

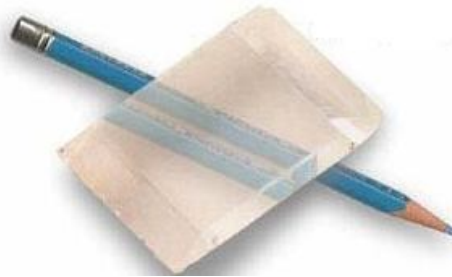
ПОЛЯРИЗАЦИЯ НА СВЕТИНАТА ПРИ ПРЕМИНАВАНЕТО ѝ ПРЕЗ АНИЗОТРОПНИ ДИЕЛЕКТРИЧНИ СРЕДИ. ТЕОРИЯ НА ХЮЙГЕНС. ПОЛЯРИЗАЦИОННИ ПРИБОРИ.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ НА СВЕТИНАТА ПРИ ПРЕМИНАВАНЕТО ѝ ПРЕЗ АНИЗОТРОПНИ ДИЕЛЕКТРИЧНИ СРЕДИ

При преминаване на светлината през всички прозрачни кристали, с изключение на принадлежащите към кубическата сингония се наблюдава явлението **двойнолъчепречупване**.

Двойно лъчепречупване – когато върху повърхността на кристала попадне светлинен лъч той се разделя вътре в кристала на два пречупени лъча, които в общия случай се разпространяват с различни скорости, в различни направления и са поляризиращи в две взаимно перпендикулярни направление.

За пръв път явлението двойно лъчепречупване е наблюдавано от датския учен Бартолини през втората половина на XVII век за исландски шпат (CaCO_3).



Оптична ос на кристала - направлението, в което светлинният лъч се разпространява, без да претърпява двойно лъчепречупване, т.е. падналият лъч, вътре в кристала не се разделя на два лъча.

Оптичесната ос на кристала не е една права както оста на симетрия на кристала, а характеризира дадено направление в кристала и може да се прекара през всяка точка от него, успоредно на това направление.

Главна равнина или главно сечение на кристала – това е всяка равнина, минаваща през направлението на светлинния лъч и оптичната ос на кристала.

В зависимост от типа на симетрия, оптически анизотропните кристали се делят на два основни вида:

- едноосни кристали – с една оптична ос например *кварц*, *турмалин* и др.

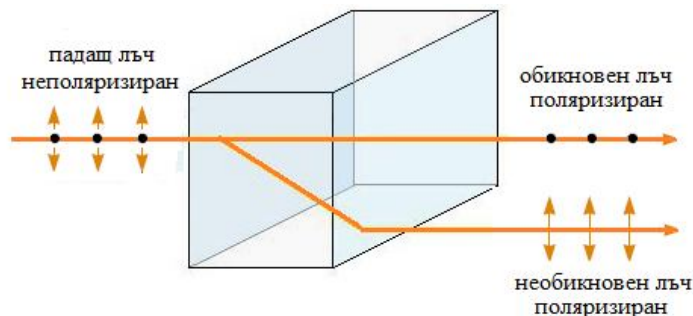
В случай на едноосни кристали при двойното лъчепречупване лъчът се разделя на два лъча:

- обикновен лъч (o), който се подчинява на закона на Снелиус за пречупване на светлината и лежи в равнината на падане;
- необикновен лъч (e), който не се подчинява на закона на Снелиус и не лежи в равнината на падане.

Анализът на поляризацията на светлината в едноосните кристали (например с турмалин) показва, че двата лъча обикновен и необикновен са поляризиращи във взаимно перпендикулярни направления като:

- в обикновения лъч трептенията на светлинния вектор \vec{E} (векторът на интензитета на електричното поле) са перпендикулярни на главната равнина. На фигурата обикновеният лъч е означен с точки.

- в необикновения лъч трептенията на светлинния вектор \vec{E} лежат в главната равнина. На фигурата необикновения лъч е означен с чертички.



Различното пречупване на обикновения и необикновения лъч показва, че техните показатели на пречупване са различни. Очевидно при произволно направление на обикновения лъч трептенията на светлинния вектор \vec{E} са перпендикулярни на оптичната ос на кристала. Затова този лъч се разпространява във всички направления с еднаква скорост и следователно неговият показател на пречупване е постоянна величина. За необикновения лъч ъгълът между направлението на трептене на светлинния вектор \vec{E} и оптичната ос е различен от правия ъгъл и зависи от направлението на лъча. Затова необикновените лъчи се разпространяват в различни направления с различни скорости. Следователно показателят на пречупване на необикновения лъч е променлива величина, зависеща от направлението на лъча.

