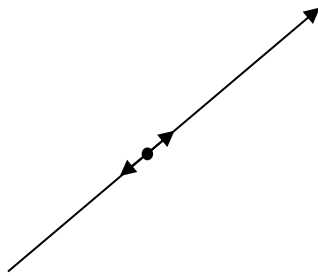


## ПОЛАРИЗАЦИЈА СВЈЕТЛОСТИ

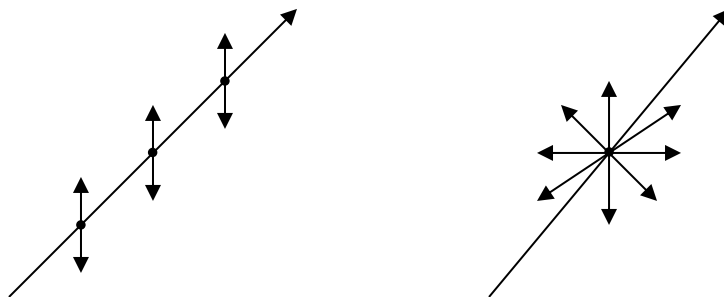
Интерференција и дифракција свјетлости су појаве које потврђују да је свјетлост таласне природе. Међутим, на основу ових појава не може да се закључи да ли су свјетлосни таласи трансверзални или лонгитудинални. Одговор на ово питање даје појава поларизације таласа.

Појаву поларизације таласа размотрићемо на примјеру механичких таласа.

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

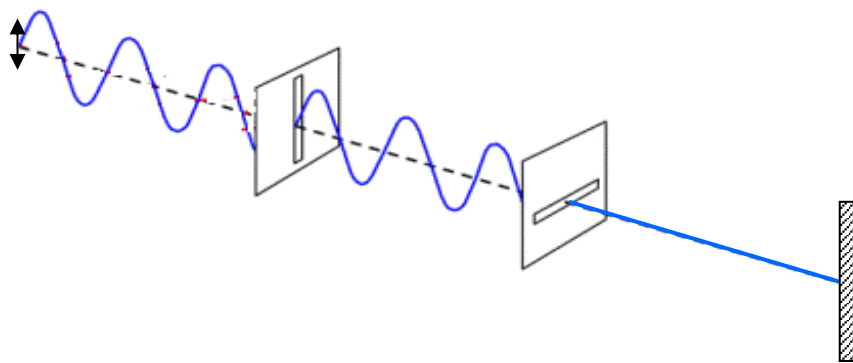


Код трансверзалних таласа дјелићи средине могу да осцилују у једном (равански талас) или свим (просторни талас) правцима нормалним на правац простирања таласа.



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

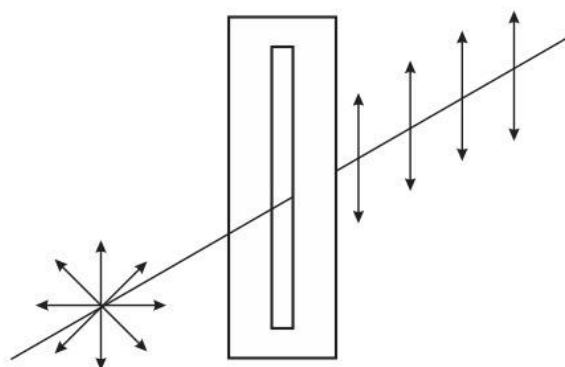
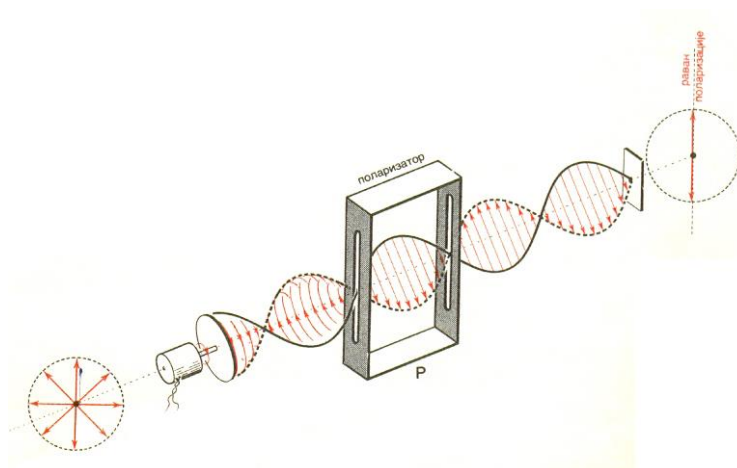
Дуж канапа формирамо трансверзални талас у вертикалној равни. Талас пролази кроз прорез само када се правац прореза поклапа са правцем осциловања (прорез постављен вертикално). Када је прорез постављен хоризонтално талас не може да прође кроз њега.



