



ОПТИКА

Оптика — раздел физики, рассматривающий:

- явления, связанные с поведением и свойствами электромагнитного излучения, прежде всего света, и взаимодействие света с различными средами (веществом).
- распространение электромагнитных волн, преимущественно видимого и близких к нему широких областей спектра - инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов электромагнитного излучения.

Оптические методы исследований (микроскопия, фотография), и различные оптические приборы широко используются во многих прикладных дисциплинах, включая электротехнику, физику, медицину .

Вместе с точной механикой оптика является основой оптико-механической промышленности



Корпускулярно-волновой дуализм

Оптика оказалась одним из первых разделов физики, где проявилась ограниченность классических представлений о природе. Была установлена двойственная природа света:

Корпускулярная теория света, берущая начало от Ньютона, рассматривает его как поток частиц — квантов света или фотонов. Представлений о свете, как потоке частиц, объясняет явление фотоэффекта и закономерности теории излучения.

Волновая теория света, берущая начало от Гюйгенса, рассматривает свет как совокупность, поперечных монохроматических электромагнитных волн, а наблюдаемые оптические эффекты как результат сложения (интерференции) этих волн. Представление о свете, как волне, позволяет объяснить явления, связанные с интерференцией и дифракцией, в том числе структуру светового поля (построение изображений и голографию).



Разделы оптики

- *геометрическая или лучевая оптика, в основе которой лежит представление о световых лучах*
- *волновая оптика, изучающая явления, в которых проявляются волновые свойства света*
- *квантовая оптика, изучающая взаимодействие света с веществом, при котором проявляются корпускулярные свойства света*

Основные законы геометрической оптики

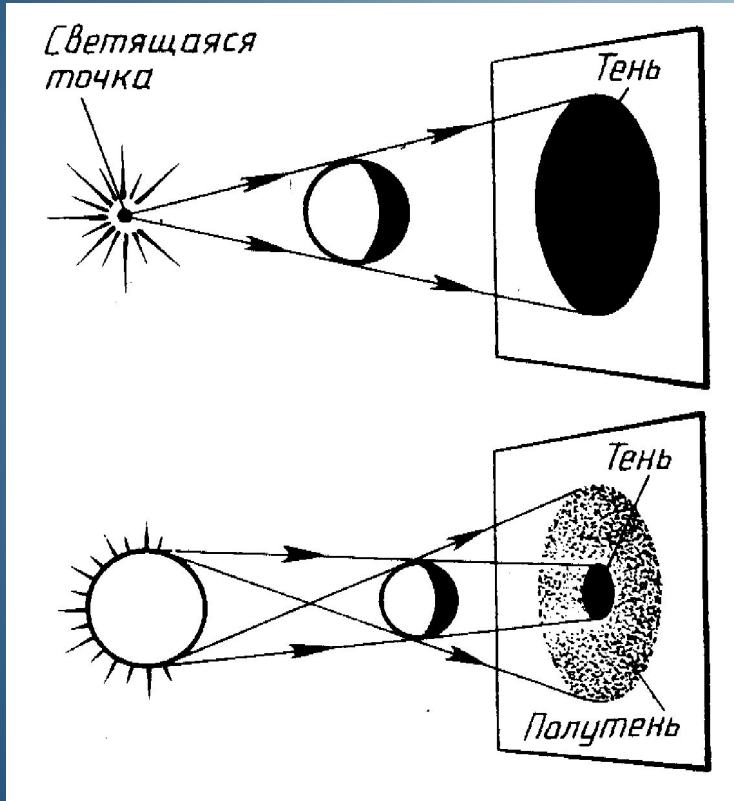
- Закон прямолинейного распространения света.
- Закон независимости световых пучков.
- Закон отражения
- Закон преломления света

Первые открытия в оптике были сделаны уже в древности. Тогда были открыты два закона геометрической оптики: закон прямолинейного распространения света и закон отражения света.

Эти два закона были описаны знаменитым греческим ученым Евклидом, жившим в III веке до нашей эры. С помощью этих законов Евклид объяснил множество наблюдаемых явлений - например, явление отражения света от плоских и даже сферических зеркал.

Закон прямолинейного распространения света

Закон прямолинейного распространения света: в оптически однородной среде свет распространяется прямолинейно.



