

Polarizace světla.

- lineární a eliptická polarizace světla
- polarizátory, polarizační mikroskop
- koherentní a nekoherentní skládání světla
- GDx

Polarizace světla. GDx.

$$c = \lambda_0 f, \quad \omega = 2\pi f, \quad k = 2\pi n / \lambda_0$$

$$\delta = n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots, \quad \phi = \omega t - 2\pi\delta$$

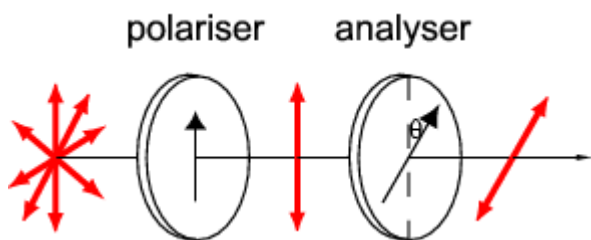
$$\vec{k} = (k_x, k_y, k_z) := (0, 0, k_z)$$

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} E_{0x}(k) \cdot \cos(\omega t - k_z z + \phi_{0x}) \\ E_{0y}(k) \cdot \cos(\omega t - k_z z + \phi_{0y}) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$I = |\vec{E}_0|^2 = E_{0x}^2 + E_{0y}^2, \quad \vec{E} \perp \vec{H} \perp \vec{k} \perp \vec{E}, \quad \delta_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\gamma\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\phi, \quad \mu = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

Malusův zákon – popisuje průběh intenzity původně nepolarizovaného světla po průchodu dvěma polarizátory, vzájemně otočenými o úhel δ :



$$I = I_0 \cos^2 \vartheta$$

“nezničitelnost” elipticky polarizovaného světla – není možné nalézt konfiguraci, v rámci které by použití jednoho polarizátoru zcela potlačilo elipticky (kruhově) polarizovanou vlnu:

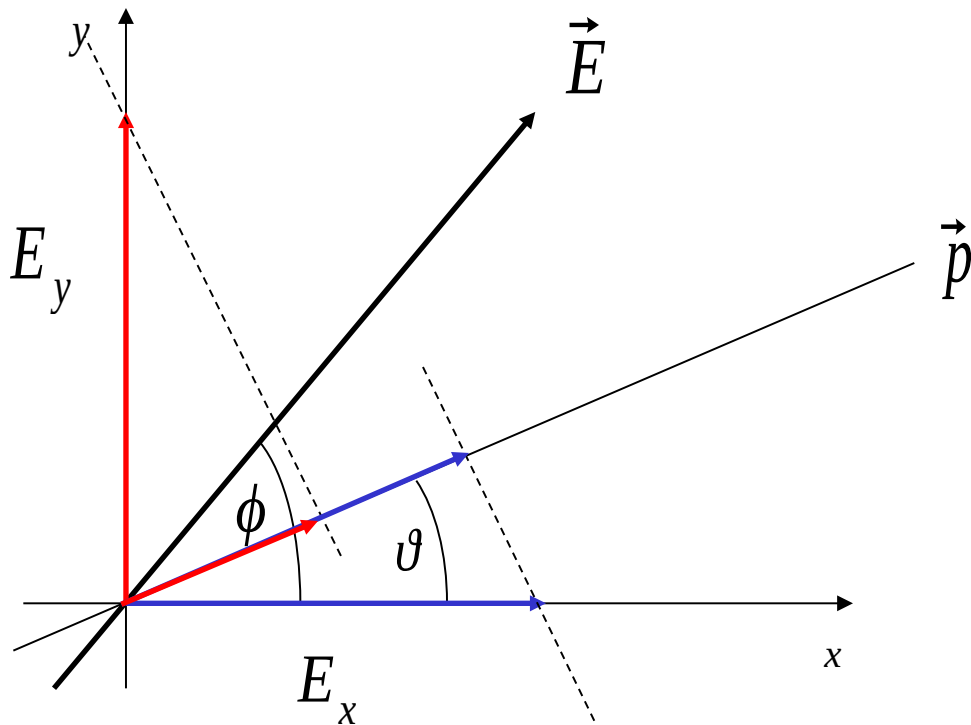
protože má elipticky polarizovaná vlna v každém okamžiku alespoň část ze složek E_x a E_y , podaří se pro libovolné natočení polarizátoru najít nenulový průmět

využívá se v polarizačním mikroskopu při pozorování dvojlomných vzorků, nebo v Kerrově cele