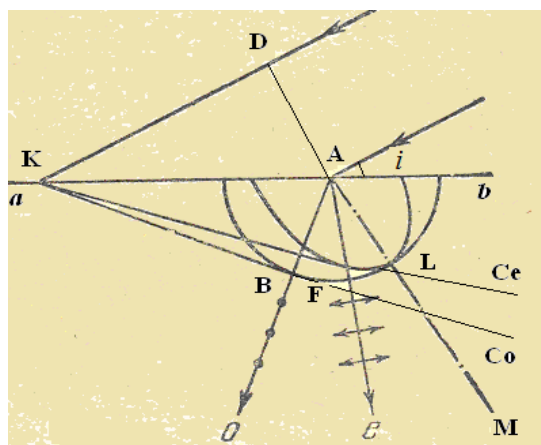
След излизане от кристала двата лъча (o) и (e) са успоредни и се различават само по равнината на трептене. Затова названието необикновен лъч има смисъл само вътре в кристала.

- двуосни кристали – с две оптични оси например *гипс*, *слюда*, *топаз*, *ромбическа сяра* и др.

В случай на двуосни кристали двата пречупени лъча са необикновени и показателите им на пречупване зависят от направлението в кристала.

ТЕОРИЯ НА ХЮЙГЕНС

Знаейки вида на вълновите повърхности, може с помощта на принципа на Хюйгенс да се определи посоката на обикновения и необикновения лъч.



Нека върху плоската повърхност av на едноосен, оптически положителен кристал пада неполяризирана светлинна вълна под ъгъл i . Оптичната ос AM е прекарана през $t.A$ и лежи в равнината на чертежа.

В момент t :

вълновият фронт AD на падащата вълна достига $t.A$ от повърхността на кристала и тя става източник на две линейно поляризирани елементарни вторични вълни – обикновена и необикновена. За време Δt падащата вълна изминава разстоянието DK .

В момента $(t+\Delta t)$:

- обикновената вълна, разпространяваща се от $t.A$ достига точките на сфера с радиус $v_o\Delta t$ и център в $t.A$
- необикновената вълна, разпространяваща се от $t.A$ като необикновена елементарна вълна достига до точките от повърхността на елипсоид, допиращ се до сферата в $t. L$, през която минава оптичната ос.

Фронтовете на (o) и (e) вълните, разпространяващи се в кристала в момента $(t+\Delta t)$: са равни на KCo и KCe е перпендикулярно на равнината на чертежа.

Направленията на (o) и (e) вълните са AB и AF , като:

$$AB \perp KCo, AF \perp Kce,$$

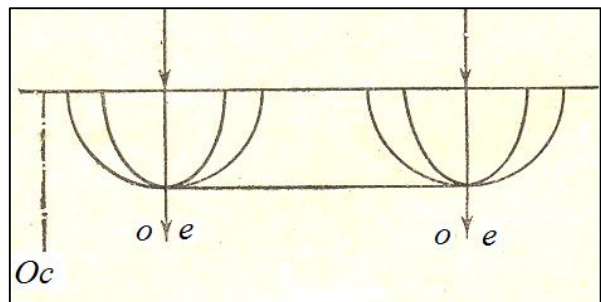
следователно (o) и (e) вълните са взаимно перпендикулярни линейно поляризирани.

При нормално падане на светлината вълна на повърхността на кристала могат да се наблюдават три случая:

- **Вълната се разпространява по направление на оптичната ос**

Обикновеният и необикновеният лъч не се разделят, не се различават. Те се разпространяват в едно и също направление и с еднакви скорости, т.е.

