

РАЗДЕЛ-3**БЛОК - 8****БЛОК-8****СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ**

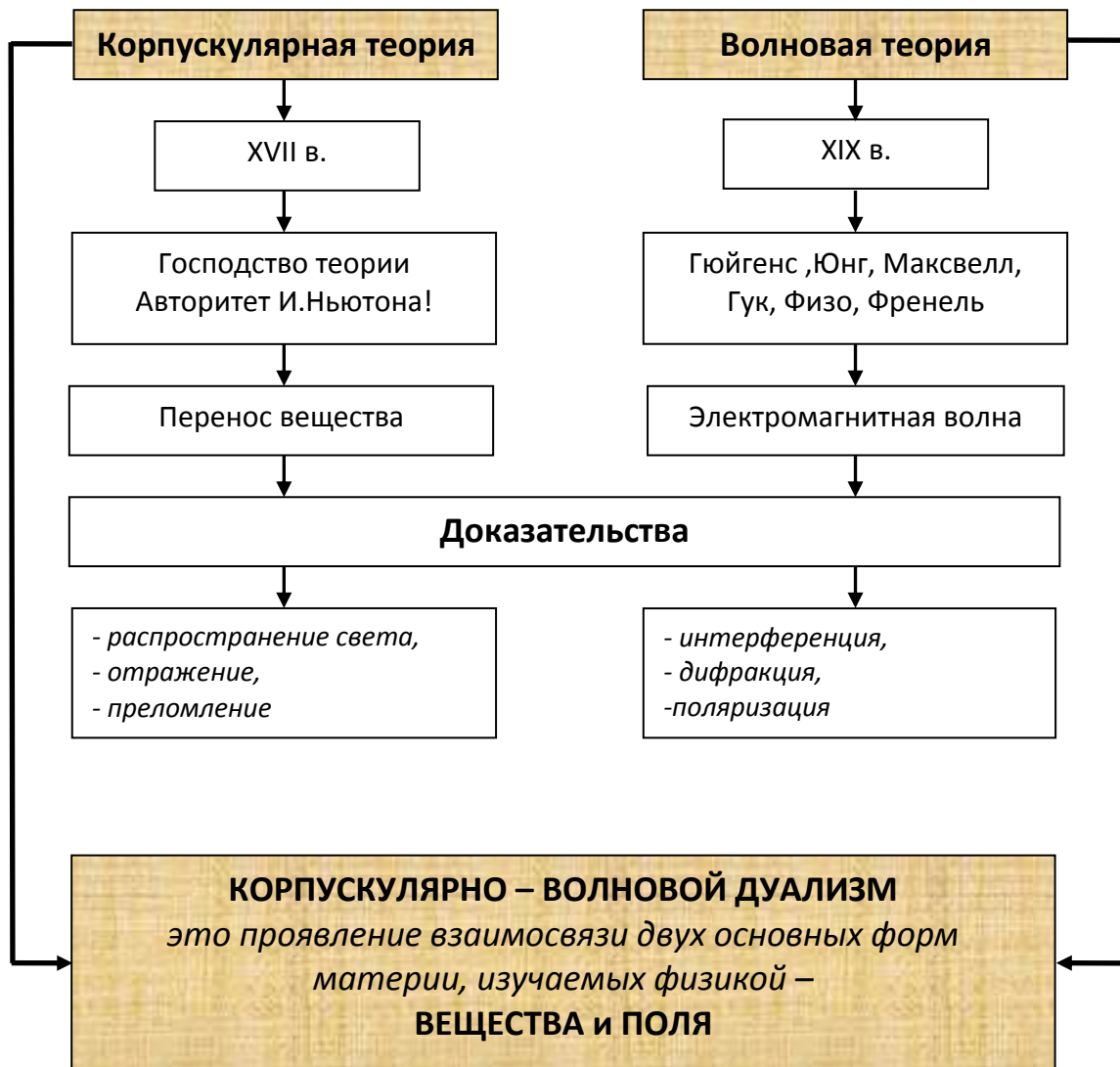
Содержание опорного конспекта	Стр. №	Параграфы учебника	Лист - 8
ОК – 11.3.33	2	Оптика	1
1.Развитие взглядов на природу света			
2.Корпускулярная и волновая теории			
3.Корпускулярно-волновой дуализм			
ОК – 11.3.34	4	§59	2 - 4
1.Скорость света			
2.Метод Рёмера			
3.Метод Физо			
ОК – 11.3.35	6	§60,61	5 - 8
1.Принцип Гюйгенса. Законы отражения			
2.Законы преломления			
ОК – 11.3.36	10	§62	9 - 12
1.Полное отражение. Предельный угол			
2.Ход лучей через плоскопараллельную пластину			
3.Ход лучей через треугольную призму			
ОК – 11.3.37	14	§63,65	13 - 17
1.Линзы. Фокус. Оптическая сила			
2.Формула тонкой линзы			
ОК – 11.3.38	15	§64	18 - 19
1.Построение изображений в линзе			
ОК – 11.3.39	17	§66	20 - 27
1.Дисперсия света			
ОК – 11.3.40	20	§67,68,69	28 - 35
1.Интерференция волн			
2.Интерференция света			
ОК – 11.3.41	24	§70,71,72	36 - 42
1.Дифракция света			
2.Дифракционная решётка			
ОК – 11.3.42	27	§73,74	43 - 46
1.Поляризация волн			
2.Поляризация света			
«Повторим теорию»	30		Лист - 8

ОК – 11.8.33

РАЗВИТИЕ ВЗГЛЯДОВ НА ПРИРОДУ СВЕТА

ОПТИКА «зрительный»

раздел физики о явлениях связанных с генерацией и распространением света, а также взаимодействия с веществом



Пояснения к ОК-11.8.33

РАЗВИТИЕ ВЗГЛЯДОВ НА ПРИРОДУ СВЕТА.

Большинство фактических сведений о природе человек получил с помощью зрительных ощущений, создаваемых светом.

Анализ излучения светящихся тел часто позволяет определить их температуру, строение и химический состав.

Свет, приходящий на Землю от далеких звезд и туманностей, дает возможность установить расстояние до них, скорость их движения и т.д.

Раздел физики, в котором изучаются световые явления, называется *оптикой* (от греч.-зрительный).

Оптика - одна из древнейших наук, но значительных успехов достигла в последние четыре столетия и особенно в XIX и XX в.

Но взгляды на природу света, с течением времени менялись.

С конца XVIII в. в оптике шла борьба между *корпускулярной и волновой теориями* света. Автор первой - *Ньютон* считал свет потоком *корпускул*, выбрасываемых светящимся телом и летящих в пространстве прямолинейно. Этой теорией хорошо объяснялись закон прямолинейного распространения света, законы отражения, законы преломления света. Ньютоновская теория господствовала вплоть до 1818г.

Одновременно с Ньютоном английский ученый Гук высказал гипотезу, согласно которой свет имеет *волновую природу*. Научное обоснование волновой теории света было развито одним из крупнейших физиков XVIIIв. голландцем *Гюйгенсом*. Но благодаря огромному авторитету Ньютона большее распространение получила корпускулярная теория света.

В 1818г. на одном из заседаний Парижской академии наук рассматривался доклад Френеля, в котором была изложена теория, объясняющая прямолинейность распространения света, при этом свет рассматривался как поток волн. И в XIXв. под влиянием новых открытий, связанных с именами Френеля, Юнга, Физо, Фраунгофера и др. Корпускулярная теория уступила место волновой теории.

Волновая теория предполагала, что световое излучение представляет собой *поперечные механические* волны, которые могут распространяться как в веществе, так и в безвоздушном пространстве. А так как такие волны могут возникать только в твердой упругой среде, то пришлось предположить, что вся вселенная заполнена невидимым *мировым эфиром*.

Известно, что скорость распространения механических волн зависит от упругости среды, а если учесть что скорость распространения света 300 000км/с, то упругость эфира должна во много раз превосходить упругость стали. Эти противоречия были слабым местом волновой теории света.

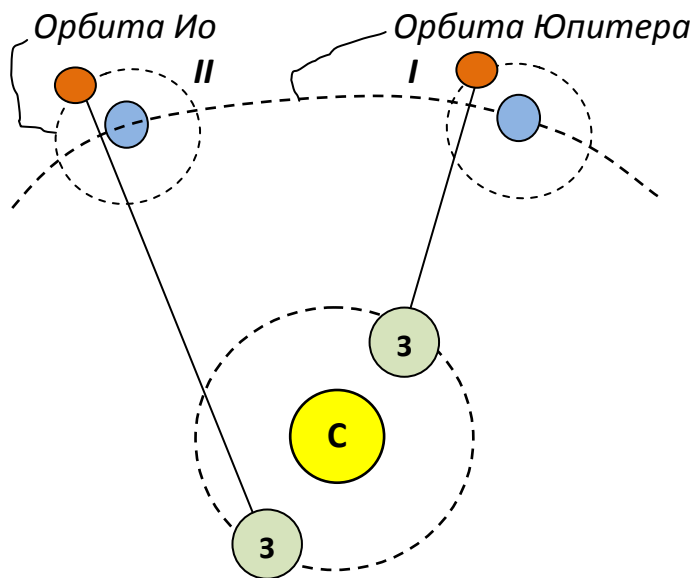
Однако волновая теория объясняла такие явления, как интерференция, дифракция и поляризация, которые не находили объяснения в рамках корпускулярной теории.

На основании современных представлений свет имеет двойственную *корпускулярно-волновую природу* (*корпускулярно-волновой дуализм*): с одной стороны, он обладает волновыми свойствами, с другой представляет собой поток частиц-фотонов.