Malusův zákon - účinek lineárního polarizátoru na dopadající světlo

Lineární polarizátor – propouští pouze světlo lineárně polarizované v jenom směru
tento směr nazýváme směrem **orientace polarizátoru**

Činnost polarizátoru lze vysvětlit jako kolmý průmět složek E_x a E_y do směru orientace polarizátoru
a následné složení těchto dvou příspěvků



při konstrukci průmětu nedbáme
ani na vzájemný fázový posun
složek, ani na jejich okamžité
hodnoty –

konstruuujeme vždy
z maximálních výchylek

Polarizační mikroskop

metoda vhodná k pozorování dvojlomných vzorků

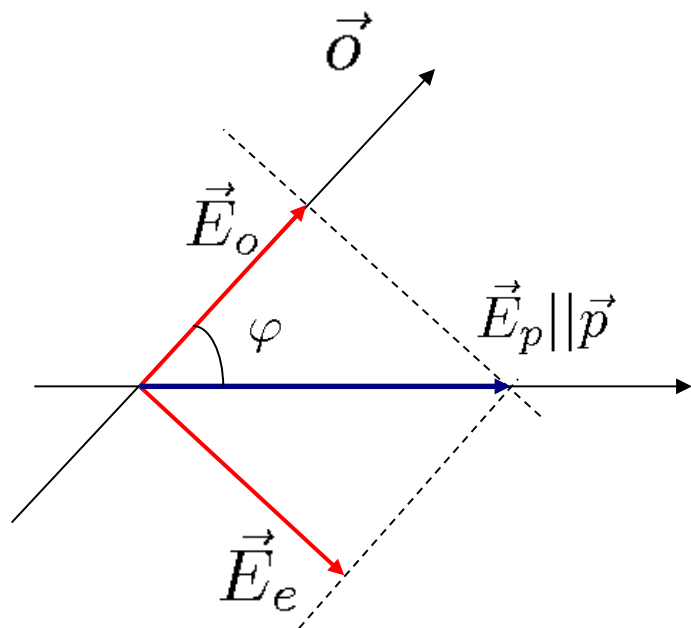
využívá skutečnosti, že elipticky polarizované světlo projde alespoň částečně každým lineárním polarizátorem

základ metody: zkřížené polarizátory, mezi které klademe vzorek;

dokud není vzorek přítomen, nepozorujeme žádnou intenzitu světla prošlého systémem

Situace mezi polarizátorem a vzorkem po jeho vložení:

(předpokládáme, že optická osa dvojlomného vzorku leží v rovině dopadu světla na vzorek)



polarizovanou vlnu rozložíme na směr rovnoběžný s optickou osou a na směr na ni kolmý

$$E_o = E_p \cos \varphi$$

$$E_e = E_p \sin \varphi$$

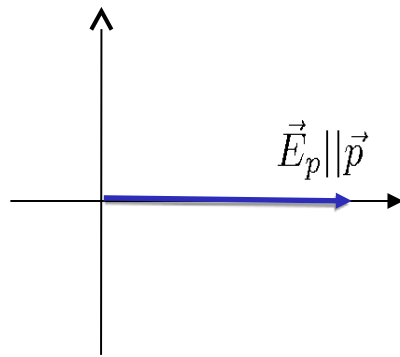
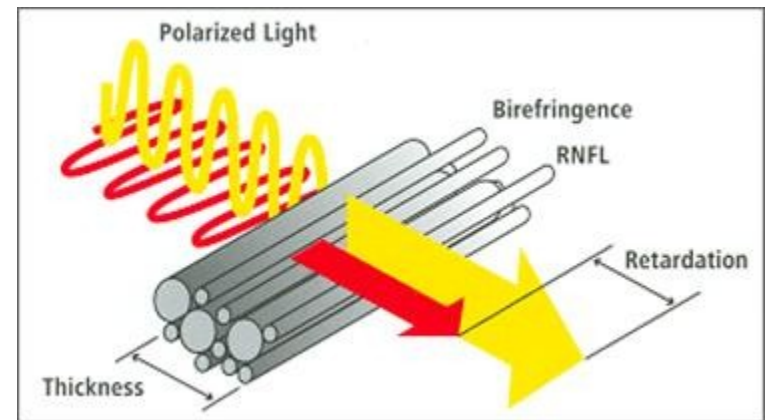
Každá z vln postupuje krystalem samostatně; protože jejich amplitudy jsou na sebe vzájemně kolmé, nemají tendenci skládat se.