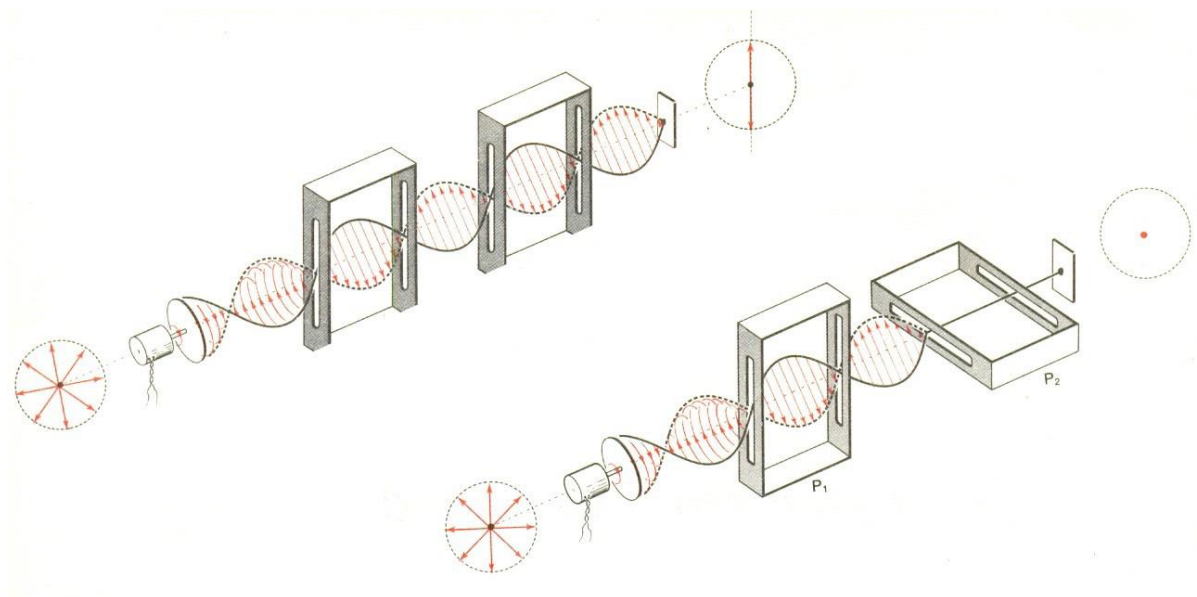
Потом наизмјеничним истезањем и отпуштањем канапа изазовемо лонгитудинални талас у правцу канапа. У том случају прорези на препрекама не ометају простирање таласа без обзира на положај отвора.

Примјер. 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.

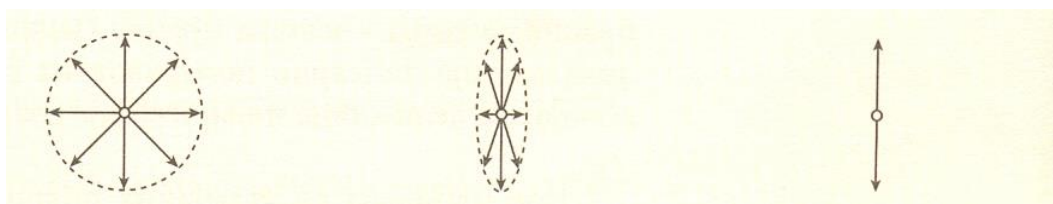


На пут поларизованог таласа се постави још једна препрека са прорезом, односно још један поларизатор. Ако се равни поларизације поклапају, онда ће талас поларизован на првом прорезу пролазити кроз други без промјене. Али када је раван другог прореза нормална на раван првог, осцилације таласа неће проћи 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 увијек остају осцилације у другим равнима. Потпуна поларизација се постиже са више узастопно постављених поларизатора.

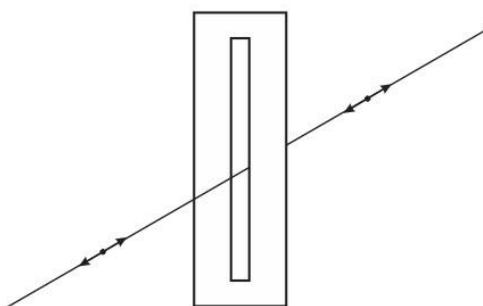


Појава поларизација је процес претварање просторног у равански талас. Осцилације се "гасе" у свим правцима осим у једном правцу.

