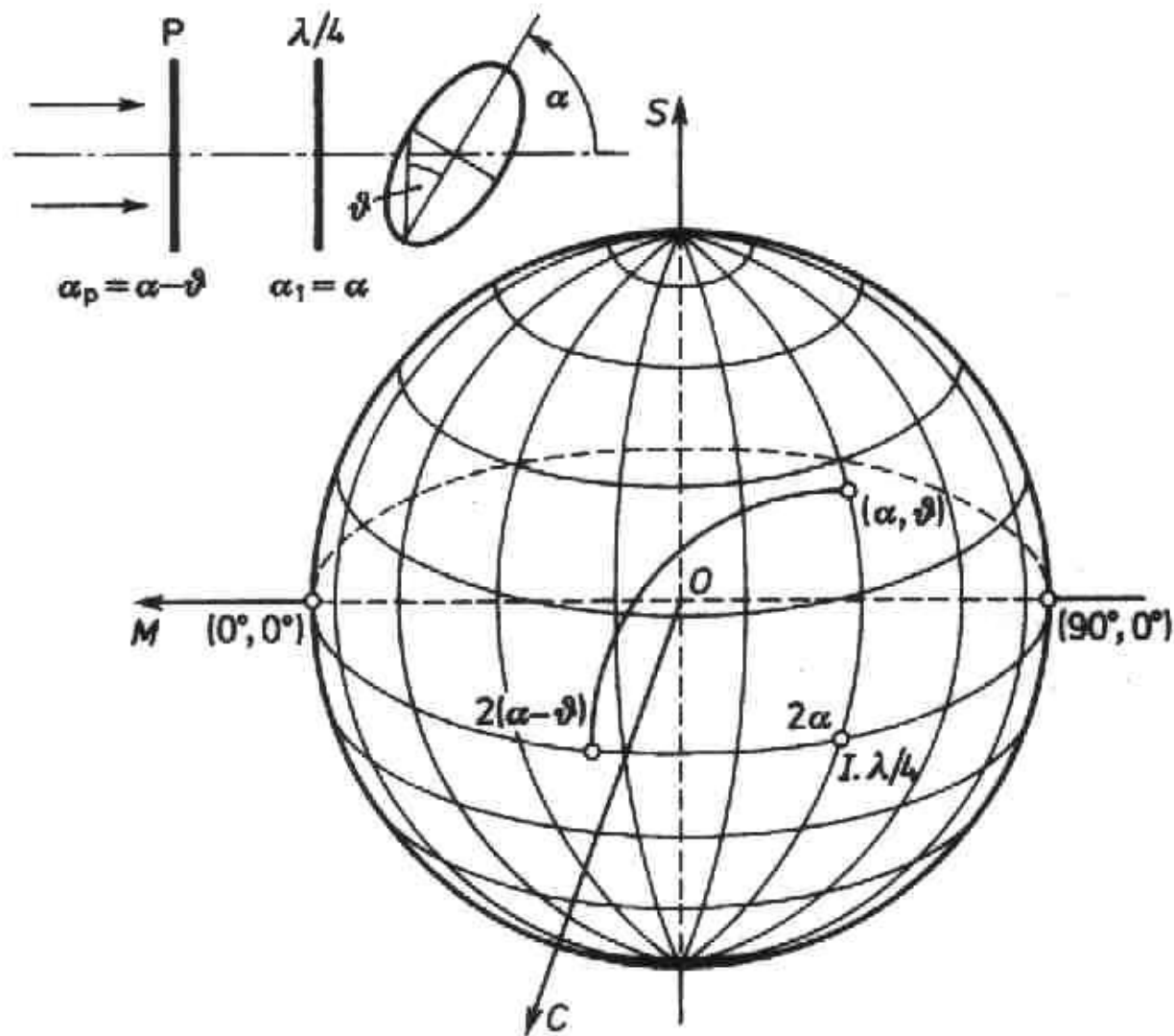
Przykład: światło naturalne pada na liniowy polaryzator,
a następnie na liniową ćwierćfalówkę

$$V = \begin{bmatrix} 1 \\ \cos 2\alpha_c \cdot \cos 2(\alpha_c - \alpha_p) \\ \sin 2\alpha_c \cdot \cos 2(\alpha_c - \alpha_p) \\ \sin 2(\alpha_c - \alpha_p) \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} \alpha = \alpha_c \\ \mathcal{G} = \alpha_c - \alpha_p \end{cases}$$

$$\text{zatem} \quad \begin{cases} \alpha_c = \alpha \\ \alpha_p = \alpha - \mathcal{G} \end{cases}$$

Uwaga: tylko przy użyciu ćwierćfalówki (przy danym liniowym polaryzatorze)
można wytworzyć światła o każdym stanie polaryzacji.