$$\vec{k}_o \parallel \vec{k}_e, v_o = v_e$$



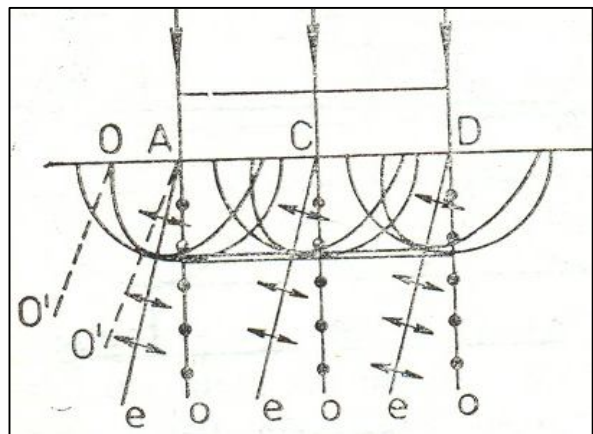
В този случай не се наблюдава двойно лъчепречупване

- **Оптичната ос OO' сключва ъгъл с повърхността на кристала**

Обикновеният и необикновеният лъч се разпространяват в различни посоки, с различни скорости, т.е.

$$\vec{k}_o \neq \vec{k}_e, v_o \neq v_e$$

В този случай се наблюдава двойно лъчепречупване



- **Оптичната ос OO' е успоредна на повърхността на кристала**

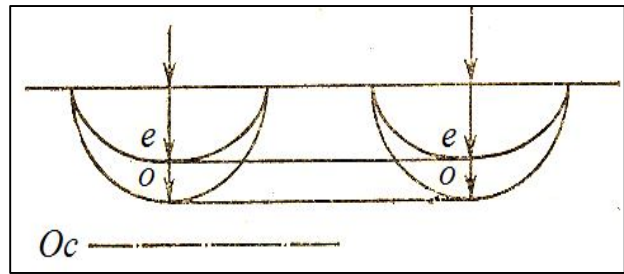
Обикновеният и необикновеният лъч се разпространяват в едно направление, но с различни скорости, т.е.

$$\vec{k}_o \parallel \vec{k}_e, \quad v_o \neq v_e$$

В резултат на това между тях възниква разлика във фазите.

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} d(n_e - n_o) ; \quad n = c/v$$

В този случай се наблюдава двойно лъчепречупване



ПОЛЯРИЗАЦИОННИ ПРИБОРИ

Принципът на действие на поляризационните прибори за получаване на поляризирана светлина се основава на явлението двойно лъчепречупване. За целта най-често се използват призми или поляроиди. Призмите се делят на два основни класа:

- поляризационни призми - за получаване само на плоскополяризирани лъчи;
- двойнопречупващи призми - за получаване на два поляризирани лъча във взаимно перпендикулярни равнини.

Поляризационни призми

Поляризационните призми са на принципа на пълното вътрешно отражение на единия от лъчите (например на обикновения) от граничната повърхност. Другият лъч, който е с различен показател на пречупване преминава през тази повърхност.

Типичен представител на поляризационните призми е призмата на Никол.

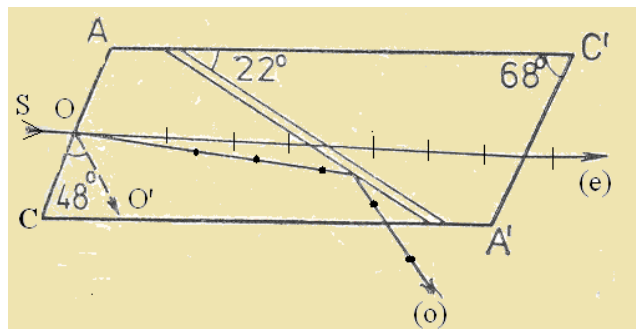
Призма на Никол

Представлява двойна призма от исландски шпат, слепена по линията AA' с канадски балсам, чийто показател на пречупване е $n_{ко} = 1,56$. Оптичната ос сключва с предната стена на кристала ъгъл 48° .

Естественят калцитов кристал се шлифова, така че ъгълът, който сключват стените $C'A$ и $C'A'$ от 71° , (както е при естествения кристал) да се намали на 68° . След това кристалът се разрязва по диагонала. Получените разрязани стени се полират и се слепват отново с канадски балсам. Той е прозрачен за видимата светлина (непрозрачен за УВ) и оптически изотропен.

Естествена светлина пада върху стената CA (успоредно на $C'A'$). В призмата ACA' лъчът се разделя на два лъча – обикновен ($n_o = 1,66$) и необикновен ($n_e = 1,52$).

