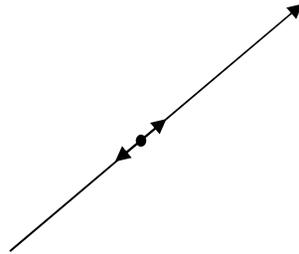


ПОЛАРИЗАЦИЈА СВЕТЛОСТИ

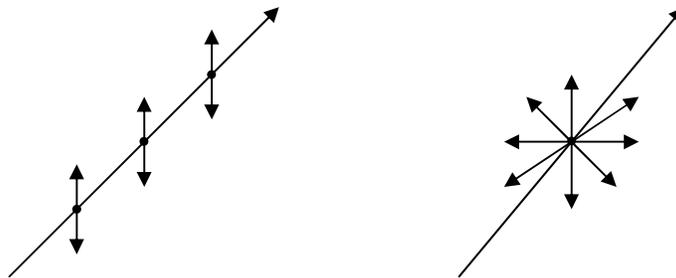
Интерференција и дифракција светлости су појаве које потврђују да је светлост таласне природе. Међутим, на основу ових појава не може да се закључи да ли су светлосни таласи трансверзални или лонгитудинални. Одговор на ово питање даје појава поларизације таласа.

Појаву поларизације таласа размотрићемо на примеру механичких таласа.

Код лонгитудиналних таласа делићи средине осцилују само у правцу простирања таласа.

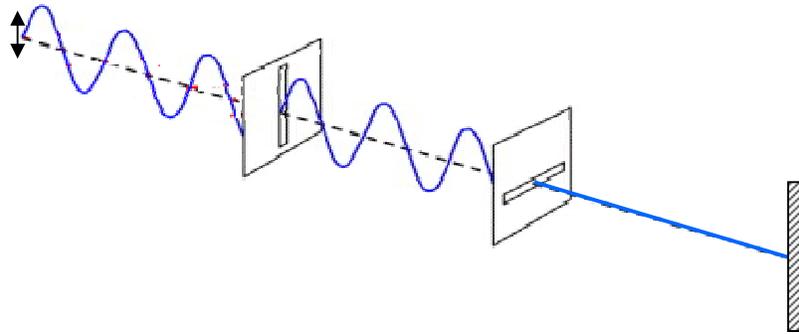


Код трансверзалних таласа делићи средине могу да осцилују у једном (равански талас) или свим (просторни талас) правцима нормалним на правац простирања таласа.



Пример: Посматрамо еластичан канап који осцилује. Канап је постављен тако да пролази кроз два прореза, као на слици.

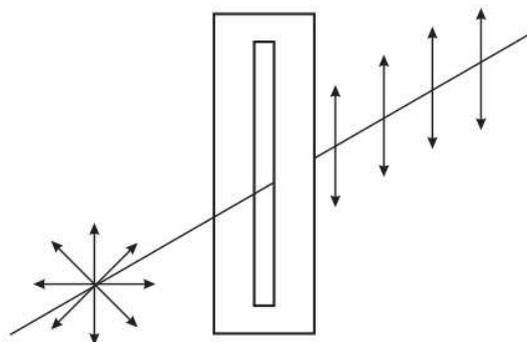
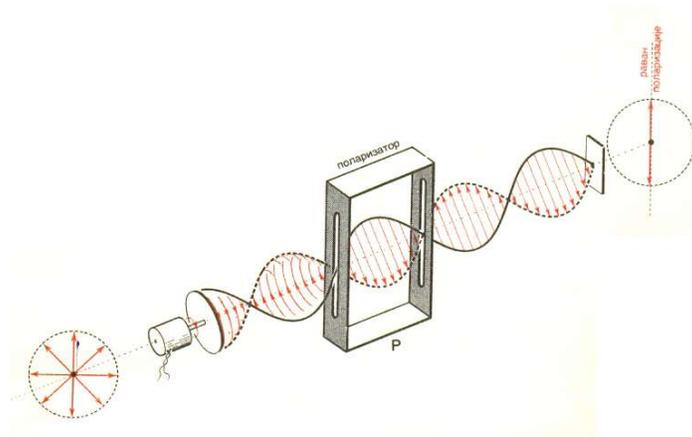
Дуж канапа формирамо трансверзални талас у вертикалној равни. Талас пролази кроз прорез само када се правац прореза поклапа са правцем осциловања (прорез постављен вертикално). Када је прорез постављен хоризонтално талас не може да прође кроз њега.