ОК – 11.8.34

СКОРОСТЬ СВЕТА

1. Метод Рёмера (дат. 1676г.) – астрономический метод



Юпитер - Ио

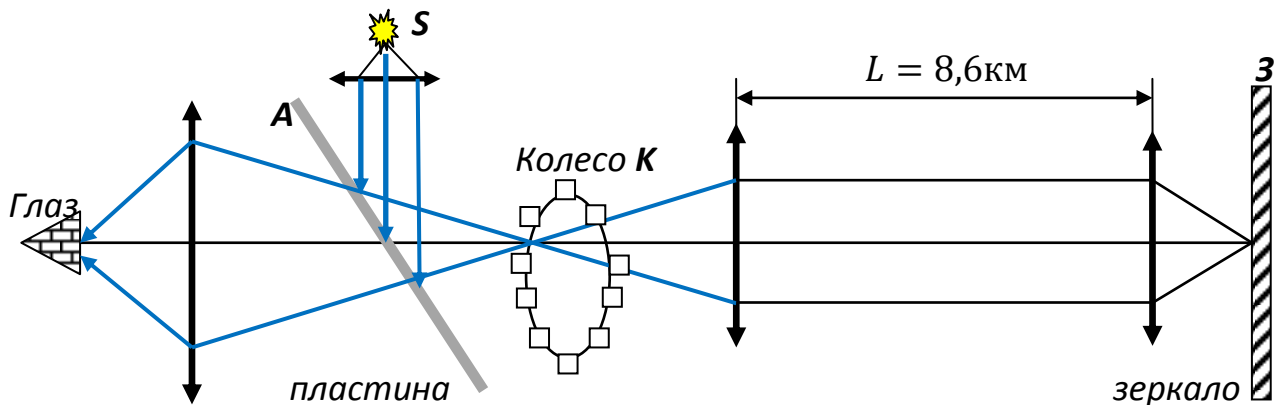
I положение - в тени 42ч.28мин.

II положение - опоздал на 22мин.

$$c = \frac{D}{\Delta t}$$

$c = 215\,000 \text{ км/с}$

2. Метод Физо (франц. 1849г.) – лабораторный метод



$$c = \frac{2zLw}{\pi}$$

z – число оборотов;

L – расстояние между зубчатым колесом и зеркалом;

w – наименьшая угловая скорость вращения колеса, при которой свет не попадает к наблюдателю

$c = 313\,000 \text{ км/с}$

По современным данным скорость света в вакууме равна

$c = 300\,000 \text{ км/с}$

Пояснения к ОК-11.8.34

СКОРОСТЬ СВЕТА

Методы измерения скорости света разделяются на астрономические и лабораторные.

1. Рассмотрим один из астрономических методов - метод Рёмера (*Рёмер датский астроном, который впервые измерил скорость света в 1676 году*). Метод основан на наблюдении промежутков времени между двумя последовательными затмениями спутника Юпитера Ио.

Спутник Ио находился в тени Юпитера 42 часа 28 минут (положение **I** на рисунке). Через 6 месяцев спутник Ио находился в тени на 22 минуты больше (положение **II** на рисунке).

Запаздывание затмения в момент наибольшего удаления Земли от Юпитере по сравнению с моментом наибольшего сближения двух планет связано с тем, что свет, распространяясь с конечной скоростью **c**, проходит за Δt расстояние равное диаметру **D** орбиты Земли ($D = 2,99 \cdot 10^8$ км). Из-за малой точности измерений и неточного знания радиуса орбиты Земли Рёмер получил для скорости света значение 215000 км/с.

2. Рассмотрим один из лабораторных методов измерения скорости света. Впервые это удалось французскому физику И.Физо в 1849 году.

С помощью полупрозрачного зеркала **A** свет от источника **S** направлялся на зубчатое колесо **K**, которое вращалось с числом оборотов **Z** вокруг оси. Пройдя сквозь прорезь между зубьями, свет достигал плоского зеркала **З**.

После отражения от зеркала свет снова попадал на зубчатое колесо и мог либо пройти через него и попасть в глаз, либо задержаться.

Допустим, что зубец и прорезь зубчатого колеса имеют одинаковую ширину и место прорези на колесе занял соседний зубец. Тогда свет перекроется зубцом и в окуляре станет темно. Это наступит при условии, что время прохождения света туда и обратно $t = 2L/c$ окажется равным времени поворота зубчатого колеса на половину прорези.

Скорость света по методу Физо, определяется формулой

$$c = \frac{2Zlw}{\pi}; c = 313\ 000 \text{ км/с}$$

где **Z** - число оборотов,

l - расстояние между зубчатым колесом и зеркалом,

w - наименьшая угловая скорость вращения колеса, при которой свет не попадает к наблюдателю.

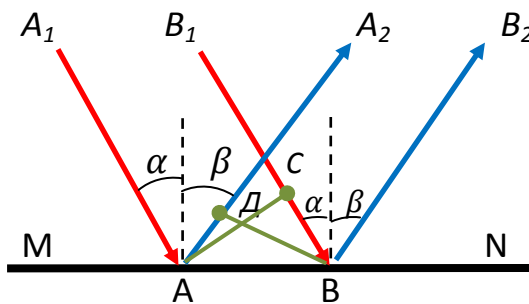
По современным данным скорость света в вакууме равна

$$c = 299\ 792\ 456,2 \text{ м/с}$$

ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

1. Принцип Гюйгенса – каждая точка, до которой дошло возмущение, сама становится источником вторичных волн.

2. Законы отражения света

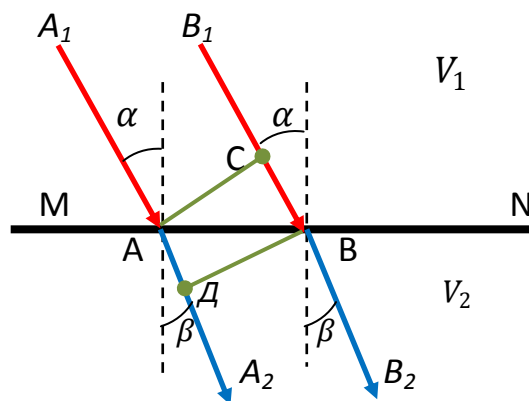


$$AD = V\Delta t = CB$$

ΔADB и ΔACB – прямоугольные
 $\angle DBA = \angle CAB$
 $\angle \alpha = \angle CAB$; $\angle \beta = \angle DBA$

$$\angle \alpha = \angle \beta$$

3. Законы преломления света



$$\Delta t = \frac{CB}{V_1}; \quad AD = V_2\Delta t$$

$\angle \alpha = \angle CAB \Rightarrow CB = V_1\Delta t = AB\sin\alpha$
 $\angle \beta = \angle ABD \Rightarrow AD = V_2\Delta t = AB\sin\beta$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{V_1}{V_2} = n = \frac{n_2}{n_1}$$

$n = \frac{c}{v}$ – абсолютный показатель преломления (показатель преломления отн. вакуума)

Зависит от: скорости света, температуры, плотности, длины волны;

$n = 1$ – вакуум (воздух)

$n_1 = \frac{c}{v_1}$ и $n_2 = \frac{c}{v_2}$ – относительные показатели

$n_{\text{воды}} = 1,33$ – среда оптически менее плотная

$n_{\text{стекла}} = 1,7$ – среда оптически более плотная

Пояснения к ОК-11.8.35

1. Принцип Гюйгенса.

Голландский физик Х.Гюйгенс сформулировал принцип, который оказался пригодным для описания распространения волн любой природы: механических, световых и т.д. Но Гюйгенс сформулировал его первоначально для световых волн.

Каждая точка, до которой дошло возмущение, сама становится источником вторичных волн.

С помощью принципа Гюйгенса можно получить законы отражения и преломления света. В обоих случаях свет рассматривается как плоская волна, т.е. волна, у которой волновые поверхности представляют собой плоскости. А волновая поверхность это множество точек, колеблющихся в одинаковой фазе.

2. Законы отражения света.

На рисунке:

MN - отражающая поверхность,

A₁ A и B₁ B - два луча падающей плоской волны,

AC - волновая поверхность этой волны, причем AC перпендикулярна падающим лучам,

$\angle \alpha$ - угол падения,

A₂ A и B₂ B - отраженные лучи,

DB - волновая поверхность отраженной волны, причем DB перпендикулярна отраженным лучам,

$\angle \beta$ - угол отражения,

AD = VΔt = CB - возбуждение колебаний в точке A начнется раньше, чем в точке B, а в момент, когда волна достигнет точки B, вторичная волна от точки A сместится на расстояние AD.

ΔADB и ΔACB - прямоугольные треугольники, тогда $\angle OBA = \angle CAB$.

$\angle \alpha = \angle CAB$ и $\angle \beta = \angle DBA$, как углы с перпендикулярными сторонами.

Следовательно,

1. Угол падения равен углу отражения ($\angle \alpha = \angle \beta$).

2. Падающий луч, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости.

Эти два утверждения представляют собой законы отражения света.

3. Законы преломления света.

Изменение направления распространения света при прохождении через границу раздела двух сред называется преломлением света.

Законы преломления света были установлены голландским физиком Снеллиусом(1580-1626г.) лишь в первой четверти XVII столетия, т.е. почти

на 2000 лет позднее законов отражения света. Современную форму этих законов установил французский ученый Р.Декарт (1596-1650г.)

Направляя луч света на границу раздела двух сред можно убедиться, что прямой зависимости между углами падения и преломления нет. Но можно установить простую зависимость не для самих углов, а для синусов этих углов.

Получается, что при различных углах падения, отношение синусов угла падения и преломления будет величиной постоянной. Рассмотрим, как это доказывается с помощью принципа Гюйгенса.

На рисунке:

MN - граница раздела двух сред,

A₁ A и B₁ B - два луча падающей плоской волны,

AC - волновая поверхность этой волны, причем AC перпендикулярна падающим лучам,

$\angle\alpha$ - угол падения.

Если скорость света в первой среде равна V_1 , то луч B₁ B достигнет поверхности MN спустя время:

$$\Delta t = \frac{CB}{V_1}$$

В момент времени, когда вторичная волна в т.В только начнет возбуждаться, волна от точки A сместится на расстояние AD, причем

$$AD = V_2 \Delta t,$$

где V_2 - скорость света во второй среде.

