

**ПРЕЗЕНТАЦИЯ** Краткого конспекта по ВИК № 1  
**Тема 1 – Фотометрия и светотехника** (58 стр.)

(разделы учебника по ВИК

Клюев В.В., Соснин Ф.Р. Визуальный и измерительный контроль. М. РОНКТД, 1998.236 с.)

Содержание:

1. Основные понятия энергии излучения и светового потока.
2. Световые величины.
3. Освещенность и её законы.
4. Явления оптики.
5. Светотехнические явления.

На страницах:

4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 26, 27, 29, 31, 34, 35, 38, 39, 40, 44, 45, 47, 51, 53 и 57  
приведены контрольные тестовые вопросы, в порядке изложенного материала,  
которые часто используются при проверке знаний на общем экзамене  
при аттестации по ВИК на второй уровень квалификации.

**Тренируйте свою память!**

## 1. Основные понятия энергии излучения и светового потока.

Визуальный контроль является одним из видов Оптического метода НК и это единственный вид НК, который может выполняться и часто выполняется без какого-либо оборудования и проводится с использованием простейших измерительных средств.

Этот вид контроля отличается от других видов НК границами спектральной области **электромагнитного излучения** (**видимое излучение или свет**), используемого для получения информации об объекте контроля (ОК).

**Излучение** это перенос энергии в виде электромагнитных волн (или лучей).

**Электромагнитное излучение** - это электромагнитные волны, свободно распространяющиеся в пространстве и ничем не связанные с источником, образовавшим эти волны.

**Электромагнитные волны** – это возмущения электромагнитного поля (***взаимосвязанных электрического и магнитного полей***), распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью.

В свободном пространстве (в вакууме) **эти волны являются поперечными** и их скорость распространения  $C \approx 3 \cdot 10^{10}$  см/сек.

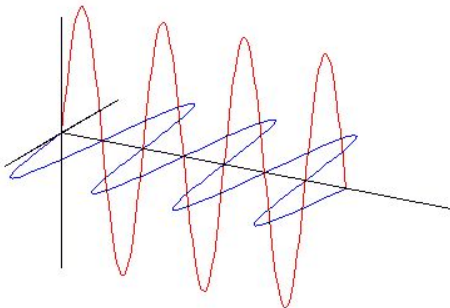
Характерной особенностью электромагнитного излучения является **корпускулярно-волновой дуализм**, т.е. **электромагнитное излучение, распространяется в виде фотонов**.

**Фотон** - это квант поля электромагнитного излучения (**элементарная частица материи**), обладающая нулевой массой покоя, энергией  $e = h \cdot \nu$  и скоростью  $C$ , который участвует только в электромагнитных взаимодействиях, (где  $h = 6,62491 \cdot 10^{-34}$  Дж·с - постоянная Планка;  $\nu$  - частота излучения).

**Корпускулярно-волновой дуализм** (или **квантово-волновой дуализм**) — свойство природы, состоящее в том, что материальные микроскопические объекты могут при одних условиях проявлять свойства классических волн, а при других — свойства классических частиц.

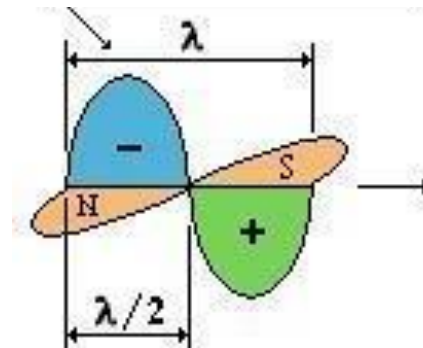
**Т.е. свет может одновременно проявлять свойства и частиц, и волны.**

**Электромагнитная волна**



и

**элементарный фотон**



## Контрольные вопросы в порядке изложенного материала:

### **1. Свет обладает:**

А - корпускулярными свойствами;

В - волновыми свойствами;

С - варианты А и В;

Д - ни А, ни В.

### **2. Элементарная частица, обладающая нулевой массой покоя и имеющая длину волны в диапазоне $10^{-9} \dots 10^{-3}$ м, называется:**

А – квантом рентгеновского излучения;

В – фотоном оптического излучения;

С – квантом гамма-излучения;

Д – фононом электромагнитного излучения.

### **3. Элементарная частица оптического излучения называется:**

А - электроном;

В - фотоном;

С - гамма-квантом;

Д - фононом.

### **4. Корпускулярные свойства фотона определяются его:**

А – частотой;

В – массой;

С – импульсом;

Д - варианты В и С.

### **5. Волновые свойства фотона описываются:**

А – частотой;

В - длиной волны;

С – массой;

Д - варианты А и В.