- Луч – часть прямой, указывающей направление распространения света.
- Прямолинейностью распространения света объясняется образование тени и полутени.
- При малых размерах источника (источник, находится на расстоянии, по сравнению с которым размерами источника можно пренебречь) получается только тень (область пространства, в которую свет не попадает).
- При больших размерах источника света (или, если источник находится близко к предмету) создаются нерезкие тени (тень и полутень).

Закон прямолинейного распространения света нарушается и понятие светового луча утрачивает смысл, если свет проходит через малые отверстия, размеры которых сравнимы с длиной волны.

Закон отражения света

Закон отражения света: падающий и отраженный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости (плоскость падения). Угол отражения β равен углу падения α .



Углом падения луча назовем угол между падающим лучом и перпендикуляром к отражающей поверхности в точке излома луча (угол α).

Углом отражения луча назовем угол между отраженным лучом и перпендикуляром к отражающей поверхности в точке излома луча (угол β).

Виды отражения

При падении света на разные поверхности возможны два варианта:

- Пучок света, падающий на поверхность, отражается ею также в виде пучка. Такое отражение света называется **зеркальным отражением**.
- Пучок света, падающий на поверхность, отражается ею во всех направлениях. Такое отражение света называют **рассеянным отражением** или просто **рассеянием света**.



На границе раздела двух прозрачных сред свет может частично отразиться так, что часть световой энергии будет распространяться после отражения по новому направлению, а часть пройдет через границу и продолжит распространяться во второй среде.

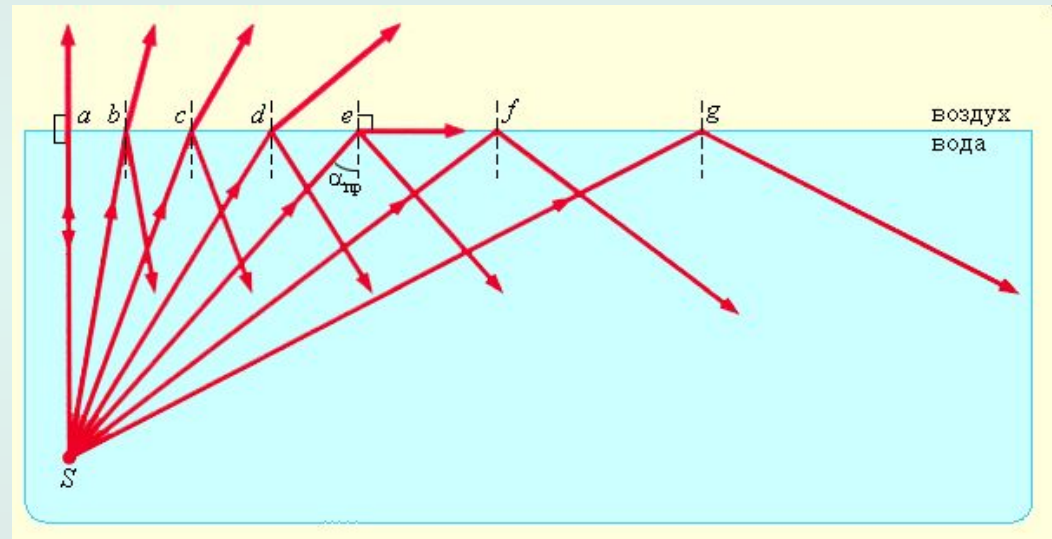
Закон отражения является справедливым как для случая зеркального, так и для случая рассеянного отражения света.

Внутреннее отражение

1. Не полное внутреннее отражение

На границе раздела двух прозрачных сред свет может частично отразиться так, что часть световой энергии будет распространяться после отражения по новому направлению, а часть пройдет через границу и продолжит распространяться во второй среде.