A₂ A и B₂ B - преломленные лучи,

DB - поверхность преломленной волны, причем DB перпендикулярна преломленным лучам,

$\angle\beta$ - угол преломления,

$$\angle\alpha = \angle CAB \Rightarrow V_1 \Delta t = AB \sin\alpha \quad (1)$$

$$\angle\beta = \angle ABD \Rightarrow V_2 \Delta t = AB \sin\beta \quad (2)$$

разделим (1) на (2) и получим

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{V_1}{V_2} = n$$

А теперь можно сформулировать законы преломления света:

1. Отношение синуса, угла падения к синусу угла преломления для двух данных сред есть величина постоянная.

2. Луч падающий и луч преломленный лежат в одной плоскости с перпендикуляром к поверхности раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча.

1. Показатель преломления.

Постоянная величина, входящая в закон преломления называется *относительным показателем преломления* или *показателем преломления второй среды относительно первой* (***n***).

Показатель преломления среды относительно вакуума называют *абсолютным показателем преломления этой среды* (***n*₁** или ***n*₂**).

$$n_1 = \frac{c}{V_1} \text{ и } n_2 = \frac{c}{V_2}$$

Относительный показатель преломления связан с абсолютным показателем ***n*₂** второй среды с абсолютным показателем ***n*₁** первой среды соотношением

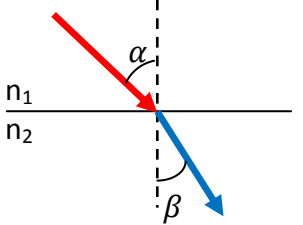
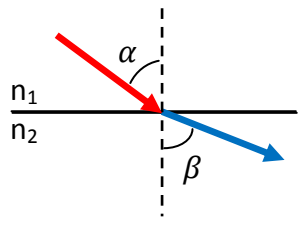
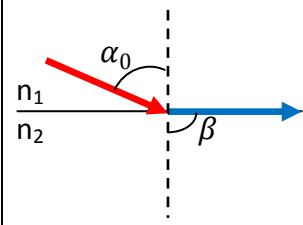
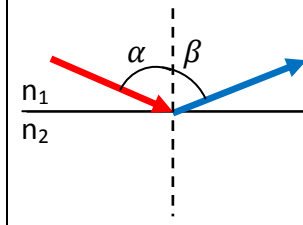
$$n = \frac{n_2}{n_1}$$

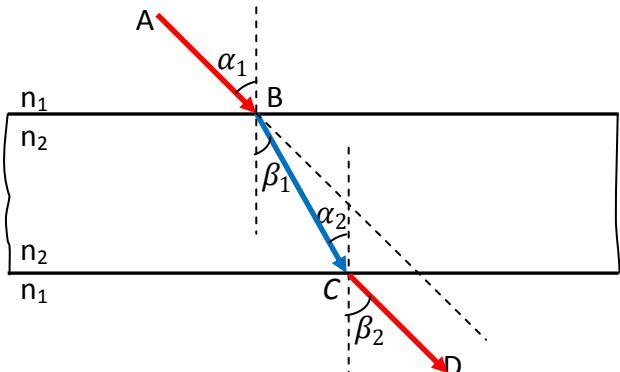
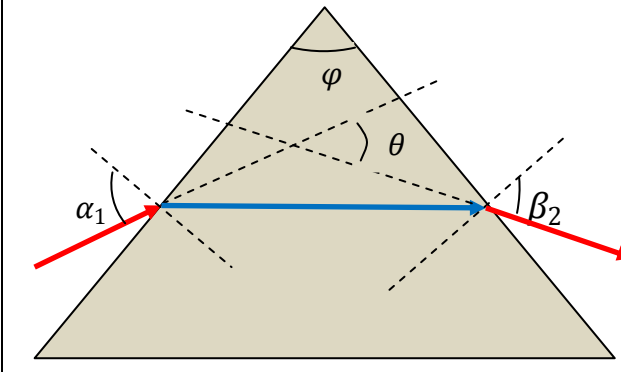
Каждая среда имеет определенный абсолютный показатель преломления. Среда с меньшим абсолютным показателем преломления является *средой оптически менее плотной*. Наименьшей оптической плотностью обладает вакуум.

Из принципа Гюйгенса также следует и физический смысл показателя преломления: *он показывает во сколько раз скорость света в той среде из которой луч выходит больше скорости света в той среде, в которую он входит*.

ПОЛНОЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

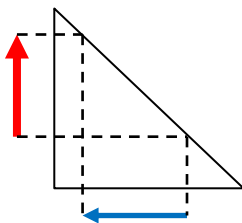
ОК – 11.8.36

$n_1 < n_2$	$n_1 > n_2$	$n_1 > n_2$	$n_1 > n_2$
$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} > 1$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} < 1$	$\beta = 90^\circ$ $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$	$\alpha > \alpha_0$
			
		α_0 -предельный угол	Полное отражение
Например: вода $n=1,33$ - $\alpha_0=49^\circ$; стекло $n=1,5$ - $\alpha_0=42^\circ$			

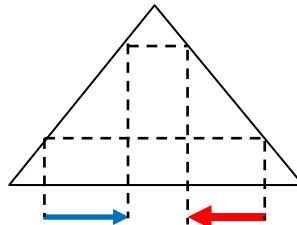
Ход лучей через плоскопараллельную призму	Ход лучей через треугольную призму
	
$\angle \alpha_1 = \angle \beta_2$	$\theta = \alpha_1 + \beta_2 - \varphi$ преломляющий угол призмы
Луч света смещается параллельно своему первоначальному направлению	Луч света отклоняется к основанию призмы

Полное отражение в природе, технике

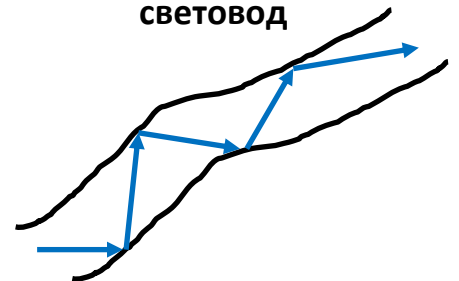
поворотная призма (перископ)



оборотная призма (бинокль)



световод



- подводные растения (пузырьки);
- блеск росы;
- «игра» бриллиантов;
- стакан с водой

Пояснения к ОК-11.8.36

Полное отражение.

Закон преломления света позволяет объяснить интересное и практическое важное явление - *полное отражение света*.

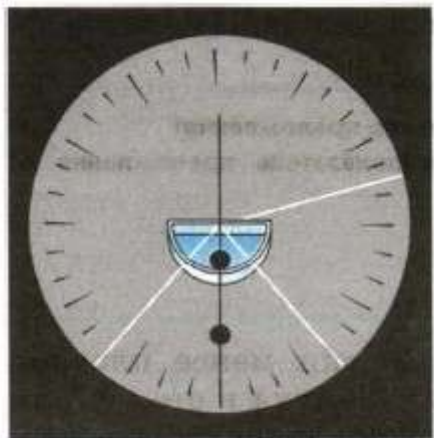
Рассмотрим случай, когда свет проходит из оптически менее плотной среды в более плотную (например, из воздуха в воду).

При уменьшении угла падения преломленный луч будет приближаться к перпендикуляру к границе раздела сред. В этом случае никакого интересного явления мы не наблюдаем.

Но, если направить луч света в обратном направлении, т.е. из оптически более плотной среды в оптически менее плотную, то увеличивая угол падения, увеличивается и угол преломления. Преломленный луч будет приближаться к границе раздела двух сред. Наконец наступит такой момент, когда угол преломления станет равным 90° и преломленный луч пойдет вдоль границы раздела. При дальнейшем увеличении угла падения преломленный луч исчезает и происходит *полное отражение*.

Угол падения (α_0), которому соответствует угол преломления 90° называется *предельным углом падения*.

Зная абсолютный показатель среды, можно рассчитать предельный угол преломления. Например, для воды $n=1,33$, следовательно, $\alpha_0 = 49^\circ$. Для стекла $n=1,5$, следовательно, $\alpha_0 = 42^\circ$.



При проведении опыта с оптической шайбой, мы видим преломленный луч и отраженный. Если увеличивать угол падения, то можно заметить, что яркость (и следовательно, энергия) отраженного пучка усиливается, в то время как яркость (энергия) преломленного пучка падает. Особенно быстро убывает энергия преломленного пучка, когда угол преломления приближается к 90° . Наконец, когда угол падения становится таким, что преломленный пучок идет вдоль границы раздела двух сред (см. рис.), доля отраженной энергии составляет почти 100%. Повернем осветитель, увеличив угол падения до α_0 . Мы увидим, что преломленный пучок исчезнет и весь свет отразится от границы раздела двух сред, т. е. происходит полное отражение света.

Явление полного отражения можно наблюдать вокруг нас, например,

1. воздушные пузырьки на стеблях подводных растений кажутся зеркальными,
2. блеск капель росы,
3. "игра" бриллиантов,
4. если рассматривать воду в стакане снизу сквозь стенку, то поверхность воды кажется блестящей.

Явление полного отражения используется в поворотных призмах для поворота лучей на 90° . Такие призмы применяют в перископах, а также для освещения подвальных помещений.

Существуют также и оборачивающие призмы для поворота изображения на 180° . Такие призмы применяют в полевых биноклях.

Призмы применяют часто вместо зеркал. Они выгодны тем, что их отражающие свойства остаются неизменными, а зеркала от окисления тускнеют.

Явление полного отражения используют в волоконной оптике для передачи света и изображения по пучкам прозрачных гибких волокон - световодов. Для изготовления такого световода складывают вместе большое число тонких стеклянных волокон, обмотав их скрепляющей оболочкой, с меньшим показателем преломления, чем у волокна. Диаметр такого волокна может составлять 1 нм , а число волокон достигает несколько десятков тысяч. За счёт многократного полного отражения свет может быть направлен по любому (прямому или изогнутому) пути. При этом по каждому из волокон передаётся какой-нибудь элемент изображения.