Оптическое излучение (или свет) – это электромагнитное излучение с длиной волны от 0,001 мкм до 1000 мкм ( $10^{-9} \dots 10^{-3}$  м), в котором принято выделять: ультрафиолетовую (УФ), видимую и инфракрасную (ИК) области спектра с длинами волн соответственно:

- 0,001 ... 0,38; 0,38...0,78 и -0,78... 1000 мкм.

**Инфракрасное излучение**

$$\lambda = 1 \text{ мм} \text{ — } 780 \text{ нм}$$

**Видимое излучение**

$$\lambda = 780 \text{ — } 380 \text{ нм}$$

**Ультрафиолетовое**

$$\lambda = 380 \text{ — } 10 \text{ нм}$$

**6. Ультрафиолетовое излучение имеет длины волн монохроматических составляющих в пределах:**

- А - 1 – 400 нм;
- В - 760 – 1000 нм;
- С - 400 – 760 нм;
- Д - 1 – 1000 нм

**7. Инфракрасное излучение имеет длины волн монохроматических составляющих в пределах:**

- А - 1 – 400 нм;
- В - 760 – 1000 нм;
- С - 400 – 760 нм;
- Д - 1 – 1000 нм.

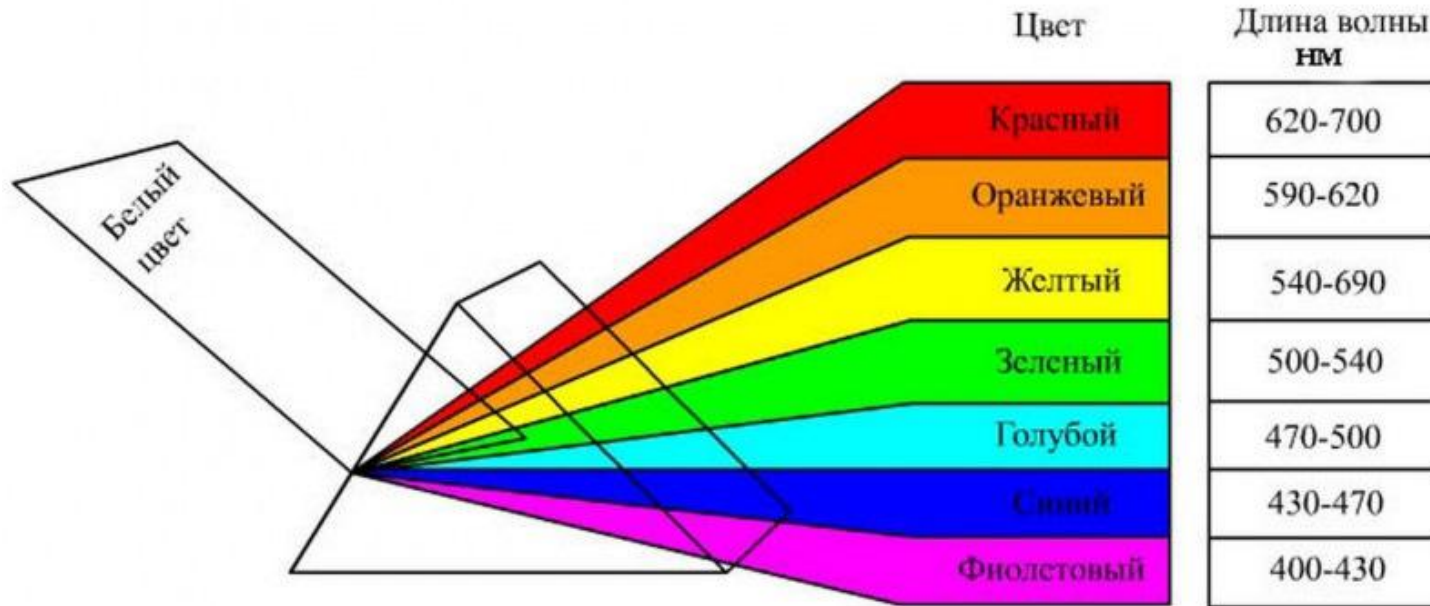
**8. Оптическое излучение имеет длины волн монохроматических составляющих в пределах:**

- А - 1 – 400 нм;
- В - 760 – 1000 нм;
- С - 400 – 760 нм;
- Д - 1 – 1000 нм.

**9. Видимое излучение имеет длины волн монохроматических составляющих в пределах:**

- А - 1...400 нм;
- В - 760...1000 нм;
- С - 400...760 нм;
- Д - 1...1000 нм.

