

## 19. ВЪРТЕНЕ НА РАВНИНАТА НА ПОЛЯРИЗАЦИЯ

### 1. Въртене равнината на поляризация

Светлината се разпространява по направление на оптичната ос на кристала като в изотропна среда, без двойнолъчепречупване.

През 1811г. Д. Арго открива, че в кристала на кварца, разпространението на светлината по оптичната ос се отличава от това в изотропна среда и се наблюдава завъртане на равнината на поляризация около посоката на разпространение на лъча.

**Вещества, в които е наблюдавано това явление се наричат оптически активни.**

При преминаване на линейно поляризирана светлина през някои вещества, наречани оптически активни, равнината на поляризация се завърта около посоката на разпространение на лъча.

Оптически активни са:

- някои кристали (кварц, киновар)



*кварц*



*киновар*

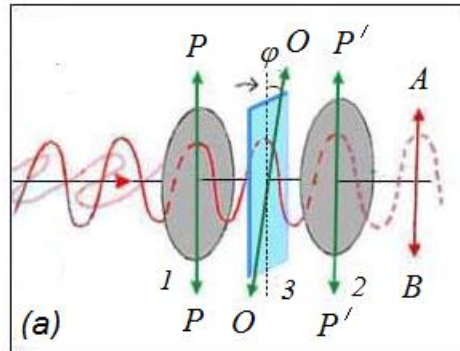
- чисти течности (скипидар, никотин)
- разтвори (камфор в бензол, водни разтвори на захари, глюкоза, винена киселина).

Всички вещества, активни в течно състояние имат тези свойства и в кристално състояние. Но! Някои вещества, оптически активни в кристално състояние са неактивни в течно, например разтопен кварц.

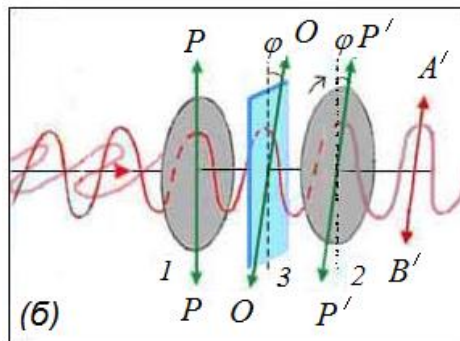
**Следователно,** оптичната активност се определя както от строежа на самите молекули на веществото, така и от разположението на частиците в кристалната решетка.

- Ако поставим плоскопаралелна пластина от кварц, между два скръстени никола  $P \perp P'$ , то полето се просветлява.

- Фиг.(а) - Ако поставим плоскопаралелна пластина от кварц (3), между два успоредни никола (1) и (2) -  $P \parallel P'$ , то полето се просветлява, но интензитетът на преминалата светлина (AB) не е максимален, т.к. пластината от кварц (3) е завъртяла равнината на поляризация на ъгъл  $\varphi$ .



- Фиг.(б) - Завъртайки  $P'$  на ъгъл  $\varphi$ , интензитетът на преминалата светлина (A/B') става максимален.



За кристали, най-силно се завърта равнината на поляризация, когато светлината се разпространява по оптичната ос.

Ъгълът на завъртане  $\varphi$  е:

$$\varphi = \alpha l$$

$l$  – дебелина на пластината, през която минава светлината;

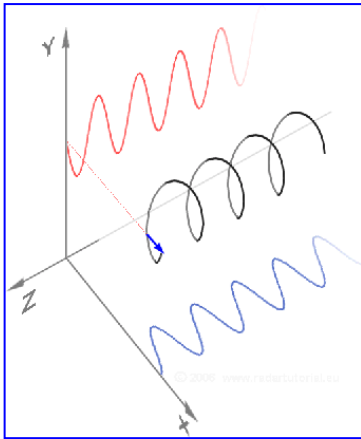
$\alpha$  - константа на въртене (или относително въртене), зависи от веществото, температурата и  $\lambda$ .

Зависимостта при отсъствие на поглъщане е :

$$\alpha \approx \frac{1}{\lambda^2}$$

Това се нарича дисперсия на способността на въртене.