Жгуты из волокон используют в медицине для осмотра внутренних органов. В технике световоды применяются для освещения недоступных мест, а также для передачи сигналов на большие расстояния. По световоду можно передавать информацию - речь, музыку, изображения, информацию от ЭВМ и т.п.

Ход лучей через плоскопараллельную пластину.

Луч света, проходя через пластину, смещается параллельно своему первоначальному направлению.

Если смотреть через толстую прозрачную пластину с параллельными гранями так, чтобы световые лучи проходили через неё не перпендикулярно, то все предметы будут казаться смещёнными.

Пусть луч АВ падает из среды менее плотной в среду более плотную ($n_1 < n_2$) под углом α_1 , тогда в призме он пойдёт в направлении ВС под углом β_1 . На вторую грань он попадёт под углом α_2 . При выходе из призмы луч пойдёт в направлении CD под углом β_2 . При этом, угол β_1 , равен углу α_2 , как накрест лежащие.

Запишем закон преломления для верхней и нижней грани

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{n_2}{n_1} - \text{для верхней грани}, \quad \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2} = \frac{n_1}{n_2} - \text{для нижней грани}$$

Перемножим левые и правые части этих уравнений

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} * \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2} = \frac{n_2}{n_1} * \frac{n_1}{n_2}$$

После сокращений получим

$$\sin \alpha_1 = \sin \beta_2 \Rightarrow \angle \alpha_1 = \angle \beta_2 \Rightarrow AB \parallel CD$$

Ход лучей через трехгранную призму

Широкое применение в оптических приборах имеют прозрачные трехгранные призмы. Грани призмы, проходя через которые лучи света преломляются называются *преломляющими*. Угол между этими гранями называют *преломляющим углом* (φ).

Пусть луч света АВ, падает на одну из граней призмы под углом α_1 . После преломления луч света пойдет в направлении ВС и попадет на вторую грань под углом α_2 . При выходе из призмы луч пойдет в направлении CD по углом β_2 .

Такой ход луча объясняется тем, что при первом преломлении луч входит в оптически более плотную среду ($n_1 < n_2$), а при втором преломлении луч идет из более плотной среды в менее плотную ($n_2 > n_1$).

Следовательно, проходя через трехгранную призму, луч света отклоняется к её утолщенной части.

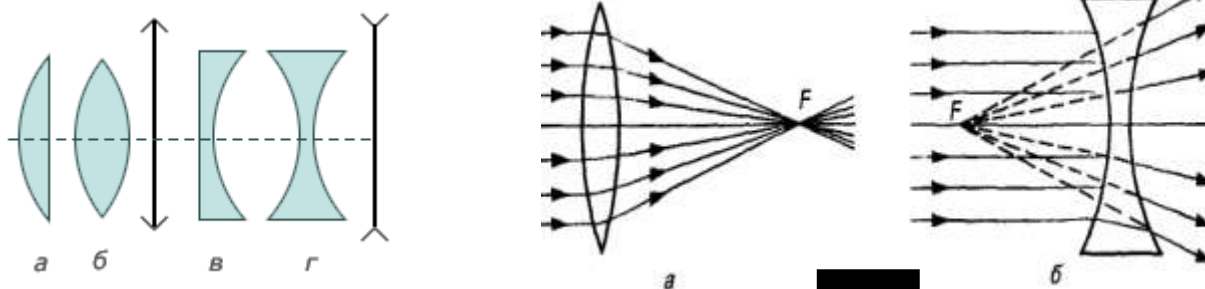
Угол отклонения луча зависит от преломляющего угла призмы, показателя преломления материала призмы и угла падения. Он может быть вычислен с помощью закона преломления, зная, угол падения луча на призму, угол выхода луча из призмы и преломляющий угол призмы

$$\theta = \alpha_1 + \beta_2 - \varphi$$

ОК – 11.8.37

ЛИНЗЫ

– прозрачные тела, ограниченные с двух сторон сферическими поверхностями



а,б – выпуклые – собирающие (**F** – фокус, фокусное расст. «+»)

в,г - вогнутые - рассеивающие (**F** – мнимый фокус, фокусное расст. «-»)

Фокальной плоскостью линзы называется **плоскость, которая проходит через главный фокус и перпендикулярна главной оптической оси линзы**. Все точки этой плоскости, за исключением главного фокуса, называют побочными фокусами линзы.

Оптическая сила (D) – величина, обратная фокусному расстоянию

$$D = \pm \frac{1}{F} - \frac{1}{M}$$

$D > 0$ – линза собирающая

$D < 0$ – линза рассеивающая

1дптр (диоптрия) – оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно **1м**

ФОРМУЛА ТОНКОЙ ЛИНЗЫ

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

$$\Gamma = \frac{H}{h}$$

d – расстояние от предмета до линзы

f - расстояние от линзы до изображения

F – фокусное расстояние линзы

Г – линейное увеличение

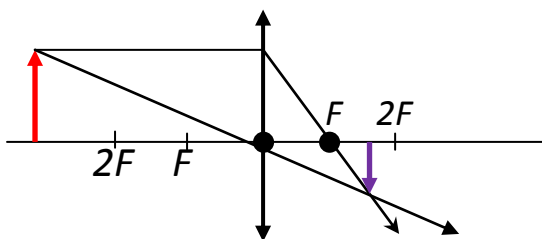
h – высота предмета

H - высота изображения

ОК – 11.8.38

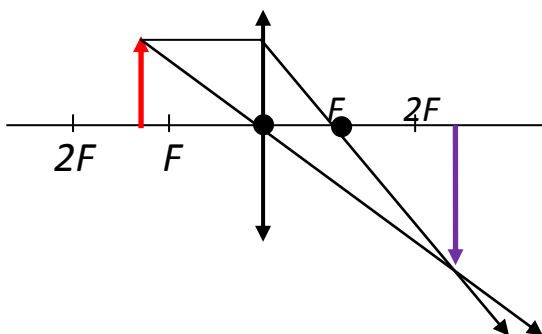
ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЛИНЗЕ

(ПРАВИЛО ТРЁХ ЛУЧЕЙ)