Synteza stanu polaryzacji światła



Analiza stanu polaryzacji światła

Krok pierwszy : (w biegu wiązki znajduje się obrotowy analizator liniowy)

$$V = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & \cos 2\alpha_A & \sin 2\alpha_A & 0 \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ p \cos 2\alpha \cos 2\vartheta \\ p \sin 2\alpha \cos 2\vartheta \\ * \end{bmatrix}$$

$$I(\alpha_A) \propto [1 + p \cos 2\vartheta \cos(2\alpha_A - 2\alpha)]$$

$$I(\alpha_A = \alpha_{A1}) = I_{\min} \Leftrightarrow \alpha = \alpha_{A1} + 90^\circ$$

Analiza stanu polaryzacji światła

Krok drugi : (przed analizator liniowy wstawiona jest liniowa ćwierćfalówka)

$$\alpha_c = \alpha = \alpha_{A1} \pm 90^\circ$$

$$V = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & \cos 2\alpha_A & \sin 2\alpha_A & 0 \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\lambda}{4}(\alpha) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ p \cos 2\alpha \cos 2\vartheta \\ p \sin 2\alpha \cos 2\vartheta \\ p \sin 2\vartheta \end{bmatrix}$$

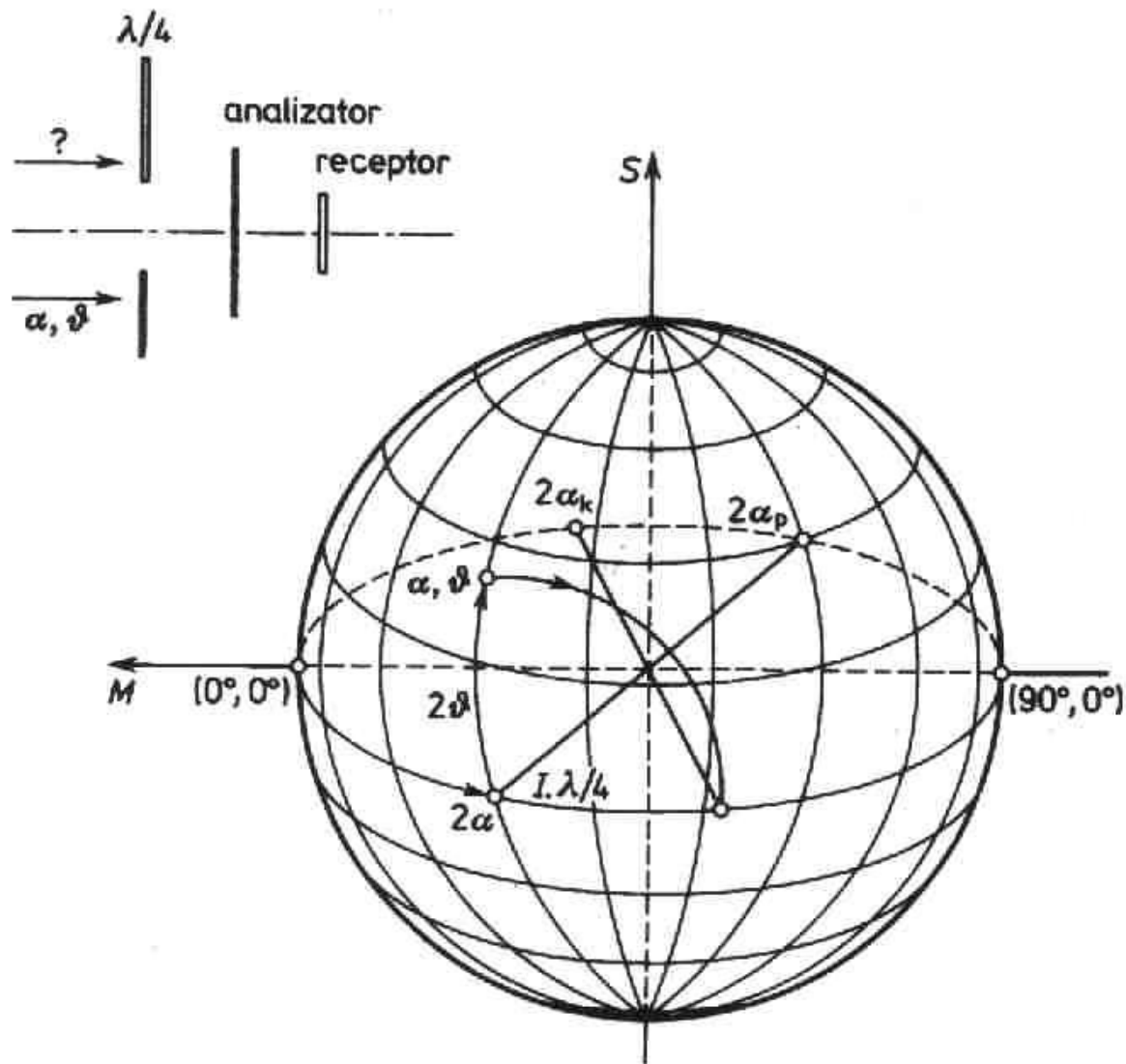
$$V = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & \cos 2\alpha_A & \sin 2\alpha_A & 0 \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ p \cos(2\alpha + 2\vartheta) \\ p \sin(2\alpha + 2\vartheta) \\ 0 \end{bmatrix}$$