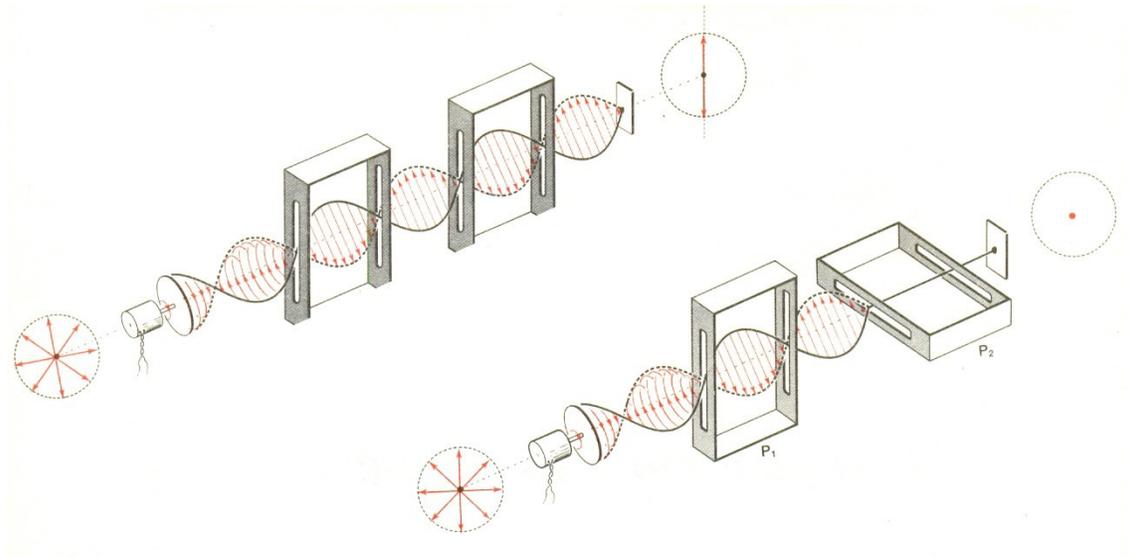
Потом наизменичним истезањем и отпуштањем канапа изазовемо лонгитудинални талас у правцу канапа. У том случају прорези на препрекама не ометају простирање таласа без обзира на положај отвора.

Пример. Пропуштање просторног таласа кроз прорез

На пут неполаризованог таласа поставља се препрека са прорезом (поларизатор). Иза препреке ће се простирати само они таласи чији се правац осциловања поклапа са правцем прореза.

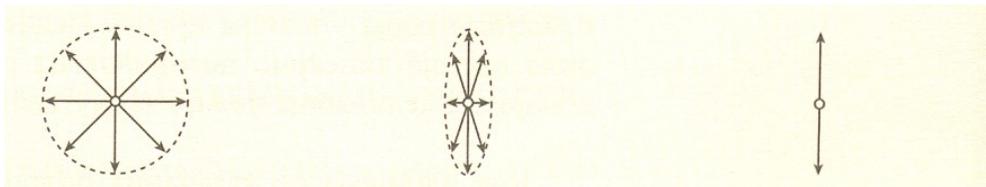


На пут поларизованог таласа се постави још једна препрека са прорезом, односно још један поларизатор. Ако се равни поларизације поклапају, онда ће талас поларизован на првом прорезу пролазити кроз други без промене. Али када је раван другог прореза нормална на раван првог, осцилације таласа неће проћи кроз други прорез. То значи да настаје гашење таласа.



Прва препрека се назива поларизатор, а друга анализатор. Помоћу анализатора утврђујемо раван поларизације.

Треба нагласити, да није могуће потпуно поларизовати природан талас једним поларизатором, јер увек остају осцилације у другим равнима. Потпуна поларизација се постиже са више узастопно постављених поларизатора.

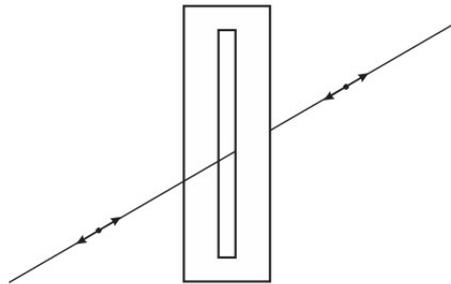


Појава поларизација је процес претварање просторног у равански талас. Осцилације се "гасе" у свим правцима осим у једном правцу.

Појава поларизације је карактеристична за све врсте трансверзалних таласа.

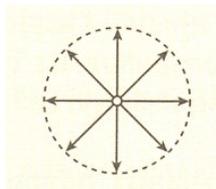
Поларизовани таласи су они трансверзални таласи чије се осциловање одвија у једној равни или у паралелним равнима дуж правца кретања.