analýza tloušťky nervových vláken - GDx

využívá se přirozený dvojlom vláken způsobený jejich podélným charakterem

podmínkou je optická osa kolmá na směr paprsků, to splňují vlákna dobře

jedná se o speciální případ polarizačního mikroskopu: protože světlo vstupuje a vystupuje z oka, pracujeme zpravidla v režimu souběžných polarizátorů



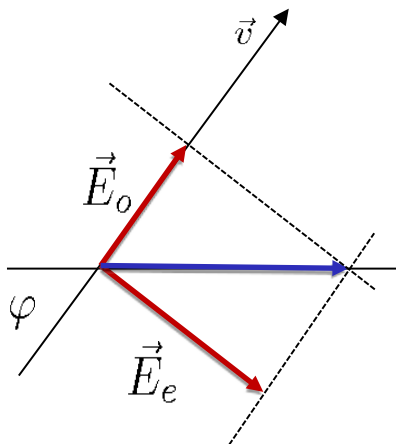
- 1) situace za polarizátorem

$$E_p = E_x \cos(\omega t - kz)$$

- 2) po dopadu na dvojlomné vlákno

$$E_{||} = E_p \cos \varphi = E_x \cos \varphi \cos(\omega t - kz)$$

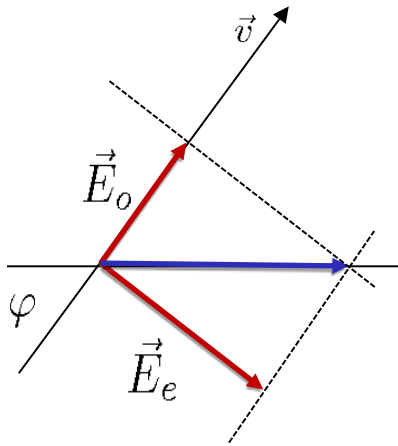
$$E_{\perp} = E_p \sin \varphi = E_x \sin \varphi \cos(\omega t - kz)$$



(paprsky mají $E_{||} = E_x \cos \varphi \cos(\omega t - kz - 2kn_o d)$

- 3) výstup ze vzo $E_{\perp} = E_x \sin \varphi \cos(\omega t - kz - 2kn_e d)$

analýza tloušťky nervových vláken - GDx



tloušťka nervového vlákna je malá – při průchodu tam a zpět nedojde k setření fázové informace

3) výstup ze vzorku po odrazu od jeho zadní stěny

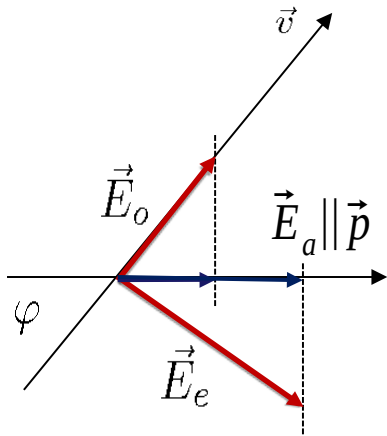
$$E_{||} = E_x \cos \varphi \cos(\omega t - kz - 2kn_o d)$$

$$E_{\perp} = E_x \sin \varphi \cos(\omega t - kz - 2kn_e d)$$

4) za analyzátořem

$$E_{p||} = E_{||} \cos \varphi = E_x \cos^2 \varphi \cos(\omega t - kz - 2kn_o d)$$

$$E_{p\perp} = E_{\perp} \sin \varphi = E_x \sin^2 \varphi \cos(\omega t - kz - 2kn_e d)$$



obě vlny kmitají ve stejném směru a mohou tedy interferovat, celkový fázový rozdíl je

$$\delta = 2k(n_o - n_e)d \quad (\text{faktor 2 se objevuje kvůli průchodu vláknem tam a zpět})$$

analýza tloušťky nervových vláken - GDx

Interference dvou vln: $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$ přičemž $I = (E^0)^2$

v našem případě $E_{p||}^0 = E_x \cos^2 \varphi$, $E_{p\perp}^0 = E_x \sin^2 \varphi$ dává

$$I = E_x^2 (\cos^4 \varphi + \sin^4 \varphi + 2 \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi \cos \delta)$$