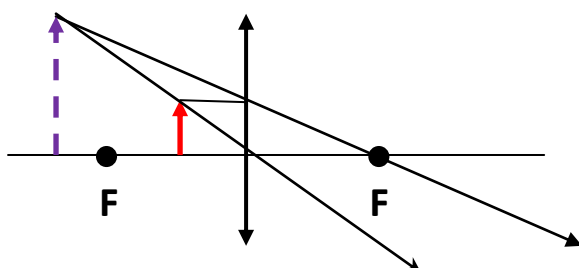
$d > 2F$

действительное
уменьшенное
перевернутое



$F < d < 2F$

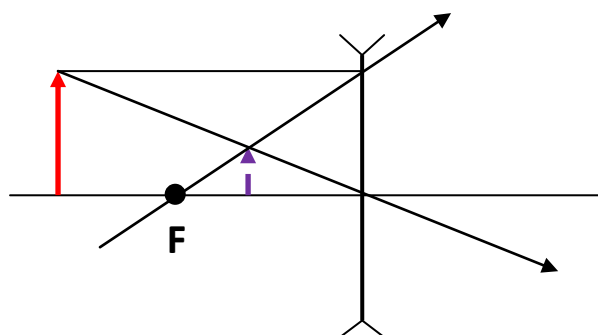
действительное
увеличенное
перевернутое



$d < F$

мнимое
увеличенное
прямое

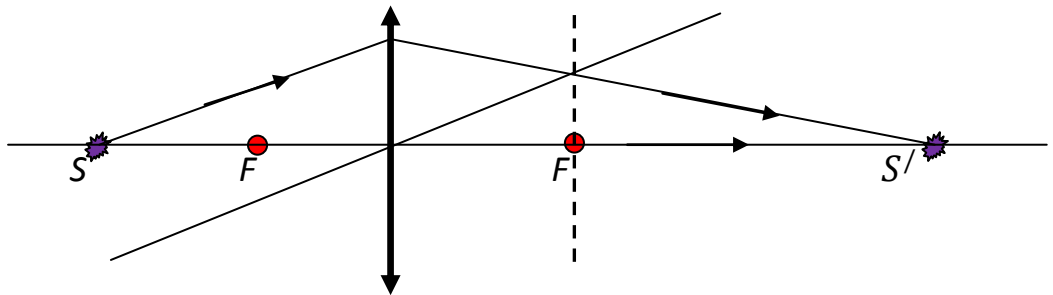
Рассеивающая линза



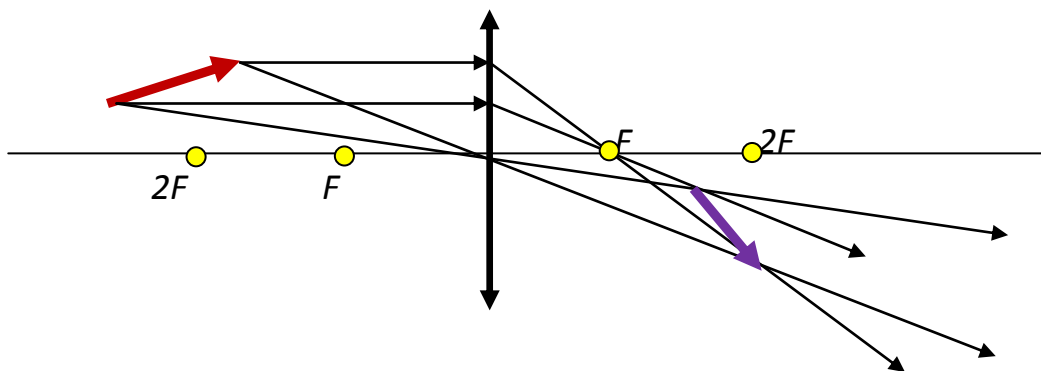
d – любое

мнимое
уменьшенное
прямое

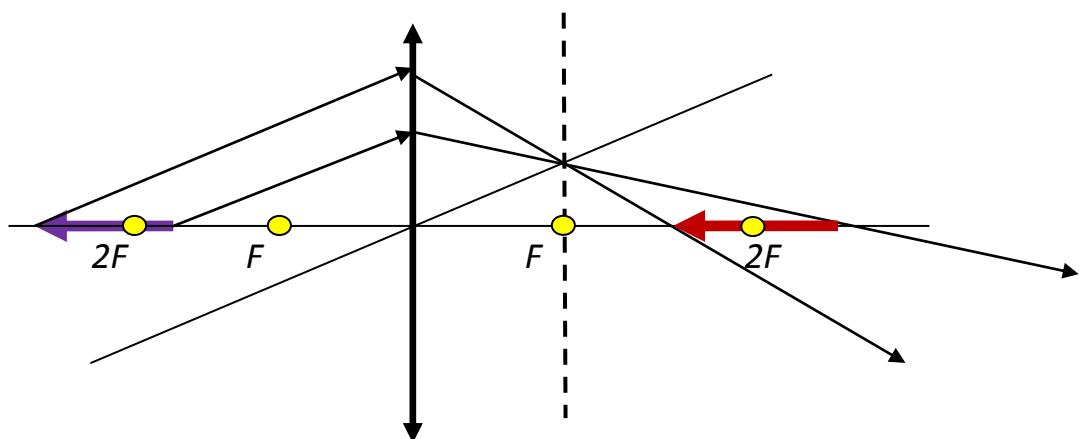
Построение изображения точки, лежащей на главной оптической оси



Построение изображения предмета, лежащего под углом к главной оптической оси



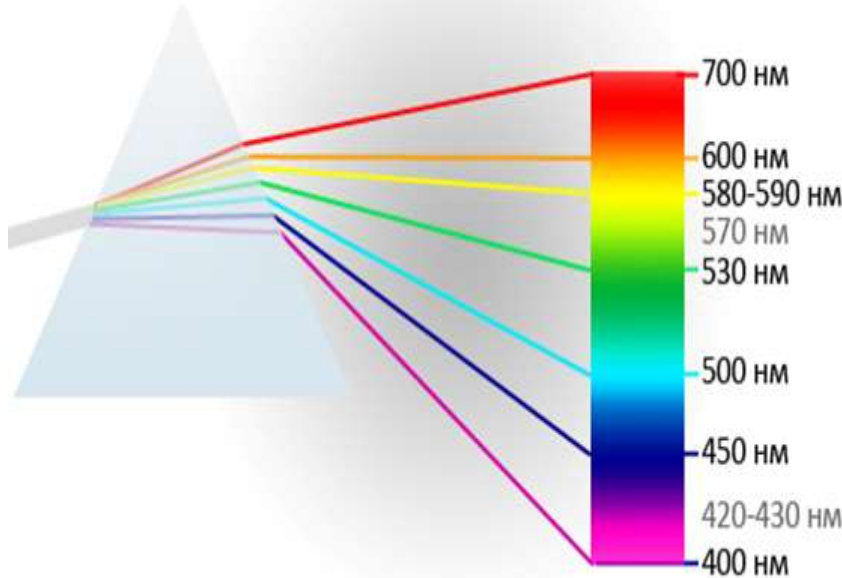
Построение изображения предмета, лежащего на главной оптической оси



ОК – 11.8.39

ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

Опыты Ньютона



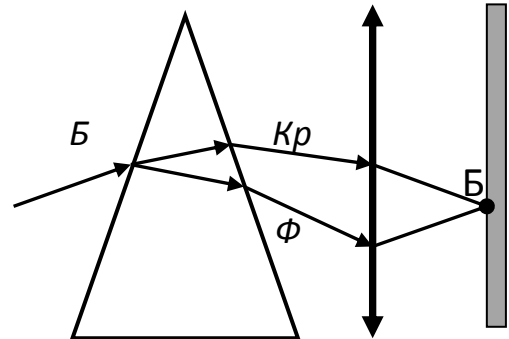
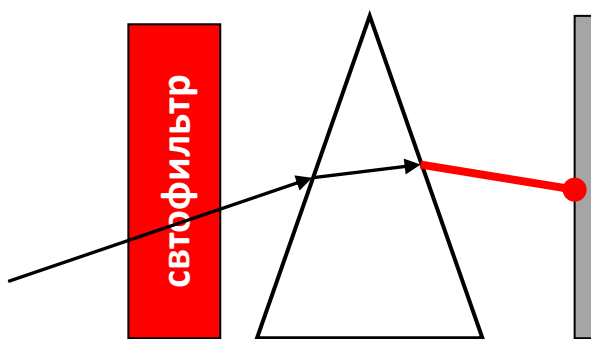
**С
П
Е
К
Т
Р**

**Каждый
Охотник
Желает
Знать
Где
Сидит
Фазан**

1. Призма разлагает белый свет
2. Белый свет – сложный
3. Фиолетовые лучи преломляются сильнее красных
4. Показатель преломления света зависит от его цвета

$$n_{\phi} = \frac{c}{V_{\phi}} = \frac{c}{\lambda_{\phi} \nu_{\phi}}; \quad n_{к} = \frac{c}{V_{к}} = \frac{c}{\lambda_{к} \nu_{к}};$$

Зависимость показателя преломления света от его цвета (длины волны или частоты) называется дисперсией света



Радуга;
Белая бумага?
Красная бумага?
Трава, листья?

ГЛАЗ

Пояснения к ОК-11.8.39

Дисперсия света

Вопрос о причине различной окраски тел занимал ум человека давно. Но вплоть до работ Ньютона в этом вопросе царила полная неопределенность. Считалось, что цвет это свойство самого тела. С давних времен наблюдались радужные цвета радуги и даже было известно, что образование радуги связано с освещением дождевых капель.

В Китае украшения в виде стеклянных призм, дающих радужные блики, принадлежали к числу лучших украшений.

Из опытов Ньютона известно, что пучок света, проходя через трехгранную призму, отклоняется к основанию призмы. Но если это пучок белого света, то после прохождения через призму он не только отклоняется, но и разлагается на цветные пучки.

Ньютон, занимаясь усовершенствованием телескопов, обратил внимание на то, что изображение, даваемое объективом, по краям окрашено. Ньютон заинтересовался этим и провёл очень гениальный и простой опыт.

Установив стеклянную призму в комнате, Ньютон направил пучок солнечного света через маленькое отверстие в ставне. Попадая на призму, он преломлялся и давал на противоположной стене удлинённое изображение с радужным чередованием цветов.

Радужную полоску Ньютон назвал **спектром**.

Далее Ньютон закрыл отверстие в ставне красным стеклом и наблюдал только красное пятно. Затем закрыл синим стеклом и наблюдал синее пятно

Собирая линзой, вышедшие из призмы цветные пучки лучей, Ньютон получил на белом экране вместо окрашенной полосы белое изображение отверстия.

Из всех этих опытов Ньютон сделал следующие выводы:

- 1.призма не изменяет свет, а лишь разлагает его на составные части;
- 2.белый свет является сложным светом, состоящим из цветных лучей,
- 3.световые пучки, отличающиеся по цвету, отличаются по степени преломляемости, наиболее сильно преломляются фиолетовые лучи, меньше других - красные,
- 4.т.к.показатель преломления зависит от скорости света в веществе, то красный свет, который меньше преломляется имеет наибольшую скорость, а фиолетовый - наименьшую скорость, поэтому призма и разлагает свет.

5.зависимость показателя преломления света от его цвета называется дисперсией (разбрасываю)

Согласно волновой теории цвет луча света определяется его длиной волны или частотой колебаний.

Дисперсией называется зависимость показателя преломления среды от частоты световой волны.

Цвет луча аналогичен высоте звукового тона, которая также определяется частотой колебаний. Подобно тому, как мы располагаем звуки в один непрерывный ряд по возрастающей частоте колебаний, точно также можно расположить и световые лучи.

Таким образом, **белый свет-это совокупность волн с длинами от 380 до-750нм.**

цвет	длина волны ,нм
красный	от 620 до 760
оранжевый	– 585 – 620
желтый	– 575 – 585
зеленый	– 510 – 575
голубой	– 480 – 510
синий	– 450 – 480
фиолетовый	– 380 – 450

P.S.

Цвет световой волны зависит от ее частоты, а не от длины волны.

Волны разного цвета могут иметь одинаковые длины волн. Например, длина волны красного луча больше, чем длина волны зеленого луча, но если пропустить красный луч через прозрачную среду с оптической плотностью, большей воздуха, то длины волн станут одинаковыми.

Явление дисперсии света наблюдается не только при прохождении света через призму, но и во многих случаях преломления света. Так например, преломление солнечного света в водяных каплях, образующихся в атмосфере, сопровождается разложением его на цветные лучи; этим объясняется образование **радуги**.

Зная структуру белого света можно объяснить многообразие красок в природе.

1. лист белой бумаги отражает все падающие на него лучи различных цветов,
2. покрывая бумагу слоем красной краски мы не создаем нового цвета, но задерживаем на листе часть имеющего, т.е. отражаются только красные лучи, остальные поглощаются слоем краски.
3. то же самое с травой и с листьями деревьев.

Вне нас нет никаких красок, есть лишь волны разной длины.

Глаз - сложный физический прибор, способный обнаружить различие в цвете, которому соответствует незначительная (10^{-6} см) разница в длине световых волн.

Серый, коричневый, бежевый, розовый и др. – это смесь спектрального цвета с белым цветом. *Чем больше белого, тем менее насыщенный цвет.*

Основные цвета в спектре – красный, зеленый и синий.