Лонгитудинални таласи не могу да се поларизују, односно појам поларизације за лонгитудиналне таласе нема смисла (не постоји поларизовани звук).



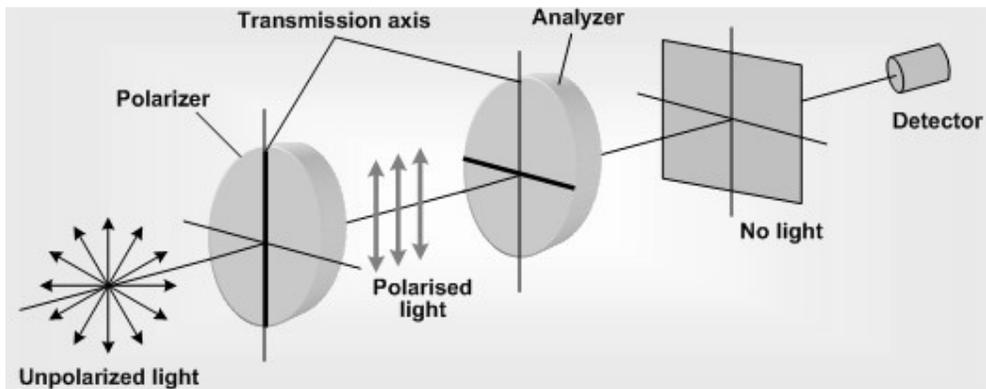
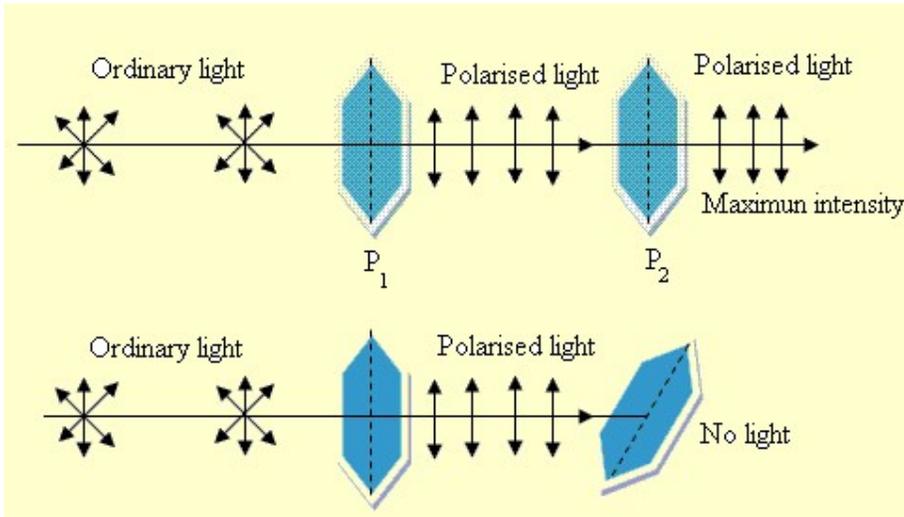
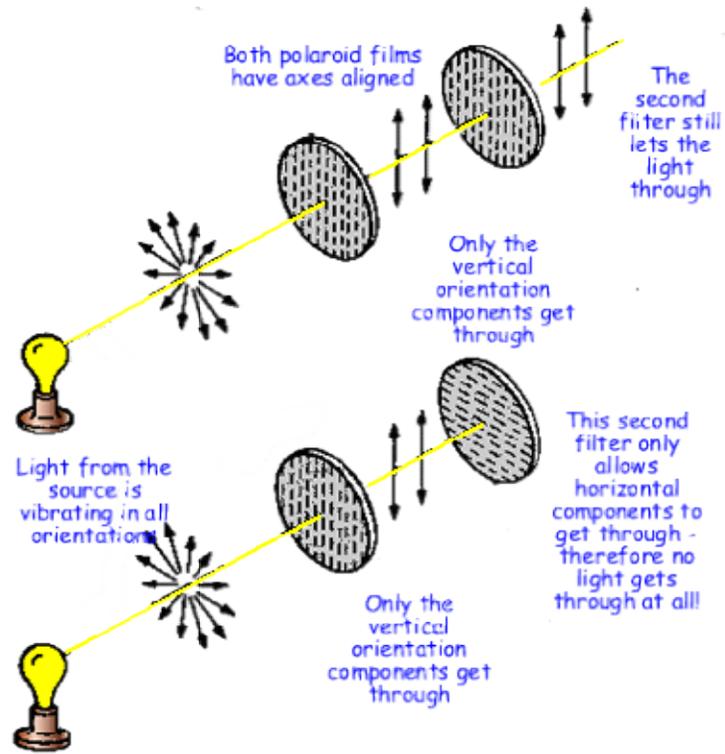
Сваки реални извор светлости се састоји из великог броја атома и молекула, који зраче светлосне таласе потпуно неуређено, са свим могућим оријентацијама равни осциловања, нормалним на правац простирања таласа. Значи, светлост је такав трансверзални талас код кога се равни осциловања стално мењају.