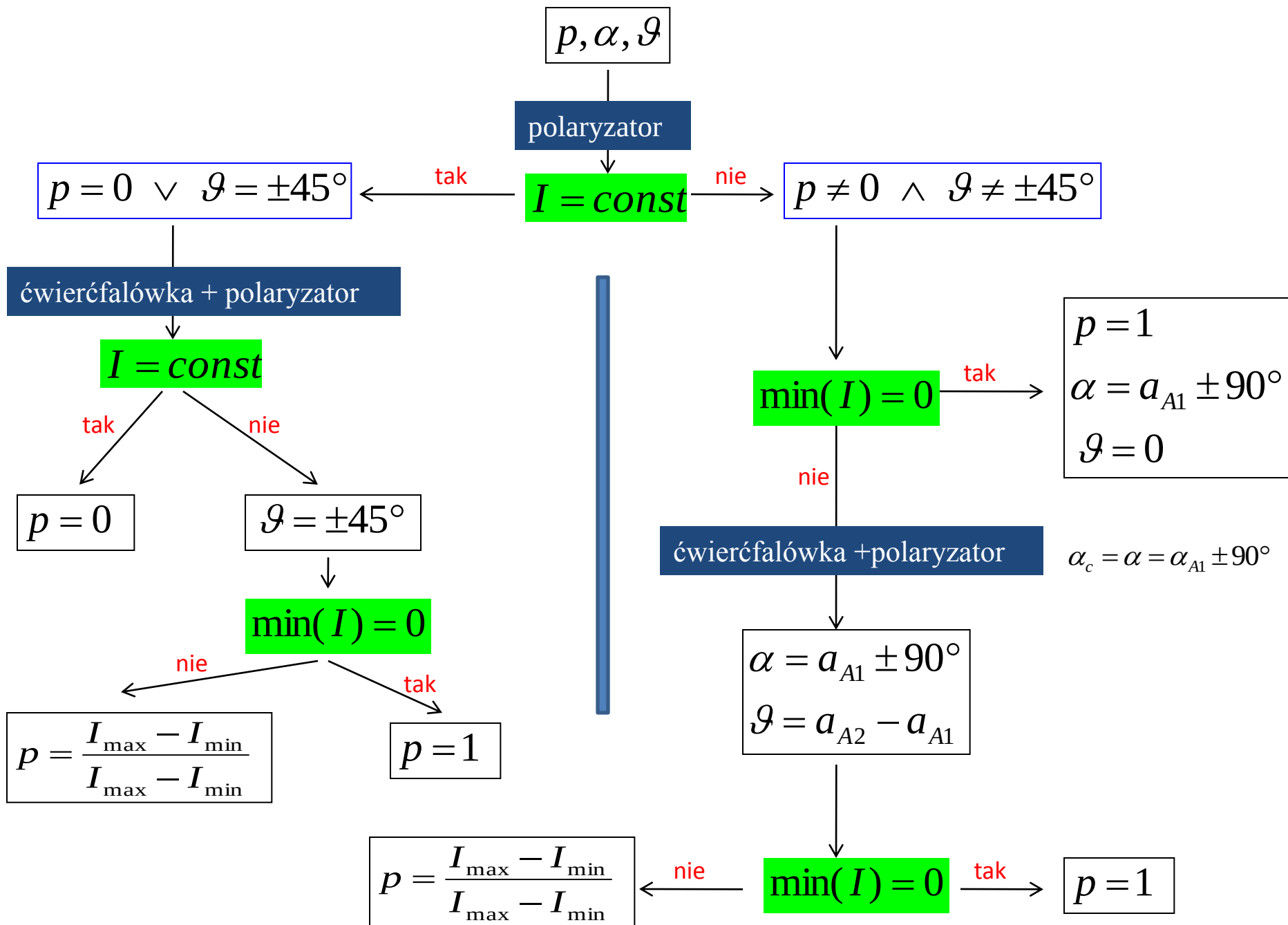
$$I(\alpha_A) \propto [1 + p \cos(2\alpha_A - 2\alpha - 2\vartheta)]$$