- ни один из них нельзя получить при сложении других цветов спектра:

- сложение этих цветов даёт белый цвет;

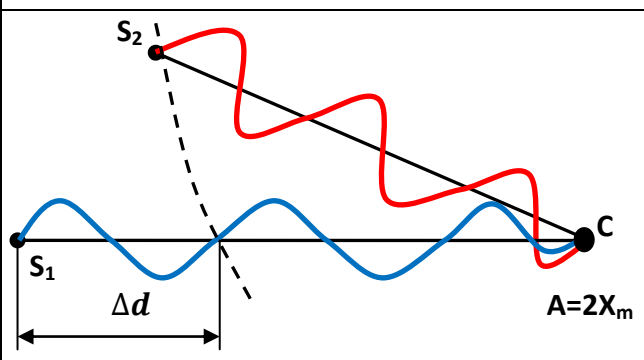
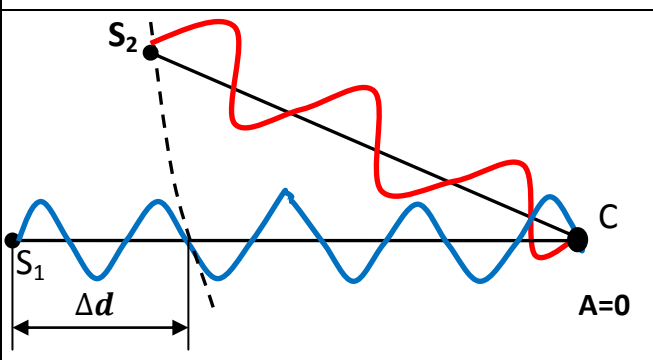
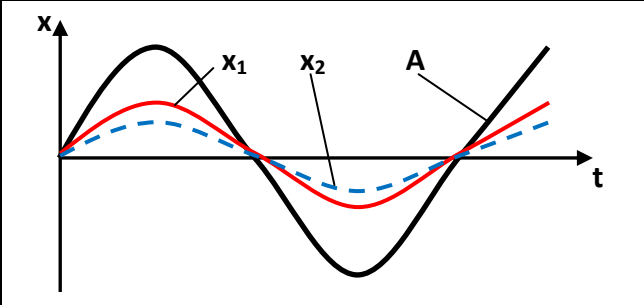
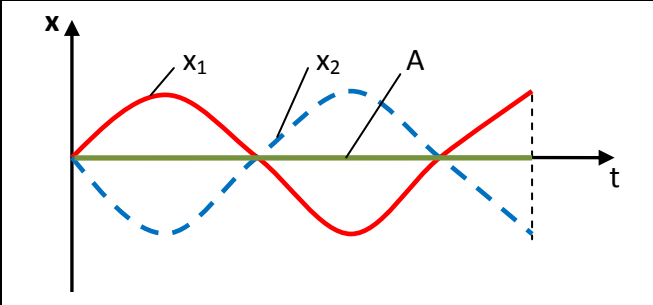
- в зависимости от пропорции, можно получать разные цвета и оттенки.

На сложении красного, зелёного и синего основаны цветное кино, цветное телевидение, цветная фотография.

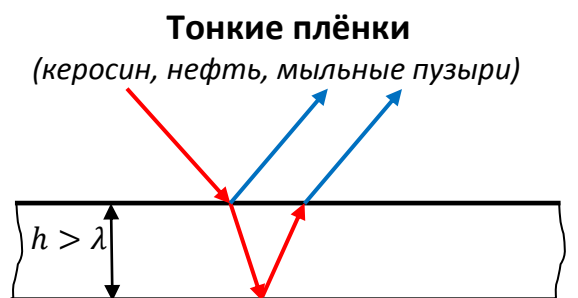
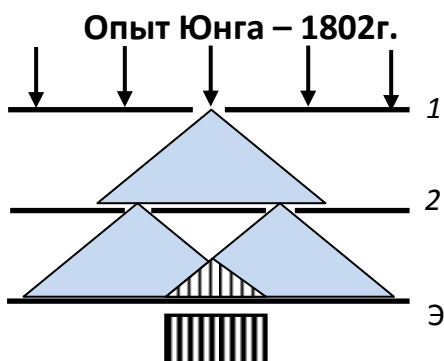
ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН

-явление наложения когерентных волн

ОК – 11.8.40

Условие max	Условие min
	
	
<p>S_1 и S_2 – источники света когерентны (имеют одинаковую частоту и разность фаз колебаний)</p>	<p>A – амплитуда результирующего смещения</p>
$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$	$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$
<p>Δd – разность хода;</p>	<p>$k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$</p>

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА



$$\Delta d_{max} = \frac{l}{d} 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad \text{и} \quad \Delta d_{min} = \frac{l}{d} (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

Впервые измерены длины световых волн!

Применение интерференции

- интерферометры;
- «просветление» оптики ($n_{пл} < n_{ст}$ – просветление; $n_{пл} > n_{ст}$ – отражение)

Пояснения к ОК-11.8.40

1. Интерференция волн.

Каждому волновому процессу присуще такое явление как *интерференция*. Допустим, что имеется два источника синусоидальных волн \mathbf{S}_1 и \mathbf{S}_2 , которые создают колебания в $\mathbf{m.C}$, расположенную от источников на расстоянии \mathbf{d}_1 и \mathbf{d}_2 . Колебания источников совпадают по фазе и имеют одинаковые амплитуды и частоты. Найдем результирующее смещение точки под действием дошедших до нее волн. Амплитуда результирующего смещения в $\mathbf{m.C}$ зависит от разности расстояний $\mathbf{d}_2 - \mathbf{d}_1$, которую называют *разностью хода*.

Возможны два случая:**1.случай: (условие максимумов)**

разность хода волн равна целому числу волн или, что одно и то же, четному числу полуволн. $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

где Δd – разность хода; $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$

На первом рисунке показан случай, когда разность хода равна $2 \frac{\lambda}{2}$, но он аналогичен случаям $4 \frac{\lambda}{2}, 6 \frac{\lambda}{2}, 8 \frac{\lambda}{2}, \dots, 2k \frac{\lambda}{2}$.

Во всех случаях волны от источников \mathbf{S}_1 и \mathbf{S}_2 придут в т.С в одинаковых фазах и усилят друг друга. Амплитуда результирующего смещения в т.С будет равна удвоенной амплитуде $\mathbf{A} = 2\mathbf{x}_m$.

2.случай: (условие минимумов)

разность хода волн равна нецелому числу волн или, что одно и то же, нечетному числу полуволн. $\mathbf{d} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$

На втором рисунке показан случай, когда разность хода равна $3 \frac{\lambda}{2}$, но он аналогичен случаям $5 \frac{\lambda}{2}, 7 \frac{\lambda}{2}, 9 \frac{\lambda}{2}, \dots, 2(k + 1) \frac{\lambda}{2}$.

Во всех случаях волны от источников \mathbf{S}_1 и \mathbf{S}_2 придут в т. С в противофазах и погасят друг друга. Амплитуда результирующего смещения в т.С будет равна нулю $\mathbf{A} = \mathbf{O}$.

Такие явления называют **интерференцией волн**. А саму картину - интерференционной.

Для образования устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы источники волн имели одинаковую частоту и разность фаз их колебаний была постоянной.

Источники, удовлетворяющие этим условиям, называют когерентными.

Волны, созданные такими источниками тоже называются когерентными. Если разность фаз колебаний источников не остается постоянной, то в любой точке среды разность фаз колебаний, будет меняться. Поэтому амплитуда результирующих колебаний с течением времени изменяется. В результате максимумы и минимумы перемещаются в пространстве и интерференционная картина размывается.

Интерференцией называется явление наложения двух (или нескольких) когерентных волн.

2.Интерференция света.

Опыт Юнга.

В 1802г. английский физик Томас Юнг поставил опыт, в котором наблюдалась интерференция света.

Опыт проходил в хорошо затемненной комнате. Свет от Солнца падал на ширму **1**, в которой сделано отверстие **А**. Свет от освещенной щели падал на ширму **2**, в которой сделаны две узкие щели **В** и **С**. Так как щели **В** и **С** расположены симметрично щели **А**, то свет от щели **А** до них доходит одновременно, поэтому щели **В** и **С** являются *когерентными источниками света*. От них свет падал на экран **Э**, на котором была видна следующая картина: края экрана, слабо освещены, а в середине - где пучки накладывались друг на друга, наблюдалось чередование нескольких светлых и темных полос, что свидетельствовало об интерференции света.

Светлые полосы получились в тех точках, где волны наложились таким образом, что они усилили друг друга.

Темные полосы получились в результате ослабления волн в данной точке.

Таким образом, опыт Юнга говорит о том, что свет обладает *волновыми свойствами*.

Если в опыте Юнга использовать монохроматический свет, то действительно мы увидим чередование светлых и темных полос.

Но если использовать белый свет, который является *немонохроматичным* (он содержит электромагнитные волны разной длины), то в области максимумов мы увидим радужные полосы. Это объясняется тем, что разность хода зависит от длины волны.

P.S. Интерференционная картина (расположение max и min) зависит от Δd

$$\Delta d_{max} = \frac{l}{d} 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad \text{и} \quad \Delta d_{min} = \frac{l}{d} (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

где l – расстояние от источников до экрана, а d – расстояние между источниками.

Тонкие пленки.

Юнг также смог объяснить интерференционную картину в тонких пленках, например керосина, нефти, мыльных пузырей.

Толщина слоя h такой пленки должна быть больше длины световой **волны λ** . Пусть монохроматический свет падает на тонкую пленку. Тогда одна из волн (1) будет отражается от наружной поверхности пленки, а вторая (2) – от внутренней. При этом происходит сложение волн, вследствие которого наблюдается картина усиления или ослабления результирующих световых колебаний. Глаз сводит вместе волны 1 и 2 на сетчатке.

Когерентность волн, отраженных от наружной и внутренней поверхностей пленки, обеспечивается тем, что они являются частями одного и того светового пучка.

Тонкие пленки керосина, нефти, мыльных пузырей могут принимать и радужную окраску, если использовать белый свет, который не является монохроматичным.