Пошто извори светлости емитују таласе чије равни осцилације имају произвољан правац у простору, то графички можемо приказати на следећи начин:



Светлост и остали електромагнетни таласи су просторни, па могу да се поларизују.

Поларизација доказује да је светлост трансверзални талас.

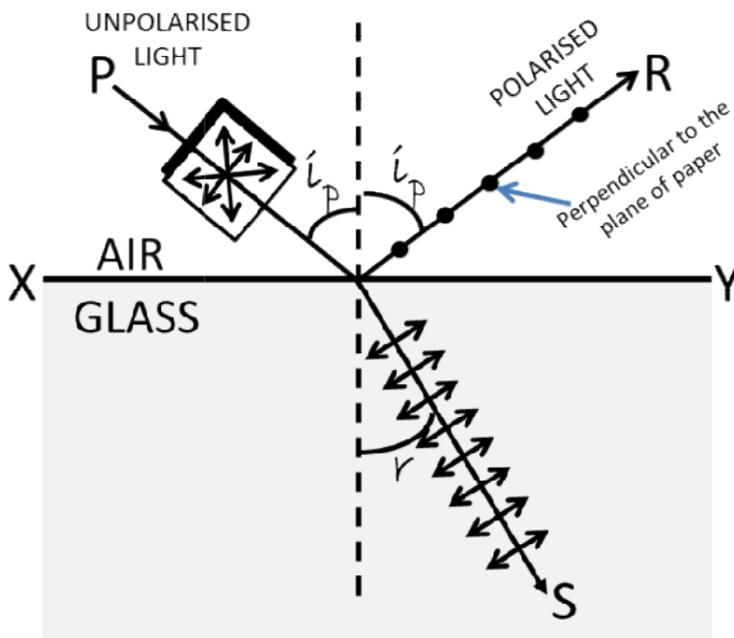


Људско око не може да уочи разлику између неполаризоване и поларизоване светлости.

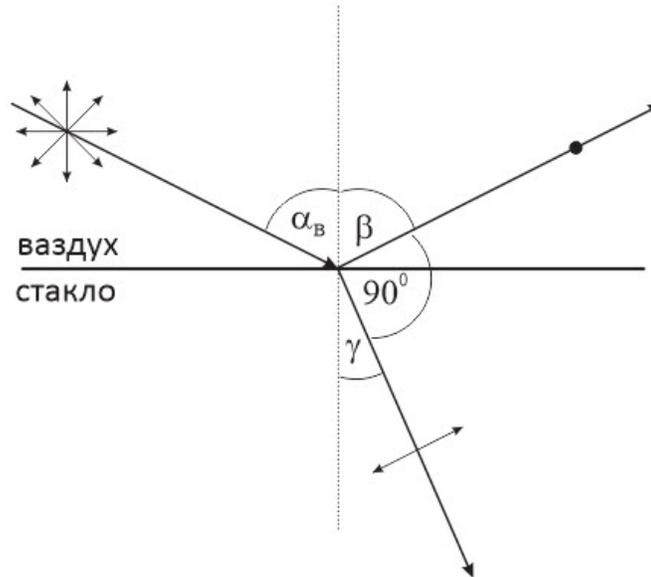
До поларизације светлости долази при преламању и одбијању, као и при пролазу кроз оптички изотропне средине.

Поларизација светлости при одбијању и преламању

Када природна светлост падне под неким углом на граничну површину између две средине, тада се један део светлости одбија од граничне површине, док други део светлости прелази у другу средину при чему се прелама. При томе су и одбојни и преломљени зрак делимично поларизовани. При томе је одбијена светлост поларизована више од преломљене. Равни поларизације одбијене и преломљене светлости су узајамно нормалне.



Максимална поларизација се добија при таквом упадном за који одбијени и преломљени зрак заклапају угао од 90° . При томе је одбијена светлост потпуно поларизована, а преломљена светлост је делимично поларизована. Тај упадни угао се назива Брустеров угао.