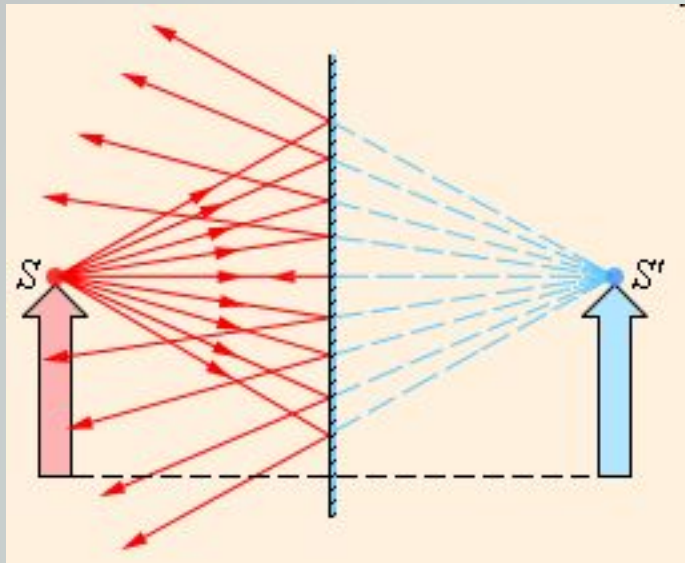
Среду с меньшим абсолютным показателем преломления называют **оптически менее плотной**.



2. Полное отражение

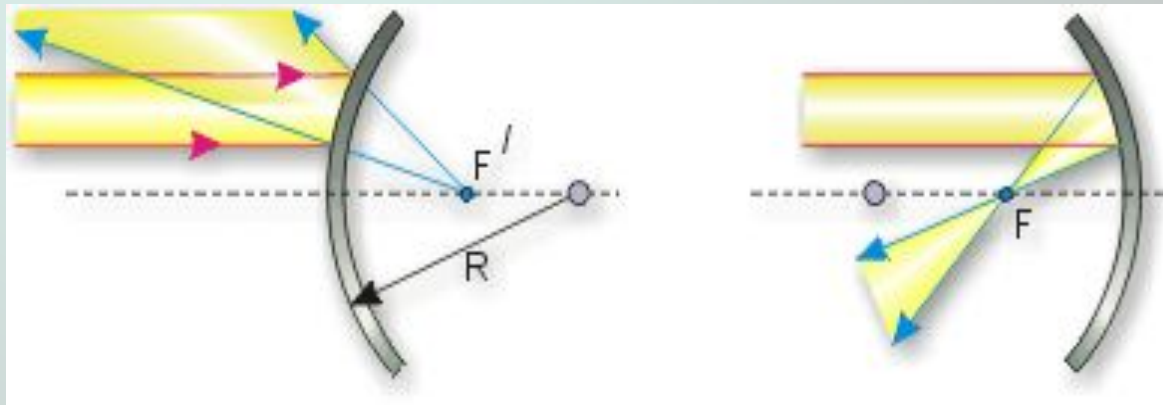
При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную $n_2 < n_1$ (например, из стекла в воздух) можно наблюдать явление полного отражения, то есть исчезновение преломленного луча. Это явление наблюдается при углах падения, превышающих некоторый критический угол $\alpha_{\text{пр}}$, который называется **предельным углом полного внутреннего отражения**

Отражении света от различных типов зеркал



Плоское зеркало - простейшее оптическое устройство, способное создавать изображение предмета. Изображение предмета, даваемое плоским зеркалом, формируется за счет лучей, отраженных от зеркальной поверхности. Это изображение является мнимым, так как оно образуется пересечением не самих отраженных лучей, а их продолжений в «зазеркалье».

Сферическое зеркало - представляет собой часть шарообразной поверхности и может быть выпуклым (рассеивающими) или вогнутым (собирающими).



Закон преломления света

Преломлением света называют явление изменения направления светового луча на границе раздела двух сред.

Закон преломления был экспериментально установлен голландским ученым В. Снеллиусом в 1621 г.



Закон преломления света: падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения φ к синусу угла χ преломления есть величина, постоянная для двух данных сред: $\sin\varphi / \sin\chi = v_1 / v_2 = n$

Показатели преломления

Разные вещества, прозрачные для оптических излучений, обладают неодинаковой преломляющей способностью:



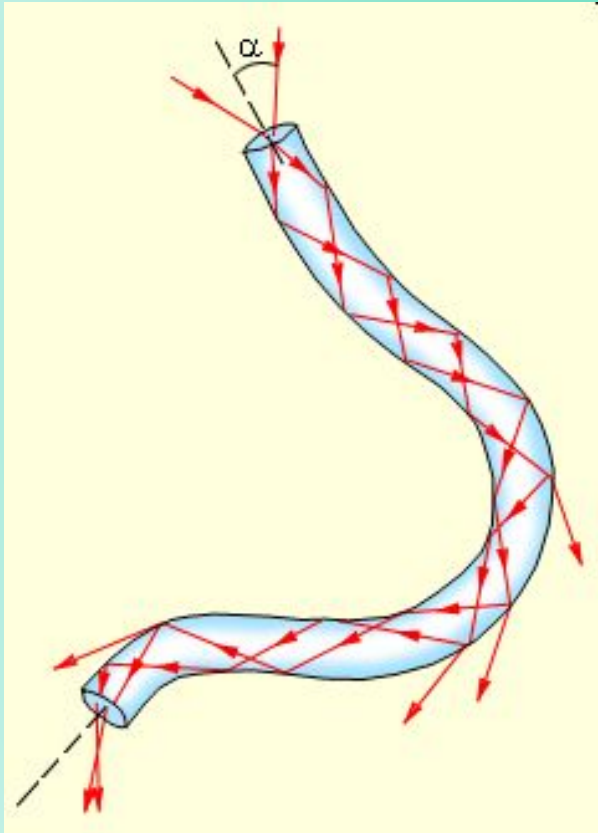
- Постоянную величину n называют относительным показателем преломления второй среды относительно первой.
- Показатель преломления среды относительно вакуума называют абсолютным показателем преломления.
- Относительный показатель преломления двух сред равен отношению их абсолютных показателей преломления:

$$n = n_2 / n_1$$

Абсолютный показатель преломления равен отношению скорости света c в вакууме к скорости света v в среде:

$$n = \frac{c}{v} .$$

Применение явления полного внутреннего отражения в оптических устройствах

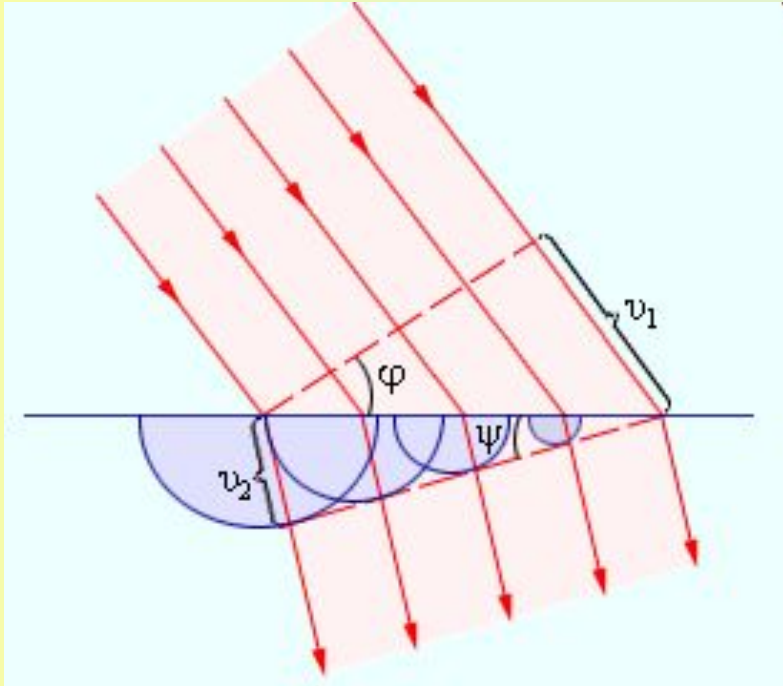


- Наиболее интересным и практически важным применением является создание волоконных световодов, которые представляют собой тонкие (от нескольких микрометров до миллиметров) произвольно изогнутые нити из оптически прозрачного материала (стекло, кварц).
- Свет, попадающий на торец световода, может распространяться по нему на большие расстояния за счет полного внутреннего отражения от боковых поверхностей .
- Распространение света в волоконном световоде. При сильном изгибе волокна закон полного внутреннего отражения нарушается, и свет частично выходит из волокна через боковую поверхность.

Научно-техническое направление, занимающееся разработкой и применением оптических световодов, называется волоконной оптикой.

Свойства волновой природы света

Волновая теория, в отличие от корпускулярной, рассматривала свет как волновой процесс, подобный механическим волнам.