Појава поларизације је карактеристична за све врсте трансверзалних таласа.

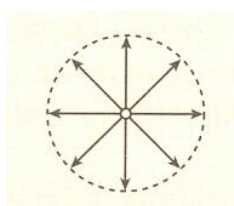
Поларизовани таласи су они трансверзални таласи чије се осциловање одвија у једној равни или у паралелним равнима дуж правца кретања.

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



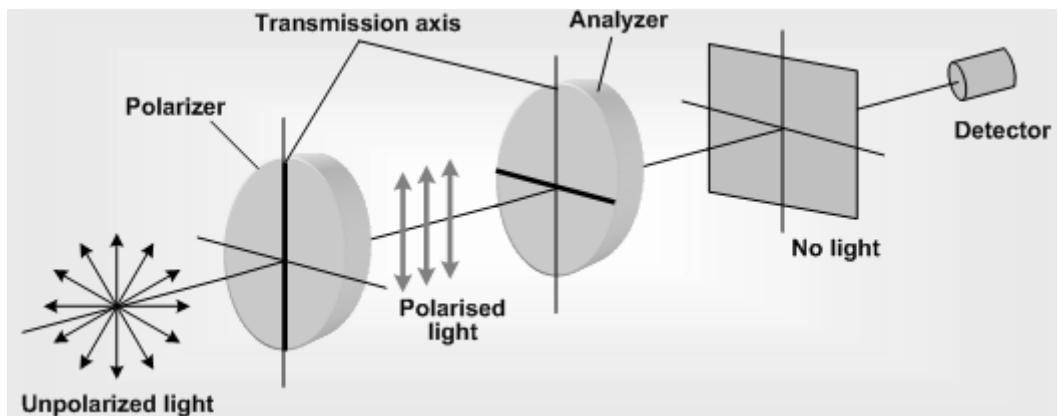
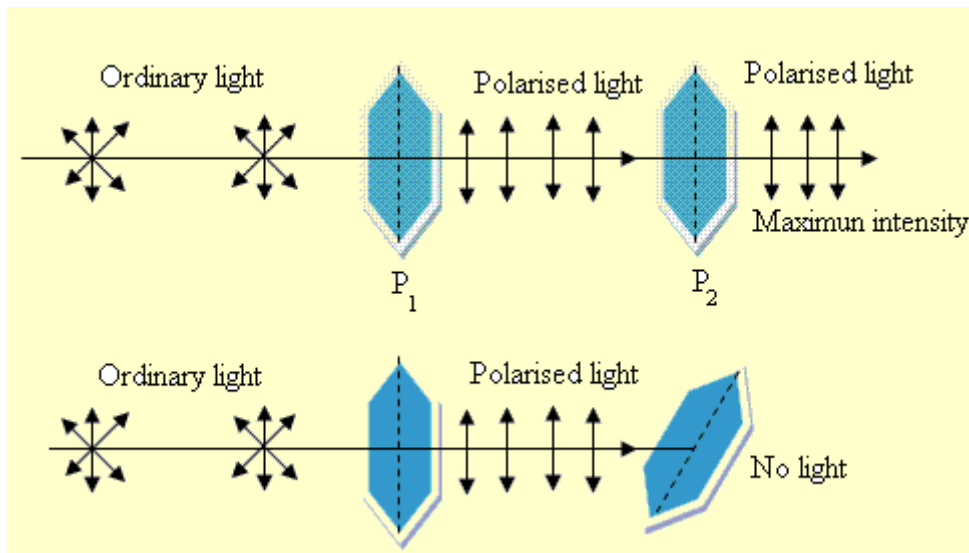
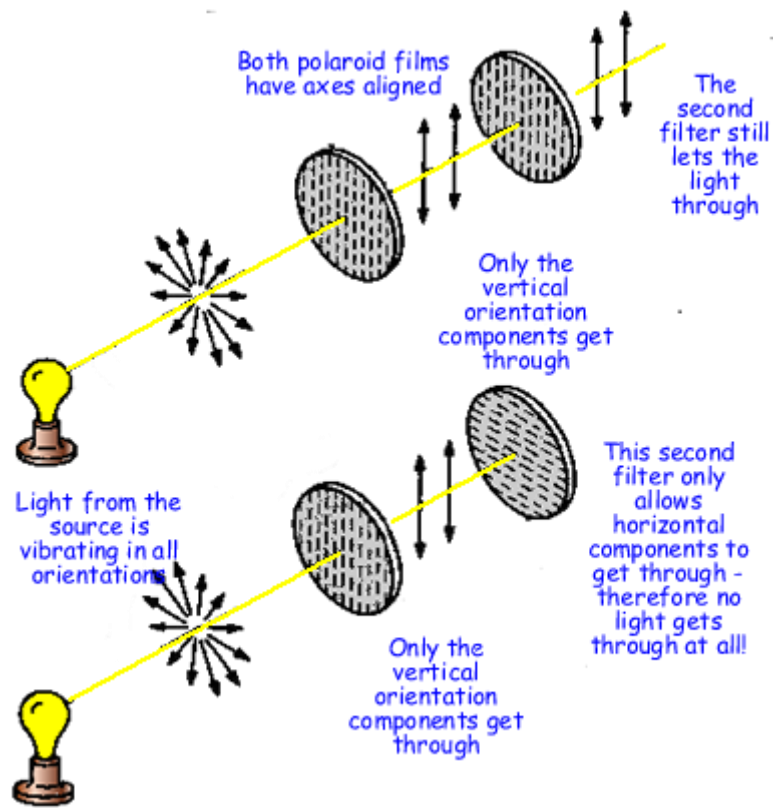
Сваки реални извор свјетлости се састоји из великог броја атома и молекула, који зраче свјетлосне таласе потпуно неуређено, са свим могућим оријентацијама равни осциловања, нормалним на правац простирања таласа. Значи, свјетлост је такав трансверзални талас код кога се равни осциловања стално мијењају.