Применом закона преламања таласа можемо да одредимо Брустеров угао:

$$\frac{\sin \alpha_B}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

пошто је $\alpha + \gamma = 90^\circ$ следи да је $\sin \gamma = \cos \alpha_B$

$$\frac{\sin \alpha_B}{\cos \alpha_B} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\alpha_B = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1}$$

- ваздух-стакло $n = 1,54$ па $\alpha_B \approx 57^\circ$
- ваздух-вода $n = 1,33$ па $\alpha_B \approx 53^\circ$

Поларизација преломљеног зрака се веома мало мења са повећањем упадног угла. За Брустеров угао она износи неколико процената.

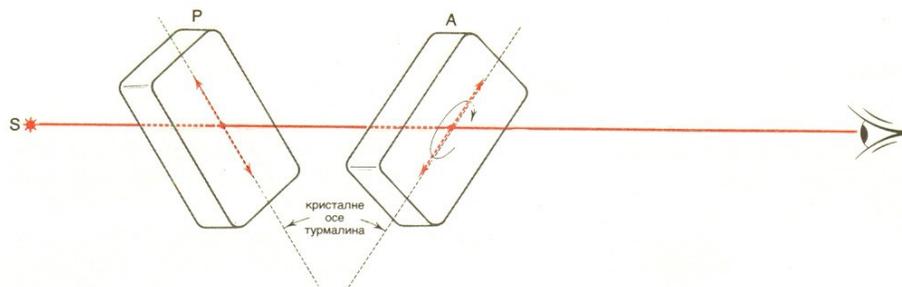
Поларизација светлости при проласку кроз кристале

Поларизација светлости може да се оствари и пропуштањем светлости кроз природне кристале. За добијање поларизоване светлости погодни су кристали који двојно преламају светлост. За добијање поларизоване светлости најподеснији су кристали турмалина, који су зелене боје.

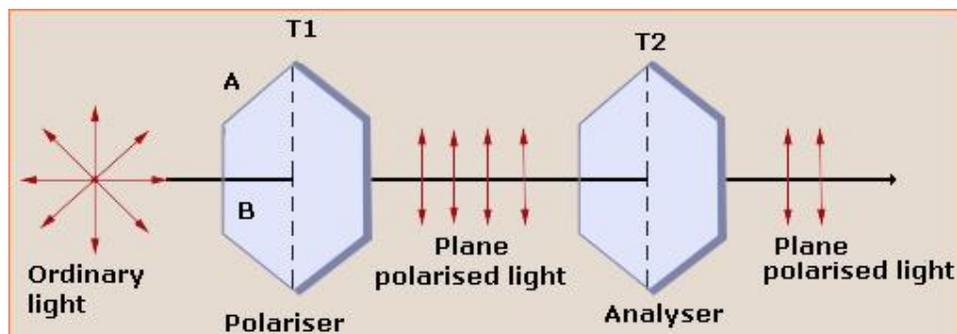
Ови кристали од упадне природне светлости пропуштају само ону њену компоненту чије су осцилације паралелне главној оптичкој оси.

Поларизација светлости помоћу кристала заснива се на анизотропији¹ кристала.

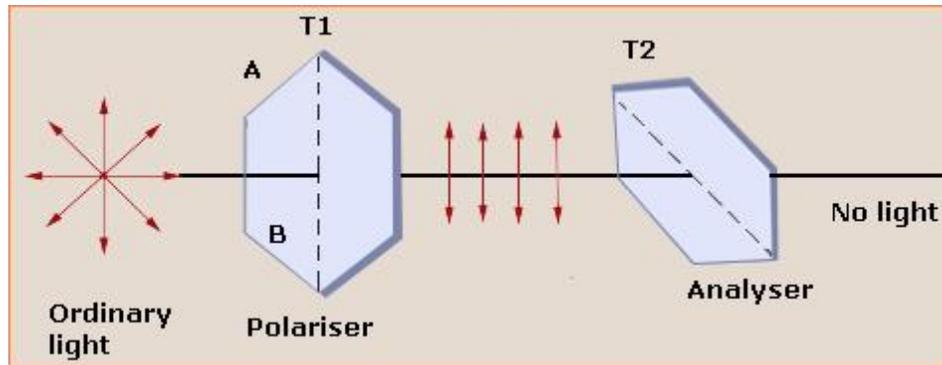
Потребно је да се припреме две плочице кристала турмалина, које су исечене паралелно својим кристалним осама. Плочице се поставе једна иза друге.