což lze (spolu s označením $E_x^2 = I_0$) přepsat jako

$$I/I_0 = 1 - \sin^2 \frac{\delta}{2} \sin^2 2\varphi$$

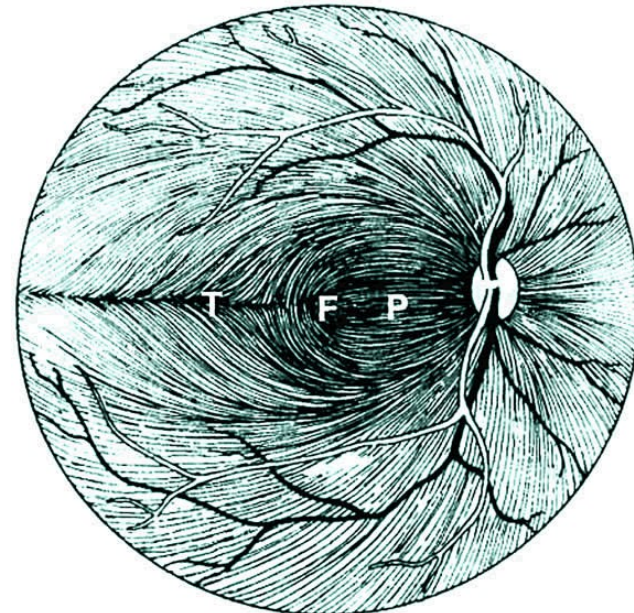
pro konkrétní vákno ($\delta = \text{konst}$) můžeme otočit polarizátorem a pozorujeme vyhasínání intenzity:

$$I_{\max}(\varphi = 0) = I_0 \quad I_{\min}(\varphi = \pi/4) = I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

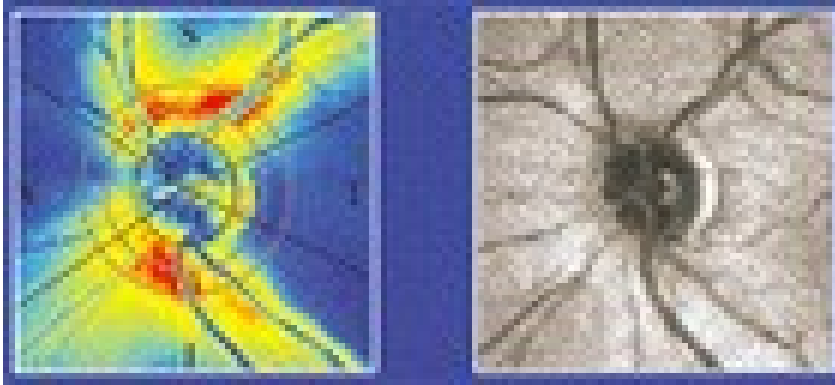
Odtud lze již snadno určit tloušťka každého vlákna, neboť

$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

a v $\delta = 2k(n_o - n_e)d$ je jedinou neznámou tloušťka vlákna d

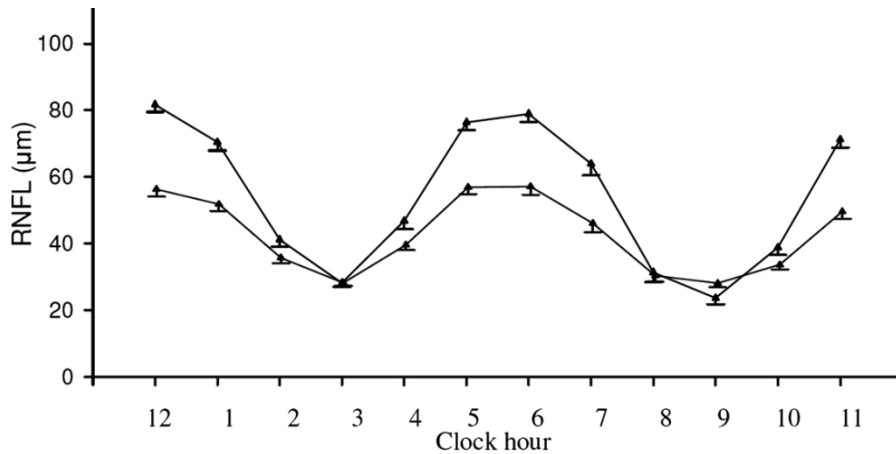


analýza tloušťky nervových vláken - GDx



snímek výustění optického nervu (vpravo)

barevně kódovaná mapa tloušťky nervové tkáně z měření GDx



průběh tloušťky nervové tkáně podél zvolené zóny, horní křivka pro zdravé oko, dolní křivka pro oko postižené glaukomem