$$I(\alpha_A = \alpha_{A2}) = I_{\min} \Leftrightarrow \vartheta = \alpha_{A2} - \alpha_{A1} \vee \vartheta = \alpha_{A2} - \alpha_{A1} - 180^\circ$$

$$p = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

Analiza stanu polaryzacji światła





Prawo Malusa

Światło częściowo spolaryzowane i eliptycznie spolaryzowane pada na rzeczywisty polaryzator eliptyczny

$$V = \begin{bmatrix} T^+ & MT^- & CT^- & ST^- \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} I_0 \begin{bmatrix} 1 \\ pM_0 \\ pC_0 \\ pS_0 \end{bmatrix} \quad T^\pm = \frac{T_f^2 \pm T_s^2}{2}$$

$$\boxed{\frac{I}{I_0} = T^+ + p(MM_0 + CC_0 + SS_0)T^-}$$

$$p = 1, \quad \mathcal{G}_0 = 0$$

$$T_f = 1, \quad T_s = 0$$

$$\mathcal{G}_f = 0$$

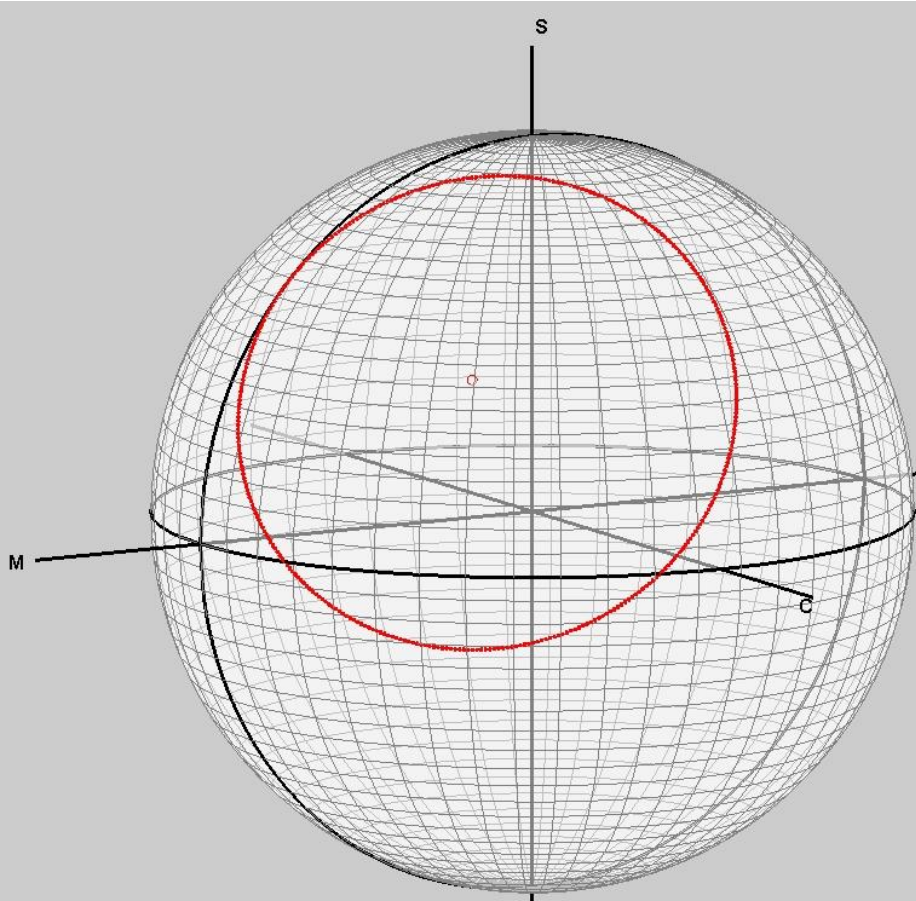


$$\frac{I}{I_0} = \cos^2(\alpha_f - \alpha_0)$$

Prawo Malusa

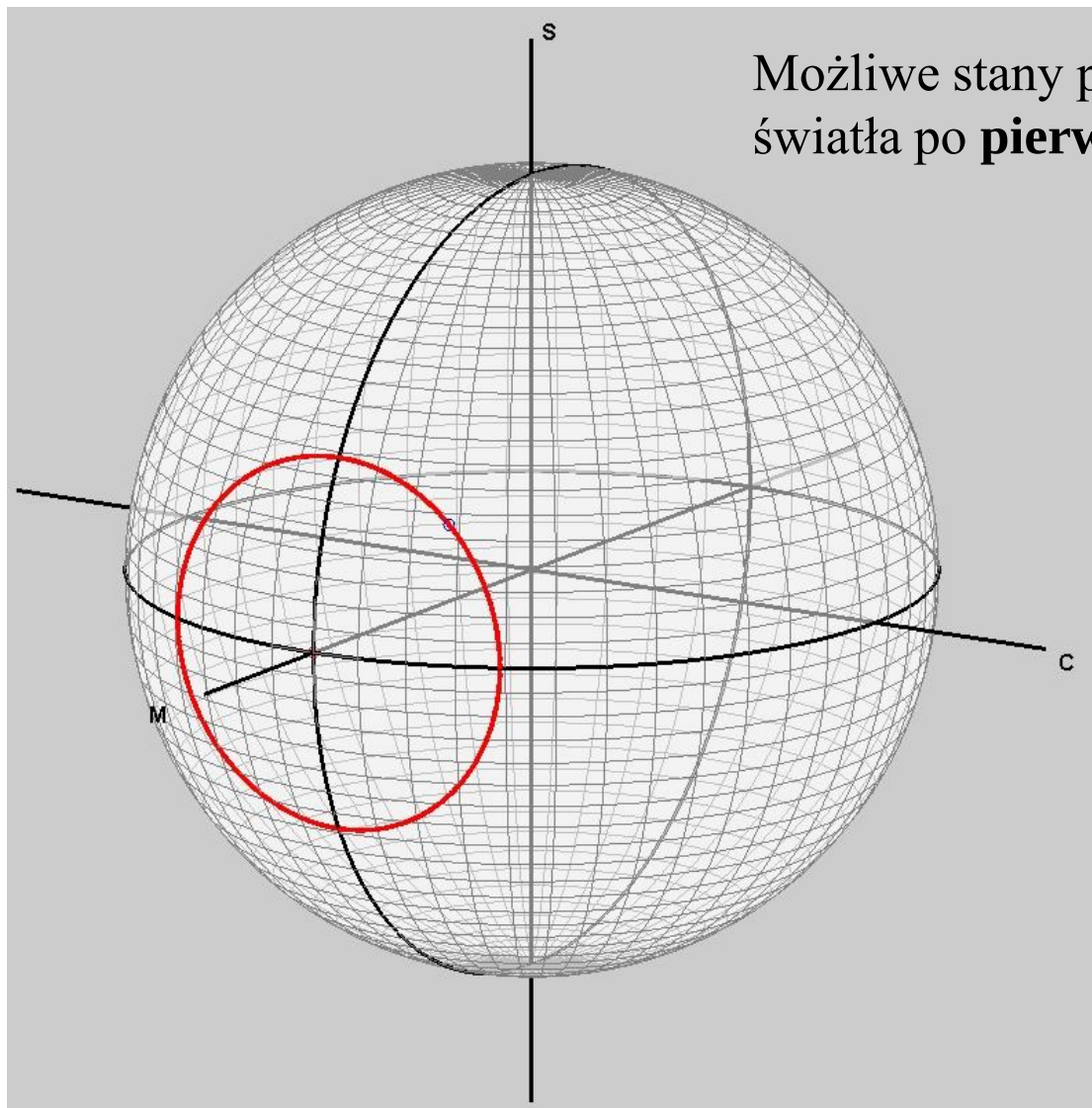
$$\frac{I}{I_0} = T^+ + p(MM_0 + CC_0 + SS_0)T^-$$

$$\frac{I}{I_0} = \text{const} \Leftrightarrow (MM_0 + CC_0 + SS_0) = V_{R,f} \cdot V_{R,0} = \text{const}$$