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



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

**Поларизација доказује да је свјетлост трансверзални талас.**

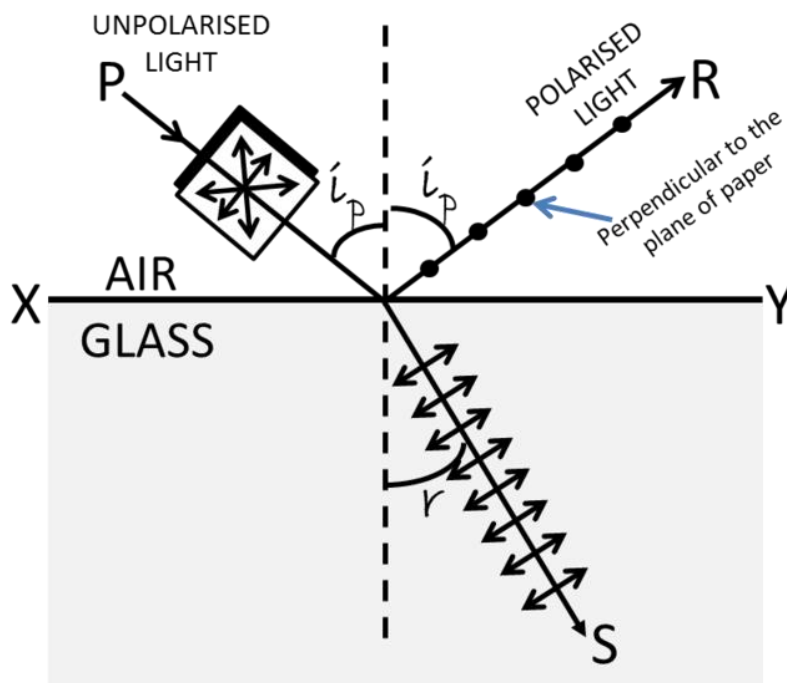


Људско око не може да уочи разлику између неполаризоване и поларизоване свјетлости.

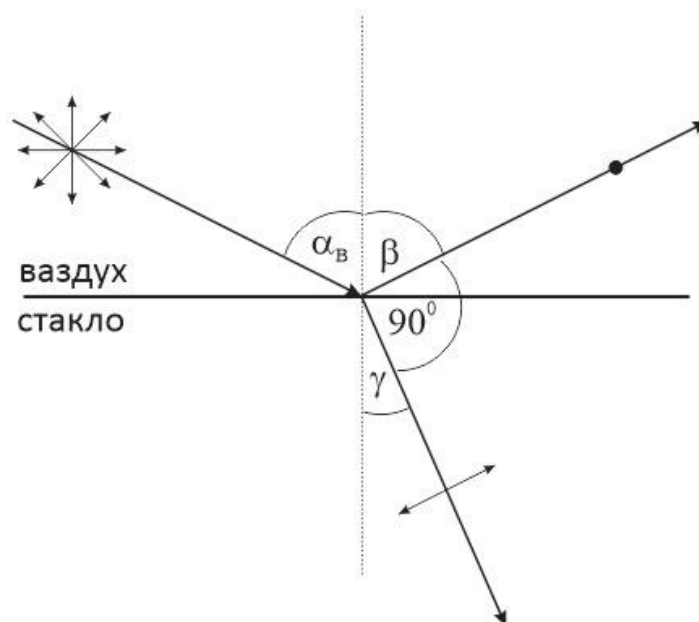
До поларизације свјетлости долази при преламању и одбијању, као и при пролазу кроз оптички изотропне средине.