В своих опытах Юнг впервые измерил (причем достаточно точно) длину световой волны: для фиолетовой части спектра она оказалась равной 420нм, для красного света-700нм.

3. Применение интерференции.

Явление интерференции наблюдается в окружающей нас жизни и применяется в технике. Существуют специальные приборы-интерферометры, которые предназначены для измерения длины световой волны, определения показателя преломления газов, для оценки качества обработки поверхностей металлов и других изделий.

Одним из применений является создание "просветленной" оптики.

Отполированная поверхность стекла отражает примерно 4% падающего на неё света. Современные оптические приборы состоят из большого числа стеклянных деталей. Проходя через каждую деталь свет ослабляется. Общие потери света в объективе фотоаппарата составляют примерно 25%, а в призмённом бинокле и микроскопе 50% и т.д.

Для уменьшения световых потерь в оптических приборах все стеклянные детали, через которые проходит свет, покрывают пленкой, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла. В результате в отраженном свете возникает интерференционный минимум, а в проходящем свете возникает интерференционный максимум, т.е. через стеклянную деталь пройдет больше света. Таким образом, оптика "просветляется".

Если обратить внимание на хорошие объективы фотоаппаратов, видеокамер и т.п., то можно увидеть как они "переливаются" сине-фиолетовой окраской.

Гашение отраженных волн не означает, что световая энергия не поступает в объектив. Наоборот, это означает, что весь свет проходит сквозь объектив.

Но можно поступить и наоборот, т.е. на стеклянную поверхность нанести пленку с показателем преломления большим показателя преломления стекла. Тогда такая поверхность будет хорошо отражать падающие на нее световые лучи, подобно зеркалу.

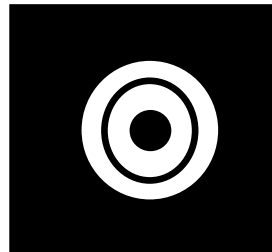
ОК – 11.8.41

ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

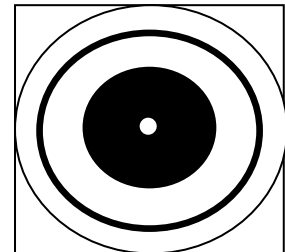
- отклонение световых лучей от прямолинейного распространения при прохождении узких щелей, малых отверстий и огибании малых препятствий.



проволока



отверстие

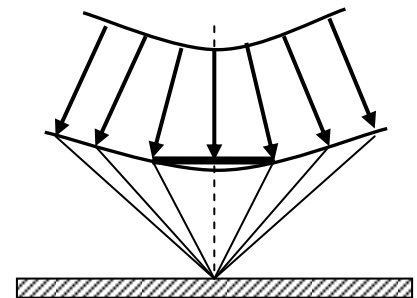


экран

$d < \lambda$ - главное условие дифракции

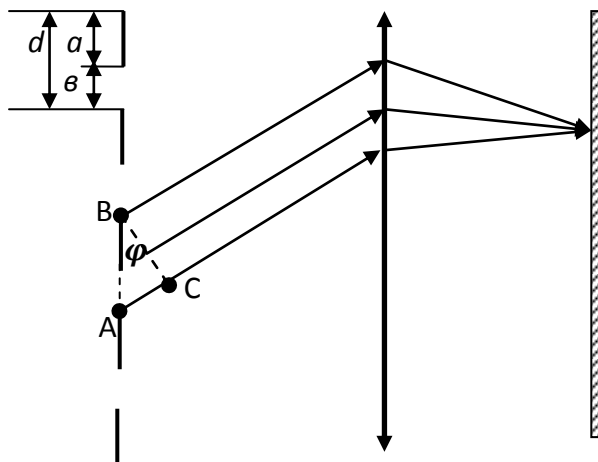
Принцип Гюйгенса-Френеля:

все вторичные источники, расположенные на поверхности фронта волны, когерентные между собой. Амплитуда и фаза волны в любой точке пространства – это результат интерференции волн, излучаемых вторичными источниками.



- законы геометрической оптики ограничены,
- разрешающая способность микроскопов, телескопов –ограничена.

Дифракционная решётка – оптический прибор для измерения λ



$d = a + b$ – период решётки

$AC = AB \sin \varphi = d \sin \varphi$

$d = AC = k\lambda$ – условие **max**

$d \sin \varphi = k\lambda$

k – порядок спектра

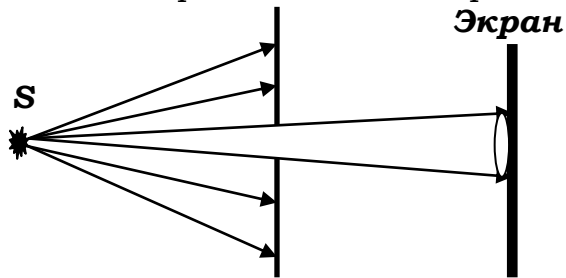
Точность λ - чем ближе щели и чем больше штрихов

Пояснения к ОК-11.8.41

1. Дифракция света.

Одним из доказательств волновых свойств света является *дифракция*, т.е. отклонение световых лучей от прямолинейного распространения при прохождении узких щелей, малых отверстий и огибание малых препятствий.

По законам геометрической оптики свет, идущий от небольшого источника через круглое отверстие должен на экране дать резко ограниченное светлое изображение отверстия на темном фоне.



Но если расстояние от отверстия до экрана в несколько тысяч раз превосходит размеры отверстия, то удастся наблюдать сложную картину, которая состоит из совокупности светлых и темных концентрических колец. Таким образом, для наблюдения дифракции необходимо применить очень малое отверстие или расположить экран на большом расстоянии от отверстия

Аналогичную картину можно наблюдать, если свет направить на тонкую проволочку, тогда вместо тени от проволочки можно увидеть группу светлых и темных полос, причем в центре мы увидим светлую полосу.

Такой сложный характер картины можно объяснить тем, что свет уклоняется от прямых линий, загибаясь у краев и давая ряд светлых и темных областей.

Появление чередующихся светлых и темных колец или полос французский физик Френель объяснил тем, что световые волны, приходящие в результате дифракции из разных точек в одну точку на экране, интерферируют между собой.

Для белого света наблюдается радужная полоска.

Качественное объяснение явления дифракции можно дать на основе принципа Гюйгенса. Но этот принцип имеет характер геометрического правила. Френель заимствовал из принципа Гюйгенса представление о вторичных волнах, применил к ним законы интерференции и дополнил принцип следующими положениями:

1. вторичные волны, исходящие от точек одного и того же волнового фронта (фронт волны - это множество точек, до которых дошло колебание к данному моменту времени), когерентны, т.к. все точки фронта колеблются с одной и той же частотой и в одинаковой фазе.

2. вторичные волны являясь когерентными, интерферируют.

Явление дифракции накладывает ограничения на применение законов геометрической оптики.

Закон прямолинейного распространения света и другие законы геометрической оптики выполняются достаточно точно лишь в том случае, если размеры препятствий много больше длины световой волны.

Дифракция накладывает предел на возможность различения предмета или очень мелких предметов при наблюдении их через микроскоп, т.к. свет огибает эти предметы и изображение получается "размытым".

Дифракция налагает предел на разрешающую способность телескопа. Вследствие дифракции волн у края оправы объектива изображением звезды будет не точка, а система темных и светлых колец.

2. Дифракционная решетка.

На явлении дифракции основано устройство оптического прибора - дифракционной решетки.

Дифракционная решетка это совокупность большого числа очень узких щелей, разделенных непрозрачными промежутками. Решетка изготавливается с помощью специальной делительной машины. Число штрихов может достигать до нескольких тысяч.

Обозначим ширину непрозрачных щелей - a , а ширину прозрачных промежутков - b , тогда $a + b = d$, где d - период решетки. Пусть на решетку падает плоская монохроматическая волна с длиной волны λ . Вторичные источники в щелях создают световые волны, распространяющиеся по всем направлениям.

За решеткой помещается собирающая линза, в фокальной которой расположен экран, на котором будет наблюдаться система максимумов и минимумов, полученных в результате интерференции света от различных щелей.

Найдем условие, при котором идущие от щелей волны усиливают друг друга. Для этого рассмотрим волны, распространяющиеся под углом φ . Разность хода между волнами от краев соседних щелей равна длине отрезка AC . Если на этом отрезке укладывается целое число длин волн, то волны от всех щелей будут усиливать друг друга.

Из треугольника ABC можно найти длину катета AC

$$AC = AB \sin \varphi = d \sin \varphi$$

$$AC = k\lambda - \text{условие максимума}$$

$$d \sin \lambda = k\lambda - \text{формула дифракционной решётки}$$

При использовании белого света все максимумы (кроме, центрального) имеют радужную окраску. Радужную полосу, состоящую из семи цветов, называют *дифракционным спектром*. Число k определяет номер дифракционного спектра.

Чем ближе расположены щели решетки, тем дальше друг от друга находятся дифракционные спектры, что увеличивает точность измерения длины волны.