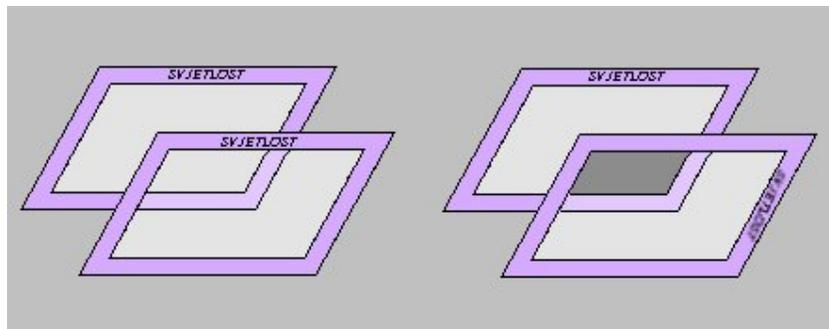
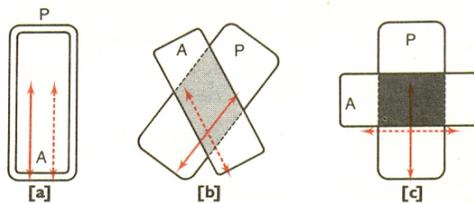
У овом случају плочица P је поларизатор, а плочица A је анализатор. Окретањем плочице A може да се пронађе такав положај да светлост поларизована у плочици P пролази несметано кроз анализатор.



¹ особина кристала да у различитим правцима има различите особине



Ако се плочица А даље окреће осветљај преклопљене површине све више опада, да би се у једном тренутку потпуно изгубила. Тада је преклопљена површина потпуно тамна (светлосни извор се не види), а равни поларизације плочива P и A су нормалне.



Ако се једна плочица уклони, тада се окретањем друге плочице неће приметити никава промена јачине светлости која доспева до око посматрача.

Интензитет светлости, коју пропушта анализатор, зависи од угла који заклапају оптичке осе поларизатора и анализатора:

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \theta \quad \text{Малусов закон}$$

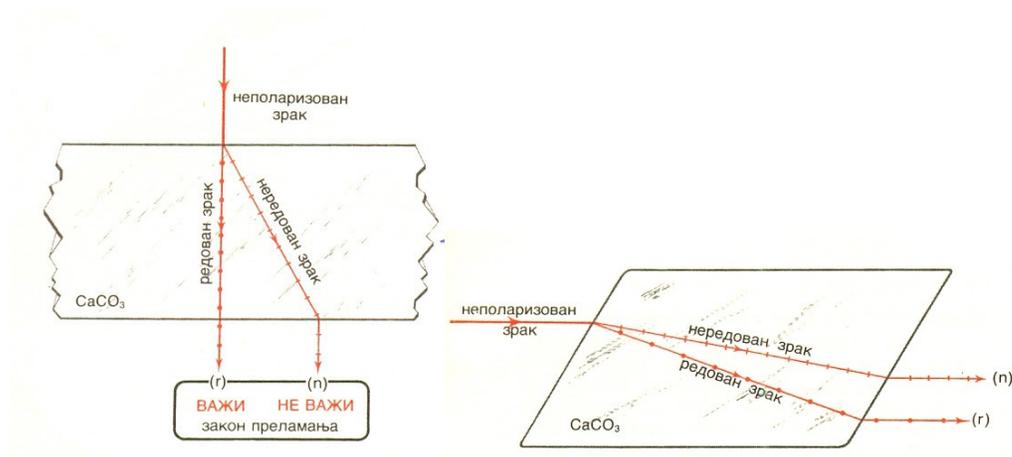
I_0 – интензитет неполаризоване светлости

Ако поларизатор нема довољну дебљину, онда он само делимично поларизује светлост, па светлосни талас, по изласку из плочице задржава осцилације у другим правцима. Осцилације су највеће у равни поларизације, а најмање у нормалној равни. Па је такав талас делимично поларизован.