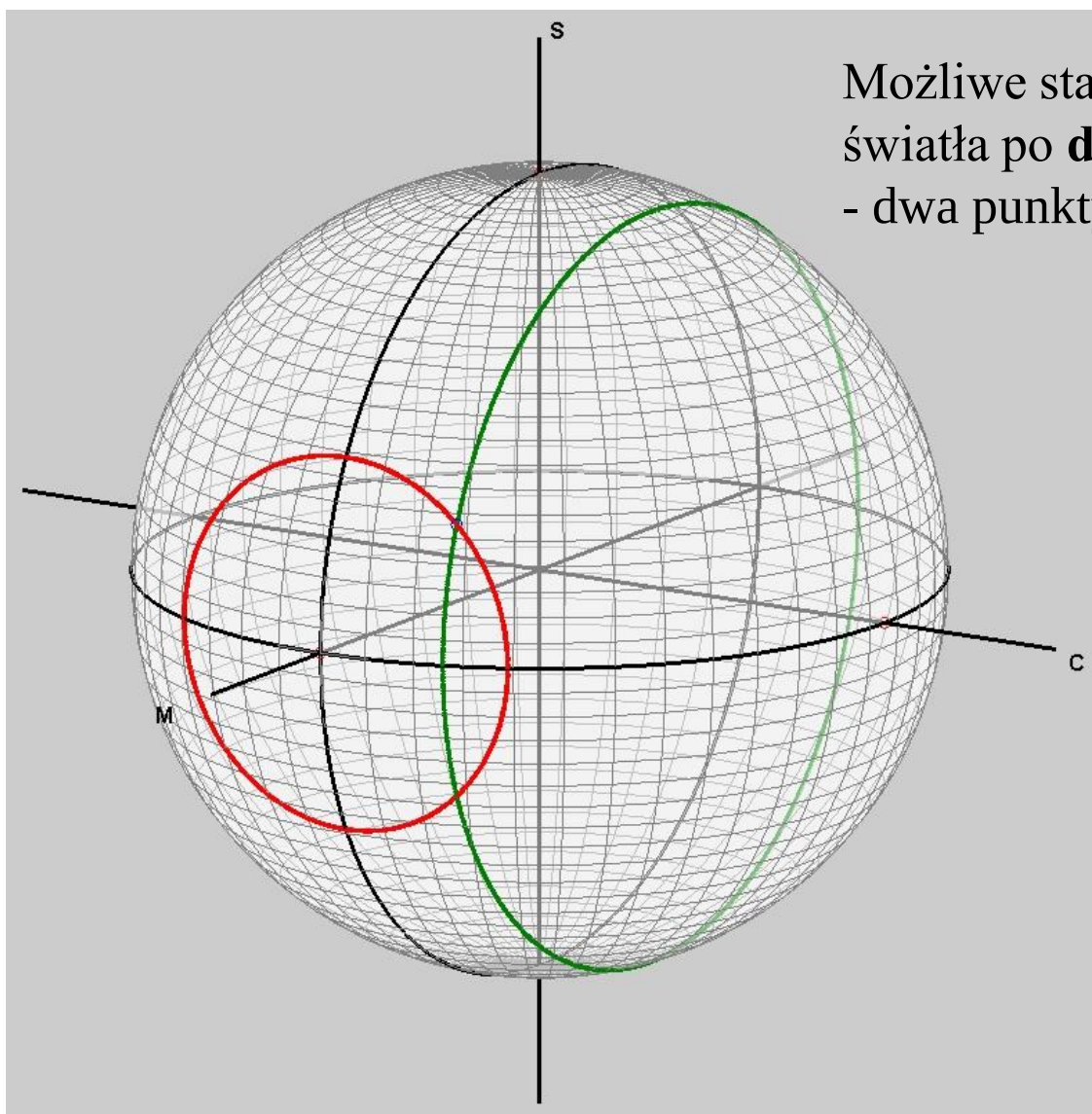
To samo natężenie za analizatorem eliptycznym uzyskuje się dla wszystkich fal padających reprezentowanych przez punkty na sferze Poincarego leżące na okręgu o środku w punkcie reprezentującym pierwszy wektor własny analizatora eliptycznego