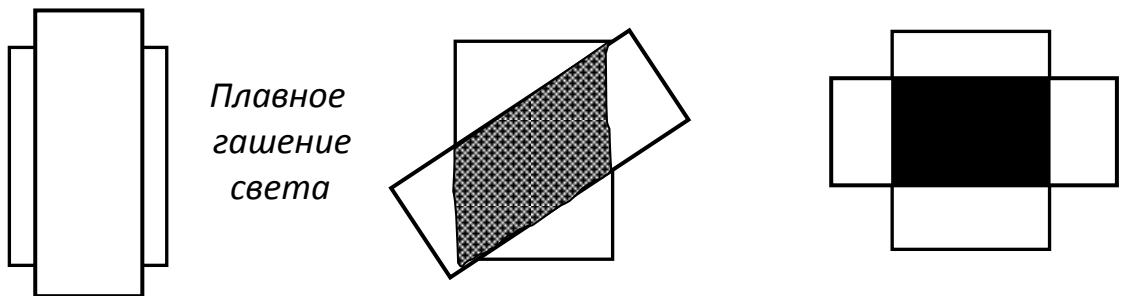
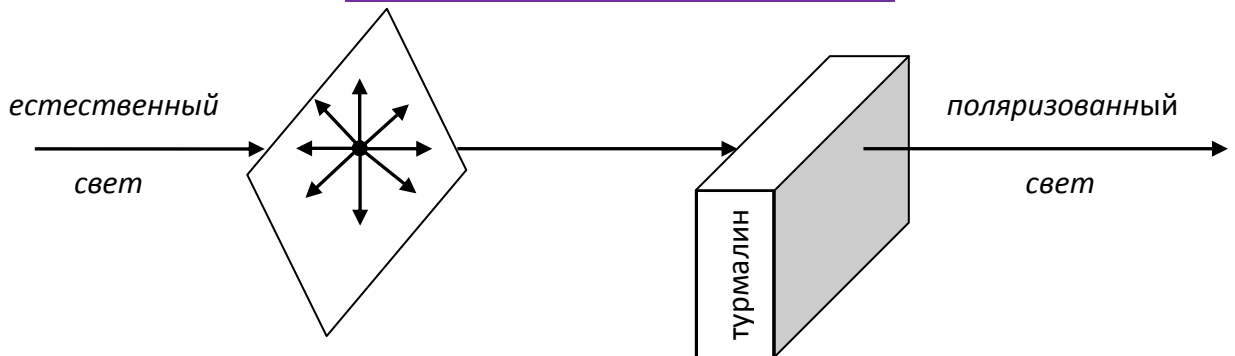
Чем больше штрихов нанесено на решетке, тем меньше на экране ширина каждой линии, поэтому максимумы видны в виде отдельных линий, т.е. больше разрешающая сила решетки.

ОК – 11.8.42

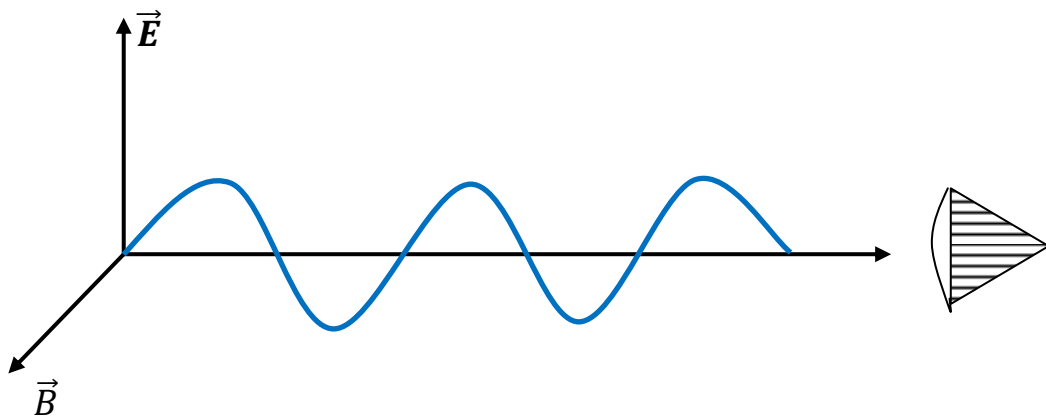
ПОЛЯРИЗАЦИЯ ВОЛН



ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА



СВЕТ – поперечная волна



Пояснения к ОК-11.8.42

1. Поляризация волн.

Явления дифракции и интерференции наблюдаются как при распространении продольных, так и поперечных. Но поперечные волны обладают одним свойством, которым не обладают продольные волны, - свойством поляризации. *Поляризованной волной* называется такая поперечная волна, в которой колебания всех частиц происходят в одной плоскости. Такую волну можно получить с помощью резинового шнура, если на пути следования такой волны поставить преграду с узкой щелью. Щель пропускает только колебания шнура, происходящие вдоль неё. Если далее на пути поставить вторую щель, повернутую на 90° , то волновой процесс останавливается.

Устройство, выделяющее из множества колебаний колебания, происходящие в одной плоскости (первая щель) называется **поляризатором**.

Устройство, позволяющее определить плоскость поляризации (вторая щель) называется **анализатором**.

2. Поляризация света.

Явления интерференции и дифракции не оставляют сомнений в том, что распространяющийся свет обладает свойствами волн. Но каких волн - поперечных или продольных?

Длительное время основатели волновой оптики Юнг и Френель считали световые волны продольными, т.е. подобными звуковым волнам.

Но постепенно собралось много фактов, которые нельзя объяснить, считая свет продольными волнами.

Френель в конце концов вынужден был признать поперечность световых волн несмотря на то, что это казалось странным.

Опыт с турмалином это один из многочисленных опытов, доказывающих поперечность световых волн. Кристалл турмалина это прозрачный кристалл зеленой окраски имеет ось симметрии и принадлежит к одноосным кристаллам.

Если направить на пластину турмалина пучок света, то вращение пластины вокруг пучка никакого изменения интенсивности света, прошедшего через неё не вызовет. На самом деле световая волна приобрела новые свойства.

Эти свойства обнаруживаются, если пучок заставить пройти через второй точно такой кристалл турмалина. При одинаково направленных осях кристаллов ничего интересного не происходит: просто световой пучок ослабляется за счет поглощения во втором кристалле. Но если второй кристалл вращать, оставляя первый неподвижным, то обнаруживается гашение света.

Объяснить данное явление можно, если сделать два предположения:

1. Свет - поперечная волна. Но в падающем от обычного источника пучке света присутствуют колебания всевозможных направлений, перпендикулярных направлению распространения волн.

Световая волна с колебаниями по всем направлениям, перпендикулярным направлению распространения называется **естественной**.

2. Кристалл турмалина обладает способностью пропускать световые волны с колебаниями, лежащими в одной определенной плоскости. Такой свет называют **поляризованным**. Это значит, что из первого кристалла выходит поляризованная волна, а второй кристалл является анализатором.

Итак, если свет это электромагнитная волна, то в естественном свете колебания напряженности электрического поля и магнитной индукции происходят по всем направлениям, перпендикулярным направлению распространения волны, а если свет поляризован, то колебания напряженности и индукции происходят только в двух плоскостях.

Когда говорилось о направлении световой волны, то имелось в виду направление вектора напряженности электрического поля, т.к. доказано, что на сетчатку глаза действует именно электрическое поле световой волны.

3. Применение поляризованного света.

Во многих случаях приходится плавно регулировать освещение того или иного объекта.

Поляриды используют для гашения зеркально отраженных бликов, например при фотографировании картин, стеклянных и фарфоровых изделий. Свет бликов частично поляризован. Если поместить поляриод между источником света и отражающей поверхностью, то блики можно совсем погасить.

Поляриды можно использовать для устранения слепящего действия фар встречных машин.

Повторим теорию!**СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

1. Как развивались взгляды на природу света? В чём сущность корпускулярно-волнового дуализма?
2. Расскажите о методе Рёмера по измерению скорости света?
3. Расскажите о методе Физо по измерению скорости света?
4. Чему равна скорость света по современным данным в вакууме?
5. В чём заключается принцип Гюйгенса?
6. Сформулируйте законы отражения света?
7. Сформулируйте законы преломления света?
8. В чём заключается физический смысл относительного показателя преломления?
9. При каких условиях возникает полное отражение света? Что называется предельным углом падения?
10. Где можно наблюдать явление полного отражения света? Где используется явление полного отражения?
11. С помощью рисунка покажите ход лучей через плоскопараллельную призму.
12. С помощью рисунка покажите ход лучей через треугольную призму.
13. Что называют линзами?
14. Какие линзы называют собирающими? рассеивающими?
15. Что называется фокусом линзы? В каком случае фокус действительный, а в каком – мнимый? Что называют фокусным расстоянием?
16. Что называют оптической силой линзы? В каком случае оптическая сила линзы положительна, а в каком отрицательна? В каких единицах измеряется оптическая сила линзы?
17. Напишите формулу тонкой собирающей линзы. Какой вид имеет эта формула для рассеивающей линзы?
18. Начертите и объясните все случаи построения изображения в собирающей линзе?
19. Начертите и объясните все случаи построения изображений для рассеивающей линзы?
20. Что называют дисперсией света? Какие цвета, и в какой последовательности наблюдаются в спектре белого света?
21. В каких пределах длин волн заключены длины волн видимого света?
22. Какой свет называют монохроматическим?
23. Почему белый свет, проходя сквозь призму, разлагается в цветной спектр?
24. Для фиолетового или для красного света будет больше показатель преломления вещества?
25. Какой свет будет распространяться в веществе призмы (из стекла) с большей скоростью?
26. Что произойдёт при соединении всех световых лучей спектра?
27. Как объяснить разнообразие красок в природе?
28. Что называют интерференцией волн? При каких условиях происходит это явление?
29. Какие волны называют когерентными?
30. Что называют разностью хода волн?
31. Сформулируйте и запишите условия образования максимумов и минимумов при наложении когерентных волн.

32. Что называют интерференцией света? При каких условиях её наблюдают?
33. Сделав рисунок, опишите опыт Юнга.
34. Сделав рисунок, объясните интерференцию света в тонких плёнках.
35. Приведите примеры практического применения интерференции света. В чём заключается «просветление» оптики?
36. Что называют дифракцией света?
37. При каких обязательных условиях проявляется дифракция света?
38. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
39. Опишите дифракционные картины, полученные от тонкой проволоочки, круглого отверстия, круглого экрана.
40. Назначение дифракционной решётки. Как она устроена? Что называют периодом решётки?
41. Какой формулой выражают условия образования дифракционных максимумов?
42. Как выглядит дифракционная картина, полученная с помощью дифракционной решётки?
43. Что представляет собой естественный свет?
44. В чём сущность явления поляризации волн? Каким волнам оно свойственно?
45. Каким свойством обладает кристалл турмалина? Опишите схему опыта прохождения света через одну и через две турмалиновые пластины.
46. Приведите примеры практического применения поляризации света.