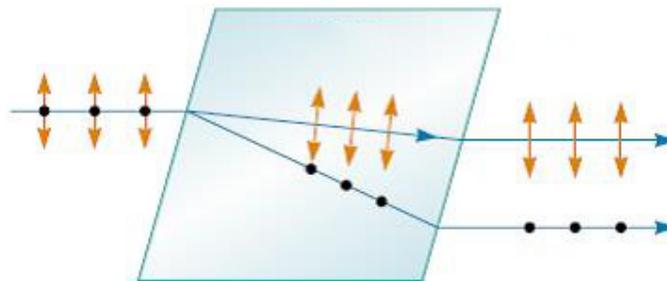
Двојно преламање

Многи кристали имају особину да се светлост при проласку кроз њих раздваја на два таласа:

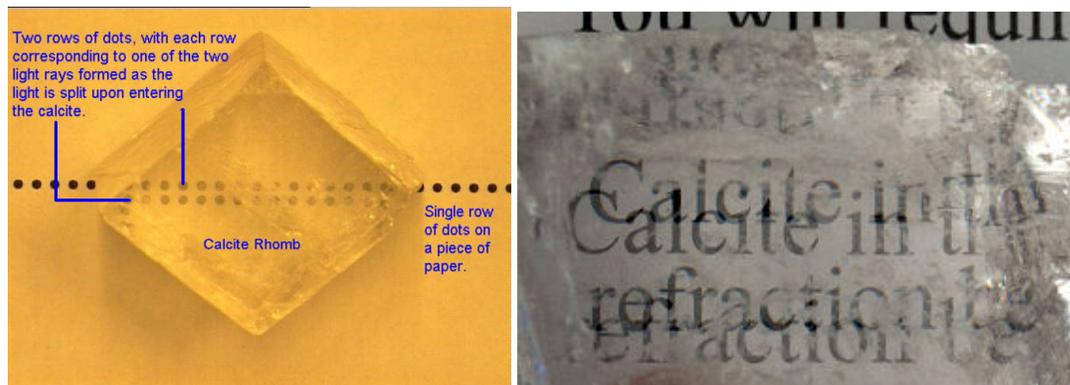
- редован – понаша се у складу са законом преламања
- нередован – не понаша се у складу са законом преламања светлости



Оба ова таласа су поларизована, при чему су им равни поларизације међусобно нормалне.



Предмети посматрани кроз овакав кристал изгледају дуплирани.



Појаве двојног преламања су последица кристалне структуре. Оптичке особине кристала нису исте у свим правцима и брзина светлости зависи од правца светлосног зрака у кристалу. Једино у правцу оптичке осе кристала редован и нередован зрак имају једнаке брзине, а у свим осталим правцима њихове брзине су различите.

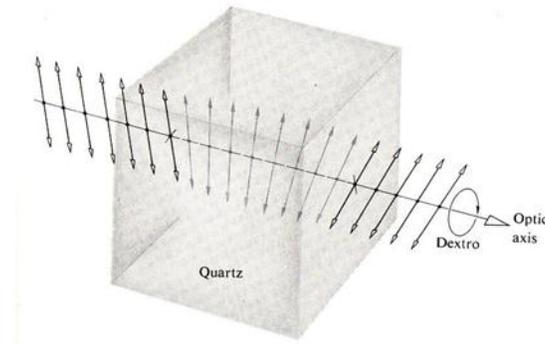
Редован зрак има исту брзину у свим правцима. Он се понаша по закону преламања светлости и његов индекс преламања је константан за сваки упадни угао.

Брзина нередовног зрака је променљива, па је и његов индекс преламања променљив. Највећа вредност индекса преламања је у случају када зрак пролази паралелно са оптичком осом, она је тада једнака вредности индекса преламања редовног зрака. Најмањи индекс преламања је у случају када је правац упадног зрака нормалан на правац оптичке осе. Према томе, индекс преламања нередовног зрака зависи од упадног угла. У случају када светлост пада у правцу оптичке осе зрак се не дели.

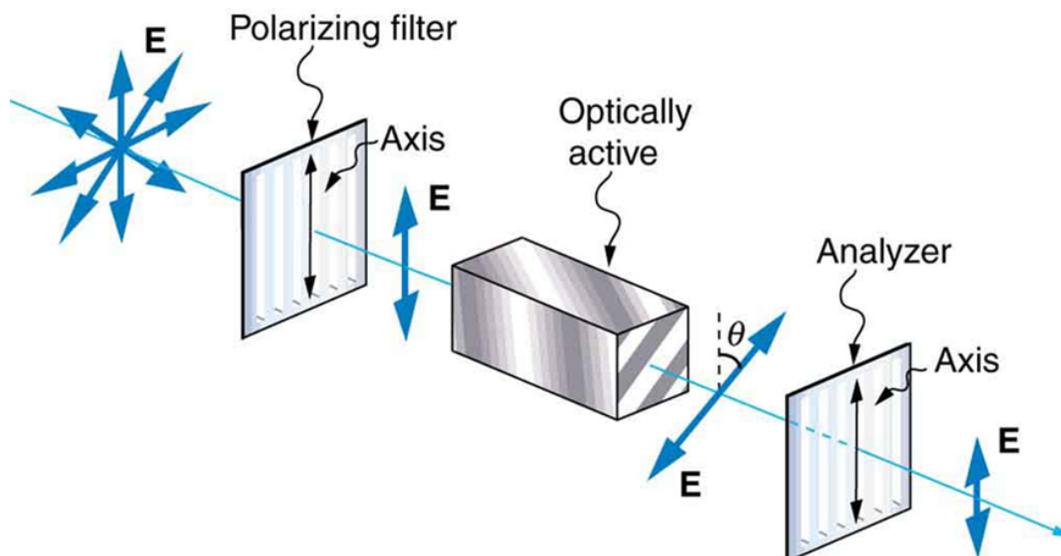
Код неких кристала један од тих зрака се апсорбује при проласку кроз кристал. Тако на пример, турмалин апсорбује редован зрак, док пропушта нередован зрак.