Prawo Malusa – pomiar stanu polaryzacji światła



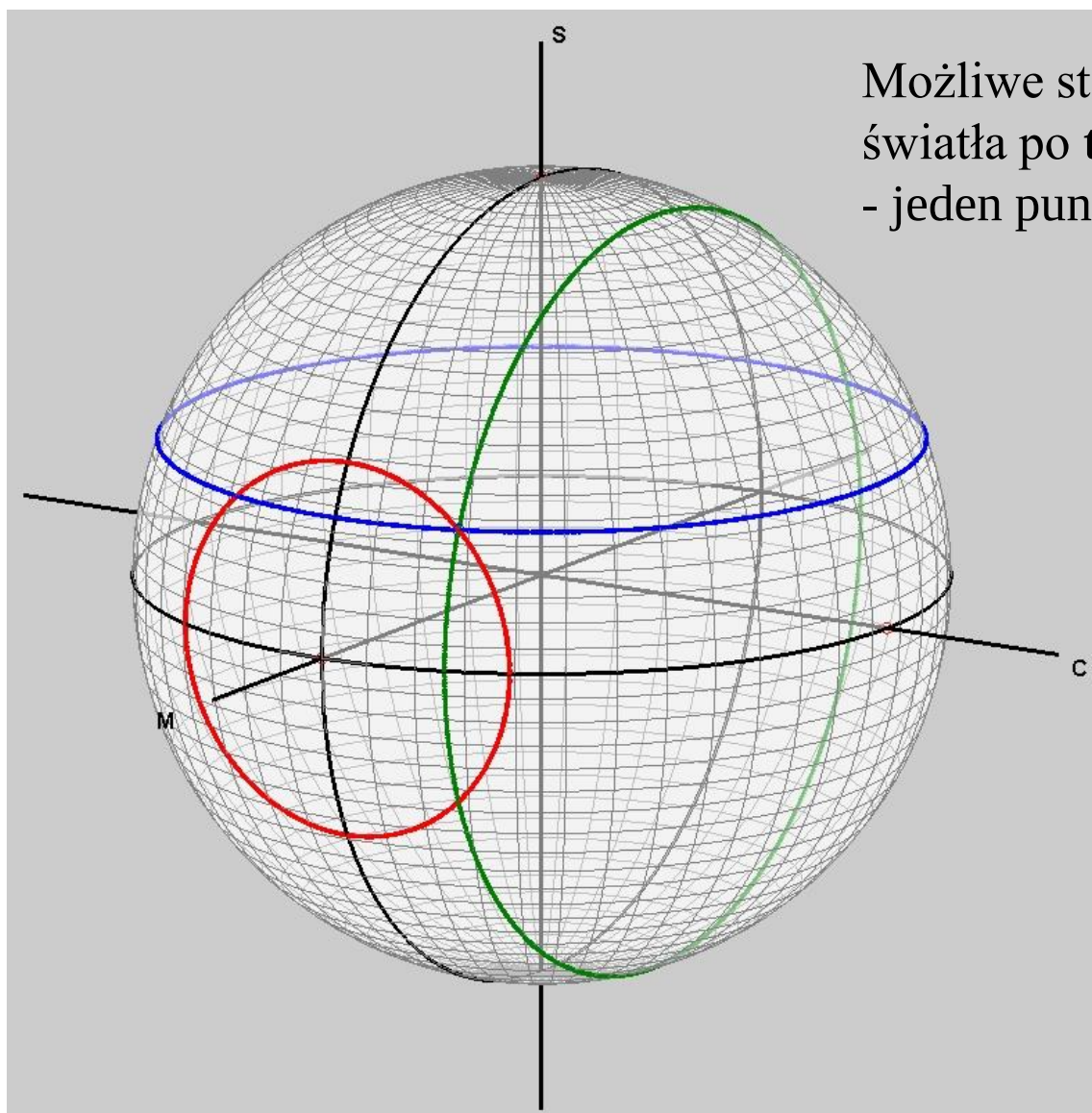
Możliwe stany polaryzacji
światła po **pierwszym** pomiarze

Prawo Malusa – pomiar stanu polaryzacji światła



Możliwe stany polaryzacji
światła po **dwóch** pomiarach
- dwa punkty na sferze

Prawo Malusa – pomiar stanu polaryzacji światła



Możliwe stany polaryzacji
światła po **trzech** pomiarach
- jeden punkt na sferze

Prawo Malusa – pomiar stanu polaryzacji światła

$$I_i = I_0 \left[T_i^+ + p T_i^- (M_i M_0 + C_i C_0 + S_i S_0) \right]$$

$$\begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1 & C_1 & S_1 \\ M_2 & C_2 & S_2 \\ M_3 & C_3 & S_3 \end{bmatrix} p \begin{bmatrix} M_0 \\ C_0 \\ S_0 \end{bmatrix} \quad A_i = \frac{I_i/I_0 - T_i^+}{T_i^-}$$

$$\begin{bmatrix} M_1 & C_1 & S_1 \\ M_2 & C_2 & S_2 \\ M_3 & C_3 & S_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} = p \begin{bmatrix} M_0 \\ C_0 \\ S_0 \end{bmatrix}$$

Prawo Malusa – pomiar stanu polaryzacji światła

najprostszy wybór:

$$\begin{bmatrix} M_1 & C_1 & S_1 \\ M_2 & C_2 & S_2 \\ M_3 & C_3 & S_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