За повечето кристали съществуват две модификации в зависимост от посоката на въртене на равнината на поляризация - дясно и ляво въртящи.



За наблюдател, гледащ срещу лъча, равнината на поляризация се завърта:

- по часовниковата стрелка - дясновъртящ кристал  $\varphi > 0$  (положителен)
- срещу часовниковата стрелка - ляво въртящ кристал  $\varphi < 0$  (отрицателен)

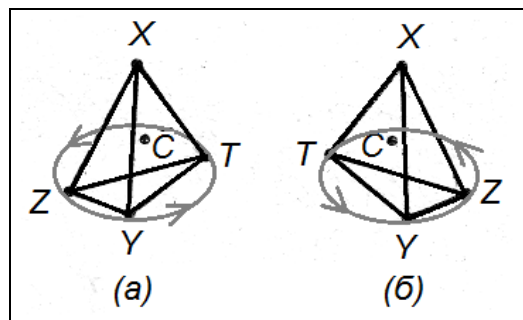
Посоката на въртене (относително лъча) не зависи от посоката на разпространение на лъча.

**Следователно:**

Ако лъча преминава през кристала по оптичната ос, отразява се от огледало и преминава още веднъж през кристала, но в обратна посока, то ще се възстанови първоначалното положение на равнината на поляризация.

Всички оптически активни вещества съществуват в двете модификации – ляво и дясно въртящи.

Молекулите или кристала на едната модификация е огледално отражение на молекулите или кристала на другата модификация.



Гледаме по посоката ос CX.

Въртене по посока на часовниковата стрелка е:

а) ZY TZ

б) ZTY Z

Редуването на радикалите X, Y, Z, T в а) и б) е противоположно.

Ако веществото, образувано от молекули на фиг. а) е дясно въртящо, то на фиг. б) е ляво въртящо.

За разтвори, които са оптически активни:

$$\varphi = [\alpha]c.d$$

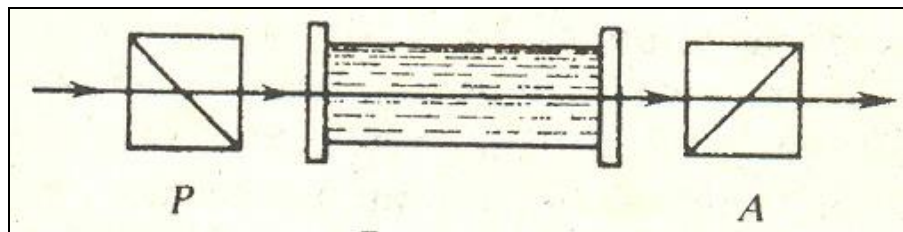
$d$  - дебелина на слоя

$c$  - концентрация на оптически активно вещество

$[\alpha]$  – спец. ъгъл на въртене, зависи от природата на веществото и разтворителя, температурата и  $\lambda$ .

### Полярометри – захарометри.

Знаем:  $[\alpha]$  и  $d$ ; мерим:  $\varphi$ ; определяме:  $c$



### Обяснение на въртенето на равнината на поляризация от оптично активно вещество, дадено от Френел през 1923г.

#### Хипотеза:

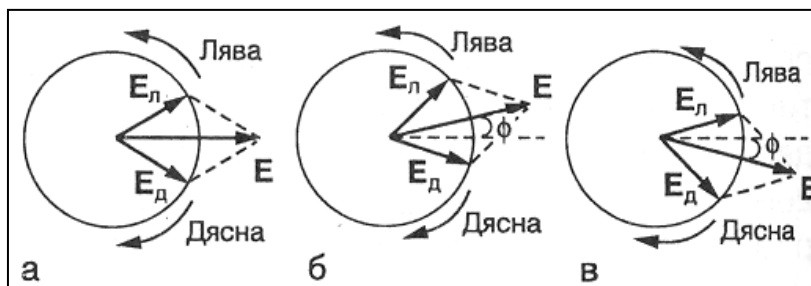
**Кръгово поляризираните лъчи по десен и ляв кръг се разпространяват в оптически активните вещества с различни скорости.**

а) На входа на оптически активното вещество, линейно поляризираната плоска монохроматична светлина  $E = A \sin(\omega t - kx)$  се представя като комбинация от две едновременно разпространяващи се кръгово поляризиранни плоски монохроматични вълни със същата честота  $\nu$ , с вектори на ЕП  $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = A/2$  и се въртят в противоположни направления с ъглова скорост  $\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_l + \vec{E}_g$  във всеки момент време двата вектора са симетрични относно равнината на трептене на падащата светлина P-P.