Обртање равни поларизације

Већ почетком 19. века² је примећено да танка плочица кварца кроз коју пролази поларизовани зрак у правцу њене оптичке осе закреће раван осциловања поларизоване светлости за извесан угао, у односу на њен положај пре проласка кроз кварцну плочицу.



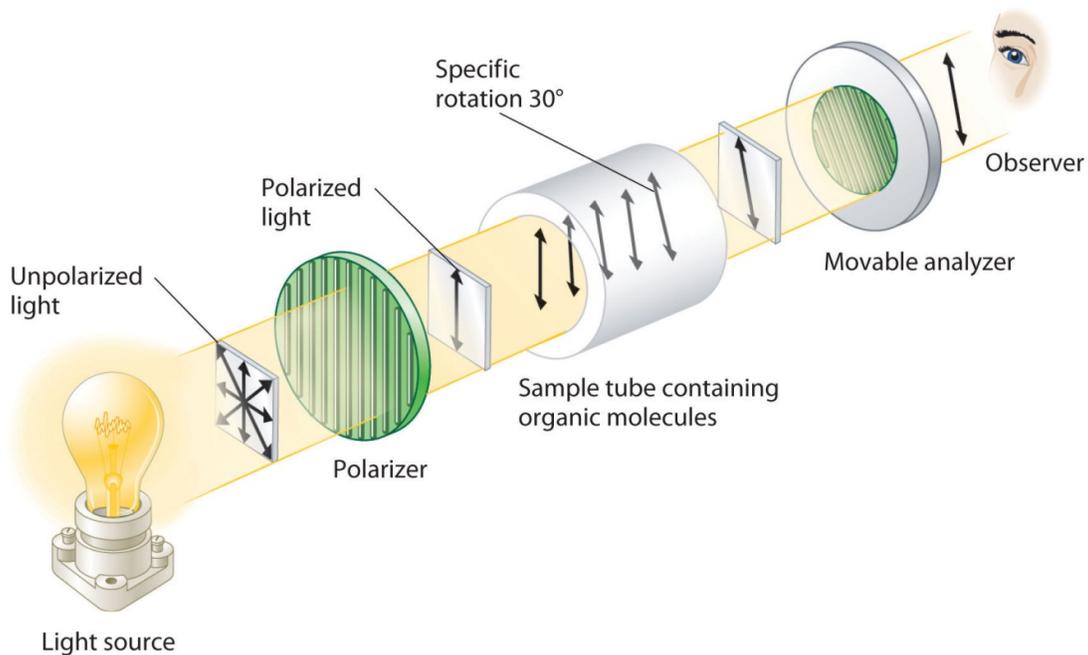
Ова појава обртања равни поларизације настаје још код неких материја (раствор шећера у води, винска киселина, млечна киселина, различити хормони, ферменти, витамини) али је најизраженија код кварца. Ови материјали се називају оптички активни материјали.



Пошто долази до обртања равни поларизације, зрак је закренут за одређени угао, тако да анализатор не региструје светлост. Да би анализатор могао да региструје светлост

² Араго 1811.

потребно је да се он заокрене за исти угао. На основу угла закретања анализатора може да се одреди, на пример концентрација активне супстанце у раствору.



Обртање равни поларизације настаје због асиметрије молекула код оптички активних супстанци. Неки од ових материјала обрћу раван поларизације у лево неки у десно. Утврђено је да постоје две модификације кварца, које су идентичне, али се међусобно разликују само по томе што једна од њих обрће раван осциловања поларизованог зрака удесно, а друга улево (десни и леви кварц).

Угао за који се обрне раван поларизације зависи од особина материјала (температура, распоред атома...) и од особина светлости (таласна дужина).