### Поларизација свјетлости при одбијању и преламању

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



Максимална поларизација се добија при таквом упадном за који одбијени и преломљени зрак заклапају угао од  $90^\circ$ . При томе је одбијена свјетлост потпуно поларизована, а преломљена свјетлост је дјелимично поларизована. Тај упадни угао се назива Брустеров угао.



Примјеном 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 мијења са повећањем упадног угла. За Брустеров угао она износи неколико процената.

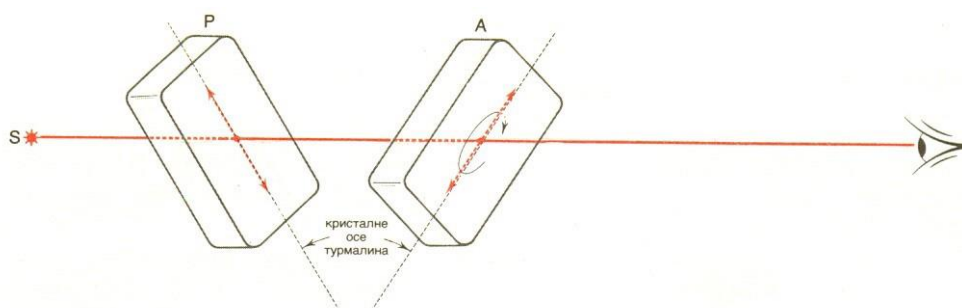
## Поларизација свјетлости при проласку кроз кристале

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

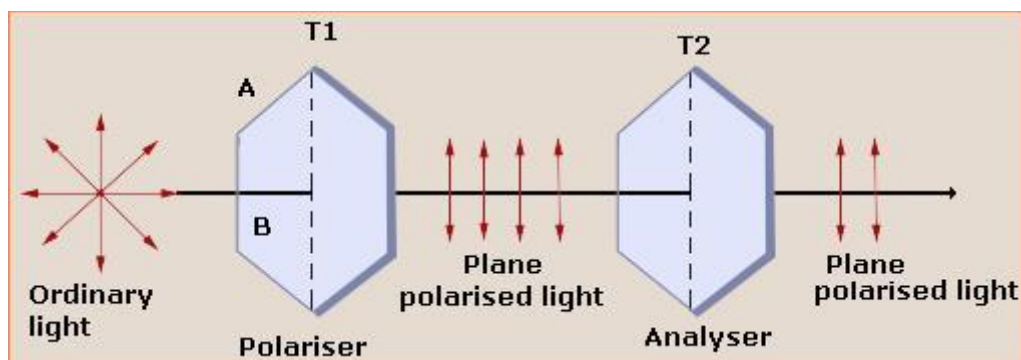
Ови кристали од упадне природне свјетлости пропуштају само ону њену компоненту чије су осцилације паралелне главној оптичкој оси.

Поларизација свјетлости помоћу кристала заснива се на анизотропији<sup>1</sup> кристала.

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

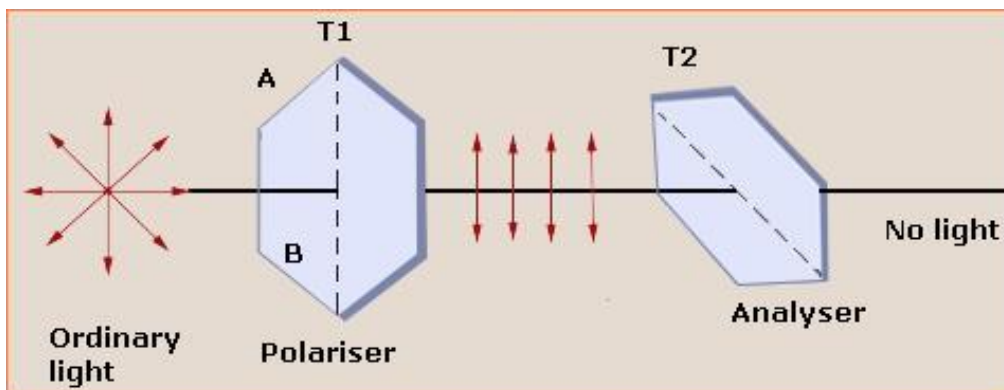


У овом случају плочица P је поларизатор, а плочица A је анализатор. Окретањем плочице A може да се пронађе такав положај да свјетлост поларизована у плочици P пролази несметано кроз анализатор.