б) В оптически активно вещество фазовите скорости  $v_l$  и  $v_g$  на кръгово поляризираните вълни  $\vec{E}_l$  и  $\vec{E}_g$  са различни. При преминаване през слой вещество с дебелина  $l$ , между двете вълни възниква разлика в оптичните пътища  $\Delta$  и съответно отместване по фаза  $\delta$ .

$$\Delta = l(n_l - n_g) = l.c. \left( \frac{1}{v_l} - \frac{1}{v_g} \right)$$

$$\delta = \Delta\phi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} = \frac{2\pi c}{\lambda} l \left( \frac{1}{v_l} - \frac{1}{v_g} \right) = \omega l \left( \frac{1}{v_l} - \frac{1}{v_g} \right)$$



Ако  $v_l < v_g$ , то  $E'_g$  изпреварва по фаза  $E'_l$  с  $\Delta\phi$  на изхода от оптично активното вещество. Тяхното разположение има вида като на фиг. в. Резултантният вектор  $E$  трепти в равнината  $P'-P'$  и е завъртан на ъгъл  $\Delta\phi/2$  спрямо  $P-P$  по часовата стрелка.

**Следователно,**  
Условието

$v_l < v_g$  съответства на дясно въртящо оптично активно вещество - фиг. в.

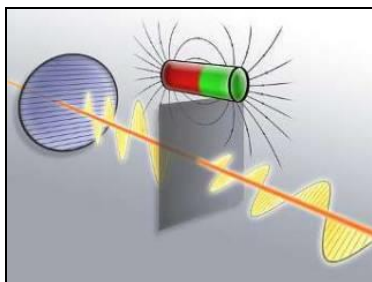
$v_l > v_g$  съответства на лявовъртящо вещество – фиг.б.

$v_l = v_g$  съответства на оптически неактивно вещество – фиг.а.

Причината за различията на  $v_l$  и  $v_g$  е асиметрията на молекулите на оптически активните вещества, която не може да се отчете в едноосцилация модел на молекулите. Затова в класическата теория на въртенето на равнината на поляризация, молекулата на оптически активното вещество се разглежда като система от няколко взаимодействащи си осцилатора, намиращи се на крайно разстояние един спрямо друг.

## 2. Въртене на равнината на поляризация от магнитно поле

През 1846г. М. Фарадей експериментално е установил:



Оптически неактивните вещества, под действието на магнитното поле, придобиват способността да въртят равнината на поляризация на светлина, разпространяваща се по направление на магнитното поле.

Това явление се нарича ефект на Фарадей или магнитно въртене на равнината на поляризация.

Ъгълът на въртене на равнината на поляризация е:

$$\varphi = VIB$$

$B$  – индукция на външно еднородно магнитно поле;

$V$  – константа на Верде, зависи от природата на веществото и  $\lambda$ ;

$l$  – дължина на пътя на светлината в магнитното поле.

За повечето вещества  $V$  не зависи от температурата и магнитното въртене на равнината на поляризация е обусловена от **диамагнитния ефект**: под действие на външно магнитно поле, електроните на атомите и молекулите на веществото прецесират около направлението на магнитното поле. Така се създава „**въртелива**“ **анизотропия на веществото** - различие във взаимодействието на веществото с кръгово поляризираните вълни  $\vec{E}_l$  и  $\vec{E}_g$ , т.к. посоката на въртене на единия вектор съвпада с прецесионното въртене, а въртенето на другия вектор става в противоположна посока. Оптически активните вещества под действие на магнитно поле придобиват допълнителна „въртяща“ способност, която се сумира с тяхната естествена способност за въртене на равнината на поляризация.