При подходящ избор на ъгъла на падане, равен или по-голям от граничния ъгъл, обикновеният лъч претърпява пълно вътрешно отражение на границата с канадския



балсам, т.к. канадският балсам е среда с по-малък показател на пречупване $n_o > n_{кб}$ и ъгълът на падане е по-голям от граничния ъгъл ($i_1=76.5^\circ > i_{\text{граничен}}$).

Обикновеният лъч се поглъща от почернената странична повърхност CA' , а необикновеният свободно минава през канадския балсам и след пречупване на границата на $C'A'$ излиза от кристала.

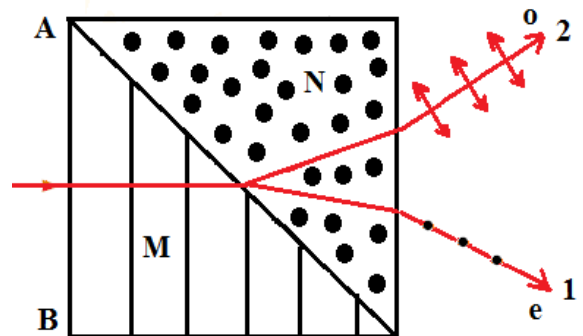
Двойнопречупващи призми

При двойно лъчепречупващите призми се използва различието в показателите на пречупване на обикновения и необикновения лъч, за да може те да се отместят един спрямо друг възможно повече. Като пример за двойно пречупващи призми могат да служат призмите от исландски шпат и стъкло, призмите, съставени от две призми от исландски шпат и др. Типични представители на двойно лъчепречупващите призми са призмата на Воластон и поляризационната призма.

Призма на Воластон

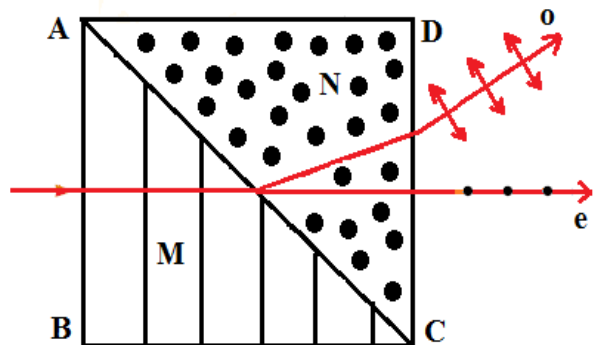
Състои се от две правоъгълни призми М и N от исландски шпат ($CaCO_3$), залепени по хипотенузата. Оптичните им оси са взаимно перпендикулярни.

Естественият лъч пада перпендикулярно на стената АВ. Преминва през призма М и на границата с призма N лъчите се пречупват и разделят на два лъча – обикновен и необикновен, които се разпространяват в едно направление перпендикулярно на оста, но с различни скорости v_o и v_e .



Поляризационна призма

Поради пречупване от наклонените граници ВА и DC при никола, падащият и излизащият лъч са леко отместени. Това се отстранява в поляризационната призма от исландски шпат, където стените са перпендикулярни.



Двойнопречупващите кристали притежават свойството дихроизъм, т.е. различно поглъщане на светлината в зависимост от ориентацията на електричния вектор на светлинната вълна и се наричат дихроични кристали.

Пример за такъв кристал е турмалинът. Поради силното селективно поглъщане на обикновения лъч при дебелина на пластинката 1mm от нея излиза само необикновеният лъч. Вследствие на различното поглъщане, зависещо и от дължината на вълната, при осветяване на дихроичен кристал с бяла светлина се наблюдава различно оцветяване по различните кристалографски направления.

Дихроичните кристали намират широко приложение в поляроидите. За поляроид може да служи тънък слой от целулоид, в който са размесени кристалчета от

йоднохининов сулфат. Установено е, че такъв слой от йоднохининов сулфат с дебелина 0,1mm напълно поглъща обикновените лъчи от видимата област, т.е. представлява идеален поляризатор.

Преимуществото на поляроидите пред призмите е, че имат по-голяма площ. От друга страна, обаче при тях се наблюдава по-силна зависимост на степента на поляризация от дължината на вълната, отколкото при призмите. Използват се за предпазване от ослепяващото действие на слънчевите лъчи и насрещното заслепяване в автотранспорта.