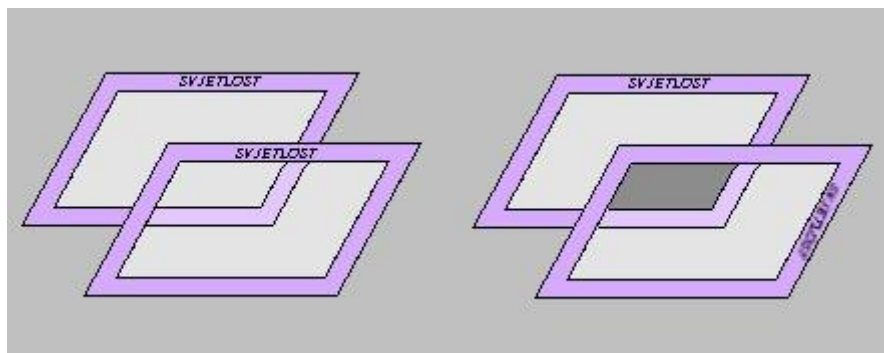
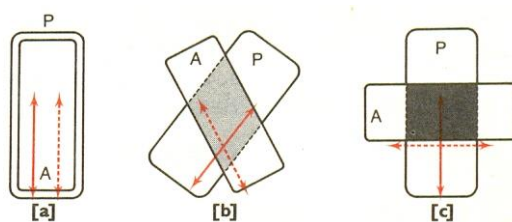


<sup>1</sup> особина кристала да у различитим правцима има различите особине





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



Ако се једна плочица уклони, тада се окретањем друге плочице неће примијетити никава промјена јачине свјетлости која доспијева до око посматрача.

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

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

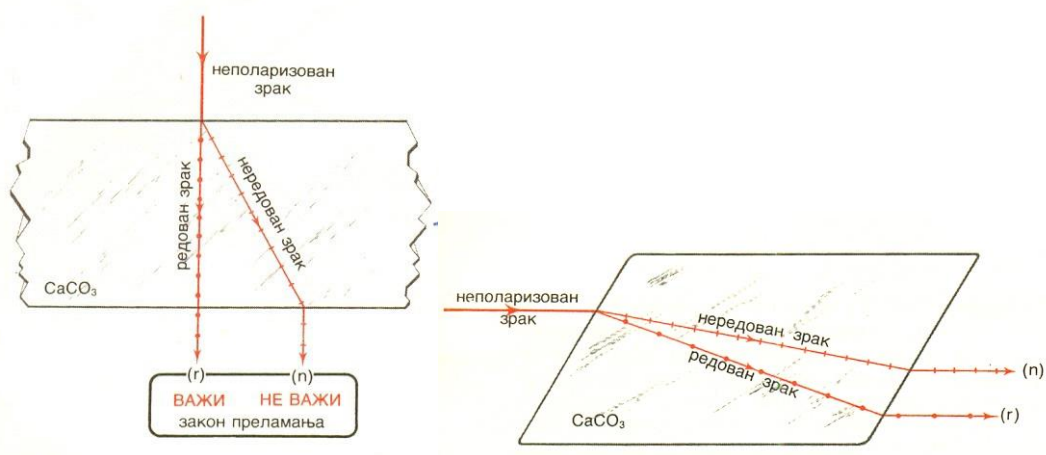
$I_0$  – интензитет неполаризоване свјетлости

Ако поларизатор нема довољну дебљину, онда он само дјелимично поларизује свјетлост, па свјетлосни 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 дјелимично поларизован.