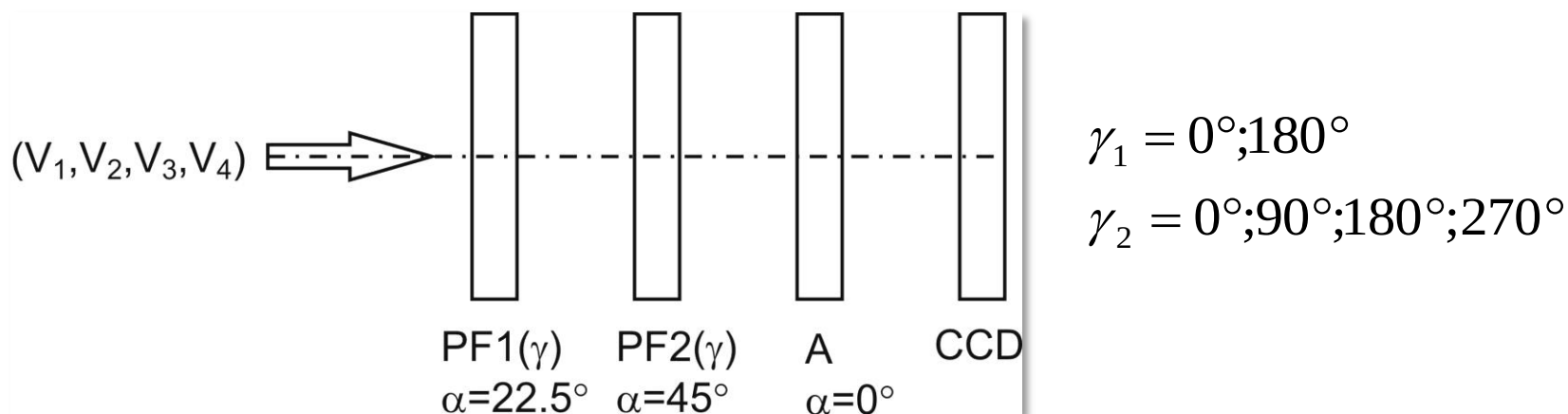
Pierwszy analizator - liniowy pod kątem azymutu 0

Drugi analizator – liniowy pod kątem azymutu 45

Trzeci analizator - kołowy

$$\begin{aligned} p &= \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2} \\ \tan 2\alpha_0 &= \frac{A_2}{A_1} \\ \sin 2\vartheta_0 &= \frac{A_3}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}} \end{aligned}$$

Polarymetr Stokesa



Różnice faz	Typ analizatora	Wektor Stokesa analizatora	Natężenie
$\gamma_1=0^\circ, \gamma_2=0^\circ$	analizator liniowy $\alpha=0^\circ$	$(1, +1, 0, 0)$	I_0
$\gamma_1=0^\circ, \gamma_2=180^\circ$	analizator liniowy $\alpha=90^\circ$	$(1, -1, 0, 0)$	I_{90}
$\gamma_1=0^\circ, \gamma_2=90^\circ$	analizator kołowy prawoskrętny	$(1, 0, 0, +1)$	I_R
$\gamma_1=0^\circ, \gamma_2=270^\circ$	analizator kołowy lewoskrętny	$(1, 0, 0, -1)$	I_L
$\gamma_1=180^\circ, \gamma_2=0^\circ$	analizator liniowy $\alpha=+45^\circ$	$(1, 0, +1, 0)$	I_{+45}
$\gamma_1=180^\circ, \gamma_2=180^\circ$	analizator liniowy $\alpha=-45^\circ$	$(1, 0, -1, 0)$	I_{-45}

Polarymetr Stokesa

$$I_0 = 0.5(V_1 + V_2)$$

$$I_{90} = 0.5(V_1 - V_2)$$

$$I_{+45} = 0.5(V_1 + V_3)$$

$$I_{-45} = 0.5(V_1 - V_3)$$

$$I_R = 0.5(V_1 + V_4)$$

$$I_L = 0.5(V_1 - V_4)$$

$$V_1 = I_0 + I_{90} = I_{+45} + I_{-45} = I_R + I_L$$

$$V_2 = I_0 - I_{90}$$

$$V_3 = I_{+45} - I_{-45}$$

$$V_4 = I_R - I_L$$

$$I = I_0 + I_{90} = I_{+45} + I_{-45} = I_R + I_L$$
$$p^2 = \left(\frac{I_0 - I_{90}}{I_0 + I_{90}} \right)^2 + \left(\frac{I_{+45} - I_{-45}}{I_{+45} + I_{-45}} \right)^2 + \left(\frac{I_R - I_L}{I_R + I_L} \right)^2$$
$$\tan 2\alpha = \frac{I_{+45} - I_{-45}}{I_0 - I_{90}}$$
$$\sin 2\vartheta = \frac{1}{p} \cdot \frac{I_R - I_L}{I_R + I_L}$$