В основу волновой теории был положен **принцип Гюйгенса**, согласно которому каждая точка, до которой доходит волна, становится центром вторичных волн, а огибающая этих волн дает положение волнового фронта в следующий момент времени. Под волновым фронтом Гюйгенс понимал геометрическое место точек, до которых одновременно доходит волновое возмущение.

Свойства света, как волны:

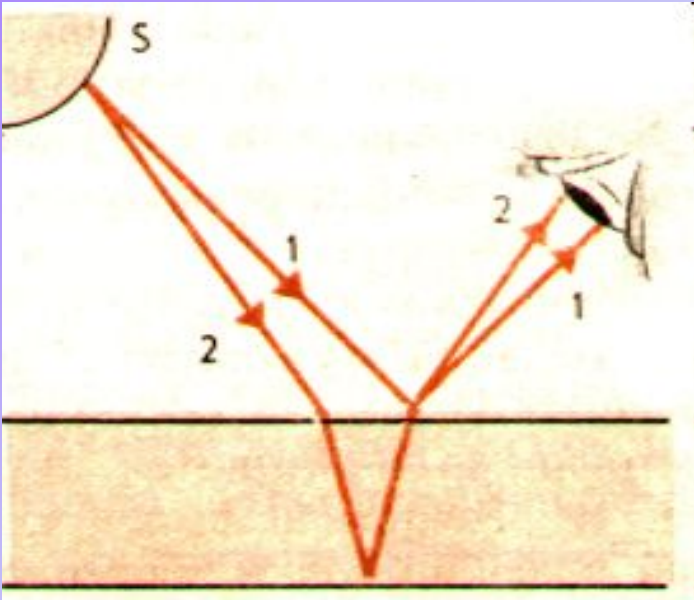
- Интерференция
- Дисперсия
- Дифракция
- Поляризация

Интерференция

- ❑ **Интерференция света** - сложение двух или нескольких световых волн с одинаковыми периодами, сходящихся в одной точке, в результате которого наблюдается увеличение или уменьшение амплитуды результирующей волны.
- ❑ Для получения устойчивой интерференционной картины необходимо , чтобы складываемые волны были когерентны.
- ❑ **Когерентными** называют волны с одинаковой частотой (периодом) и постоянной во времени разностью фаз.
- ❑ Чтобы получить когерентные волны необходимо световую волну от одного источника "разделить" на две или несколько волн. После прохождения различных путей эти волны ,имея некоторую разность хода, интерферируют.

Интерференция в тонких пленках

Английский ученый Томас Юнг первым пришел к гениальной мысли о возможности объяснения цветов тонких пленок сложением волн 1 и 2, одна из которых (1) отражается от наружной поверхности пленки, а вторая (2) — от внутренней.



При этом происходит интерференция световых волн — сложение двух волн, вследствие которого наблюдается устойчивая во времени картина усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

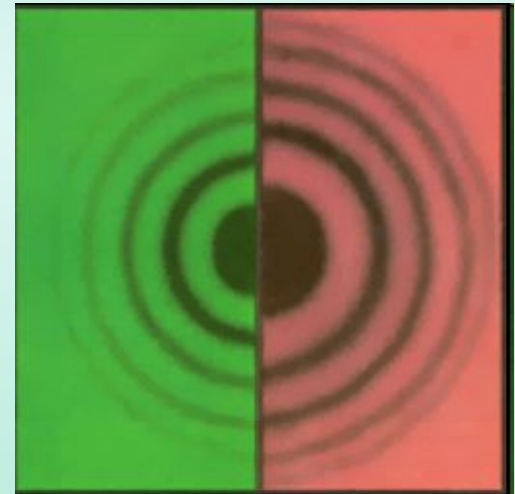
- Результат интерференции (усиление или ослабление результирующих колебаний) зависит от угла падения света на пленку, ее толщины и длины волны.
- Различие в цвете связано с различием в длине волны (или частоте световых волн). Световым потокам различного цвета соответствуют волны различной длины.

Кольца Ньютона

Первый эксперимент по наблюдению интерференции света в лабораторных условиях принадлежит И. Ньютону. Он наблюдал интерференционную картину, возникающую при отражении света в тонкой воздушной прослойке между плоской стеклянной пластиной и плосковыпуклой линзой большого радиуса кривизны.