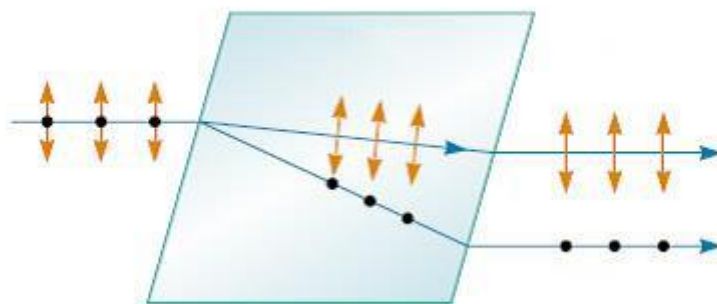
## Двојно преламање

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

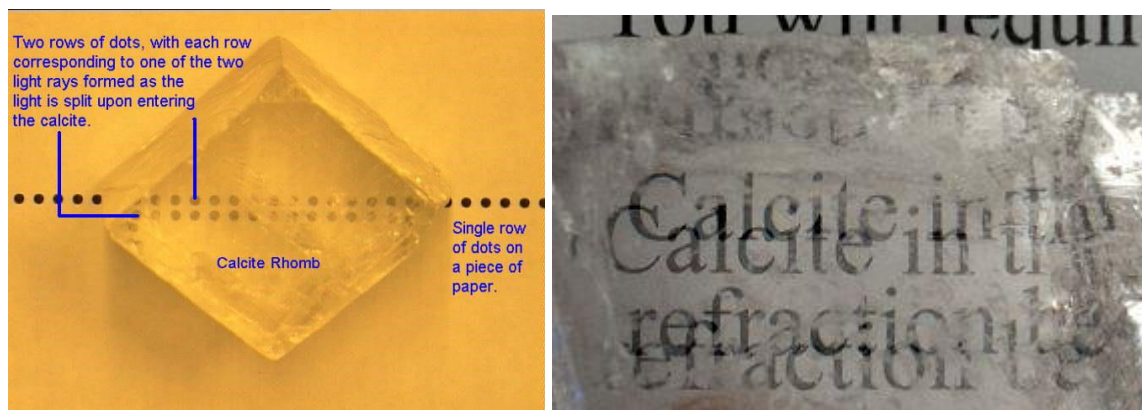
- редован – понаша се у складу са законом преламања
- нередован – не понаша се у складу са законом преламања свјетлости



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



Предмети посматрани кроз овакав кристал изгледају дуплирани.



Појаве двојног преламања су посљедица кристалне структуре. Оптичке особине кристала нису исте у свим правцима и брзина свјетлости зависи од правца свјетлосног 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.

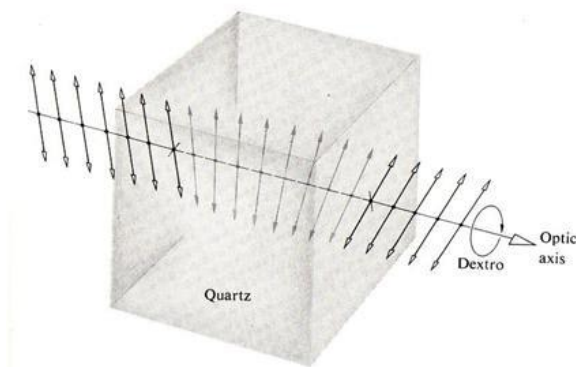
Редован зрак има исту брзину у свим правцима. Он се понаша по закону преламања свјетлости и његов индекс преламања је константан за сваки упадни угао.

Брзина нередовног зрака је промјенљива, па је и његов индекс преламања промјенљив. Највећа вриједност индекса преламања је у случају када зрак пролази паралелно са оптичком осом, она је тада једнака вриједности 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 свјетлост пада у правцу оптичке осе зрак се не дијели.

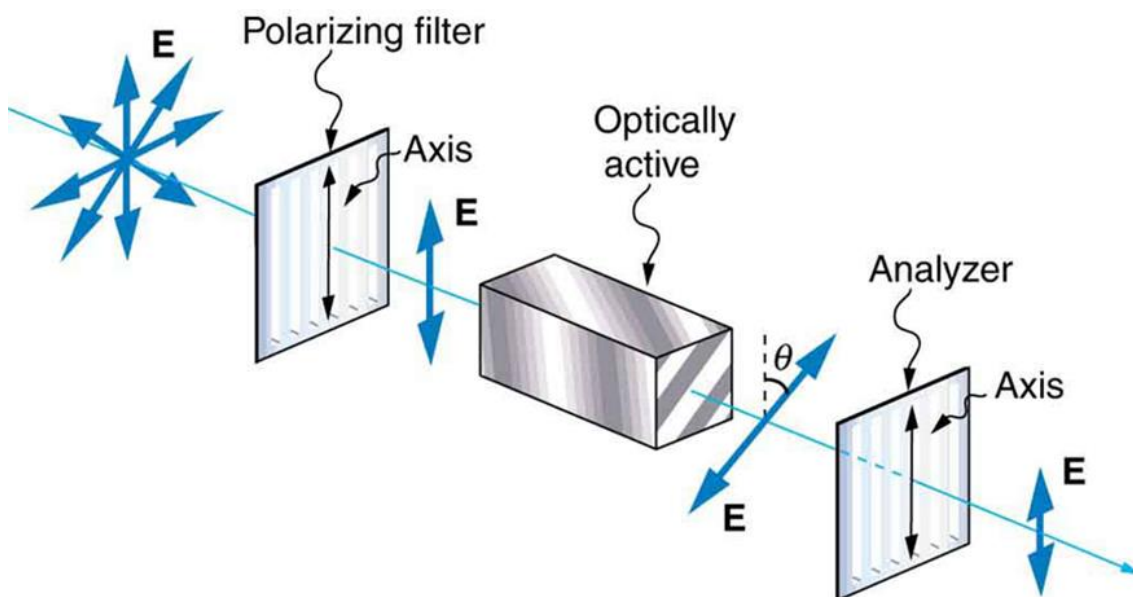
Код неких кристала један од тих зрака се апсорбује при проласку кроз кристал. Тако на примјер, турмалин апсорбује редован зрак, док пропушта нередован зрак.