Интерференционная картина имела вид концентрических колец, получивших название колец Ньютона :

- в месте соприкосновения линзы и пластины темное пятно
- вокруг него совокупность маленьких радужных колец
- расстояния между соседними кольцами быстро убывают с увеличением их радиуса



Французский физик Френель объяснил появление чередующихся светлых и темных колец или полос в области геометрической тени тем, что световые волны, приходящие в результате дифракции из разных точек отверстия в одну точку на экране, интерферируют между собой.

Дифракция света

Дифракция света – это явление огибания волнами препятствий, соизмеримых с длиной световой волны.



Размер щели меньше длины волны.



Размер щели больше длины волны. Волна проходит сквозь щель, почти не меняя своей формы.

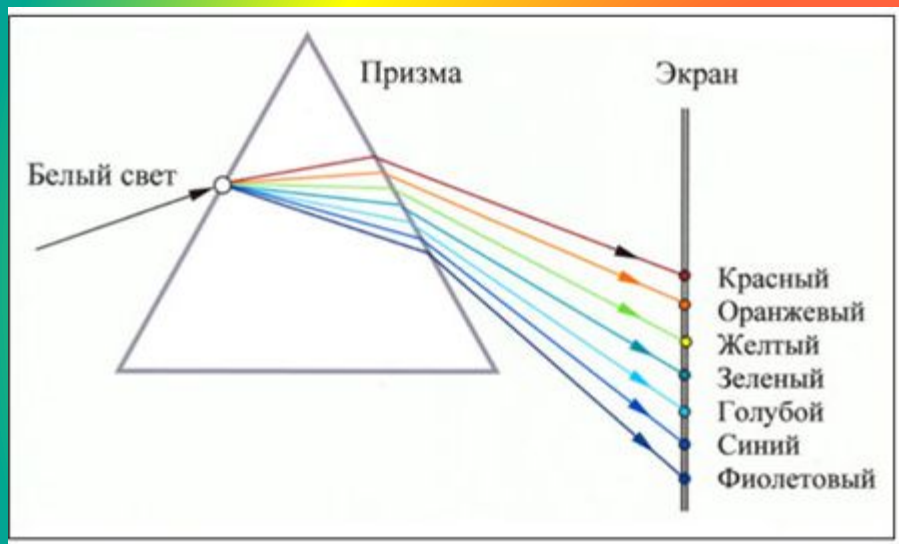
В результате дифракции свет проникает в область геометрических теней.

Явление дифракции объясняет **принцип Гюйгенса - Френеля**, согласно которому, каждая точка среды, до которой доходит световое возбуждение, сама становится источником вторичной волны, а волновое возмущение в любой точке пространства есть результат интерференции вторичных волн от фиктивных когерентных источников.

Дисперсия

Дисперсией света называется явление зависимости скорости света от длины волны или частоты.

По Ньютону, дисперсия это - зависимость показателя преломления света от его цвета .



Показатель преломления не зависит от угла падения светового пучка, но он зависит от его цвета - открытие Ньютона.

Наиболее сильно преломляются фиолетовые лучи, меньше других – красные.

- ❑ При прохождении через призму белого света на экране, установленном за призмой, наблюдается радужная полоса, состоящая из семи монохроматических составляющих и их полутонов.
- ❑ Эта полоса называется дисперсионным спектром.
- ❑ Смена цвета происходит непрерывно, причем смесь всех семи цветов дает белый цвет.

Поляризация света

Явление поляризации света доказывает волновую природу света и поперечность световых волн.

Впервые догадку о поперечности световых волн высказал Т. Юнг (1816 г.).

Френель, независимо от Юнга, также выдвинул концепцию поперечности световых волн.

Поляризация - это ориентированность колебаний световой волны в пространстве. Эти колебания перпендикулярны направлению движения луча света.

Пучок света состоит из множества квантов. Если их колебания различны, такой свет **не поляризован**, если же все кванты имеют абсолютно одинаковую ориентацию, свет называют **полностью поляризованным**.

Степень поляризации может быть различной в зависимости от того, какая доля квантов в нем обладает одинаковой ориентацией колебаний.

В середине XIX века Максвелл сделал вывод о том, что свет – это электромагнитные волны.