## Обртање равни поларизације

Већ почетком 19. вијека<sup>2</sup> је примијећено да танка плочица кварца кроз коју пролази поларизовани зрак у правцу њене оптичке осе закреће раван осциловања поларизоване свјетлости за извјестан угао, у односу на њен положај пре проласка кроз кварцну плочицу.



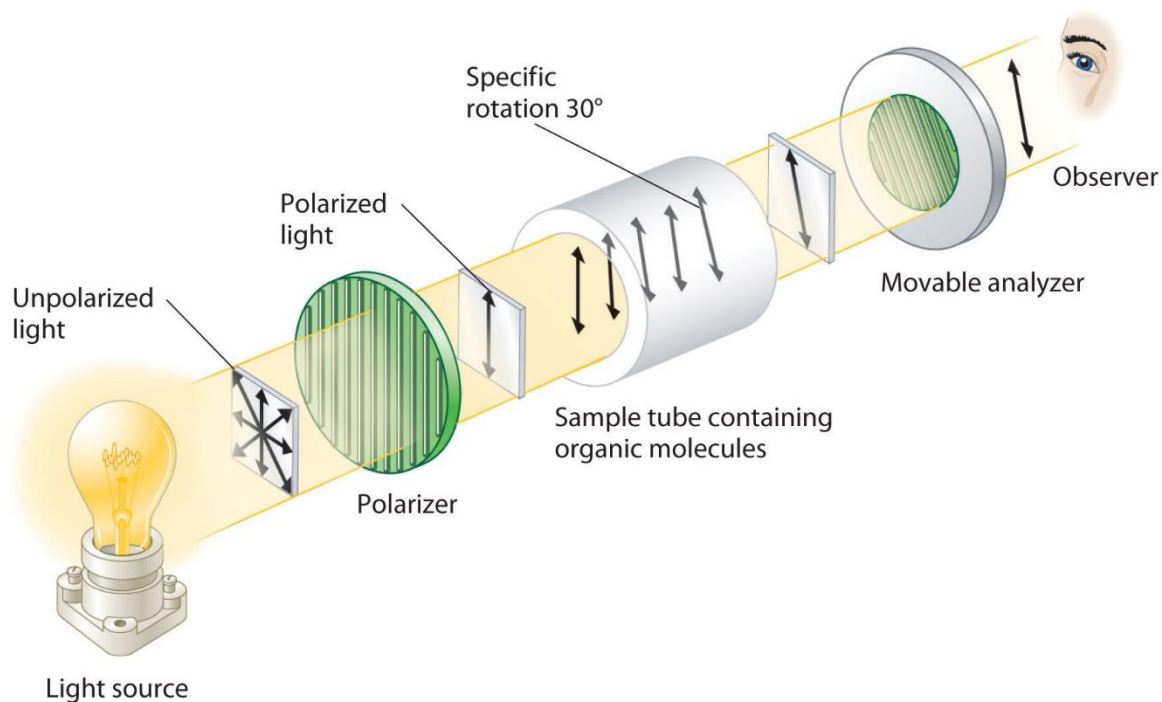
Ова појава обртања равни поларизације настаје још код неких материја (раствор шећера у води, винска киселина, млијечна киселина, различити хормони, ферменти, витамини) али је најизраженија код кварца. Ови материјали се називају оптички активни материјали.



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

<sup>2</sup> Араго 1811.

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



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

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