При прохождении белого света через призму происходит разложение его на цветовые составляющие (как цвета радуги – **ка**ждый **охотник** **желает** **знать** **где** **сидит** **фазан**) :



**11. При изменении цвета света от зеленого к красному длина волны света:**

- А - увеличивается;
- В - уменьшается;
- С - остается неизменной;
- Д - все перечисленное неверно.

**12. Электромагнитные волны оптического излучения распространяются в свободном пространстве со скоростью:**

- А -  $1 \cdot 10^{10}$  см/с;
- В -  $2 \cdot 10^{10}$  см/с;
- С -  $3 \cdot 10^{10}$  см/с;
- Д -  $4 \cdot 10^{10}$  см/с.

**Монохроматическое излучение** – это излучение, характеризующееся одним значением частоты (или длины волны  $\lambda$  )

В более широком смысле - **это совокупность фотонов обладающих практически одинаковой частотой или длиной волны.**

**Сложное излучение** - излучение, состоящее из совокупности монохроматических излучений разных частот.

**Непрерывное оптическое излучение** - оптическое излучение, существующее почти в любой момент времени.

**Импульсное оптическое излучение** - оптическое излучение, существующее в интервале времени  $t$ , меньшем времени наблюдения.

**13. Оптическое излучение, по физической природе, может быть следующего вида:**

А - тепловое;

В - непрерывное;

С - люминесцентное;

Д - варианты А и С.

**14. Оптическое излучение может быть (найти ошибку в ответах):**

А – монохроматическим;

В – сложным;

С – инфракрасным и ультрафиолетовым;

Д – нет ошибки в ответах.

**Когерентность** (от лат. *cohaerens* — «находящийся в связи») — в физике согласованность нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.

Колебания когерентны, если разность их фаз постоянна во времени, и при сложении колебаний получается колебание той же частоты.

Классический пример двух когерентных колебаний — это два синусоидальных колебания одинаковой частоты.

*Когерентные волны - волны с одинаковой частотой, постоянной разностью фаз, колебания векторов напряженности которых происходят в одной плоскости*

• УСЛОВИЕ КОГЕРЕНТНОСТИ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА:

$$\nu_1 = \nu_2, \Delta\varphi = const$$

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ:

- От нескольких независимых источников света высокой степени монохроматичности (лазеров)
  - Разделение светового потока лучи от одного источника на несколько независимых
- *Монохроматичная волна – волна одной определенной и строго постоянной частоты.*

**26. Когерентные волны — это волны:**

А - с постоянной разностью фаз;

В - с одинаковой интенсивностью;

С - с одинаковой частотой;

Д - «А» и «С».



## 2. Световые величины

Оптическое излучение характеризуется тремя видами физических величин:

- энергетические фотометрические величины (индекс  $e$ );
- фотонные фотометрические величины (индекс  $p$ );
- редуцированные фотометрические величины или **световые** (индекс  $\gamma$ ).

Энергетические и фотонные фотометрические величины в оптике используются редко.

**16. Физические величины, характеризующие оптическое излучение по его воздействию на заданный селективный приемник, называются:**

- А – световыми;
- В – энергетическими;
- С – редуцированными;
- Д – варианты А и С.

**17. К энергетическим величинам оптического излучения относится (найти ошибку в ответах):**

- А – поток излучения;
- В – сила излучения;
- С – облученность;
- Д – световая энергия.

**18. К световым величинам оптического излучения относится (найти ошибку в ответах):**

- А – поток излучения;
- В – сила света;
- С – освещенность;
- Д – световая энергия.

## Световые величины (редуцированные)

Поток лучистой энергии, протекающий через площадку за единицу времени, по физическим законам оценивается в обычных единицах мощности, например, в **ваттах**.

Однако для восприятия и использования световой энергии на практике исключительно важную роль играет глаз. Поэтому наряду с энергетической оценкой света **чаще всего пользуются оценкой, основанной на непосредственном световом восприятии глаза**.

Поток лучистой энергии, оцениваемый по зрительному ощущению, называется **световым потоком**.

**Основной характеристикой ОИ** является **поток излучения** (мощность светового потока – энергетическая величина)

$$\Phi = dQ/dt, \text{ где } Q - \text{ энергия, Дж; } t - \text{ время, с.}$$

Размерность и единица **светового потока**:

$$[\Phi_v] = 1 \text{ кд} \cdot \text{рад} \text{ (кандела-радиан)}.$$

**За единицу светового потока принят люмен (обозначается лм).**

**Люмен** равен световому потоку, испускаемому **точечным источником** внутри единичного **телесного угла** (т. е. угла в 1 стерадиан) при силе света 1 кандела.

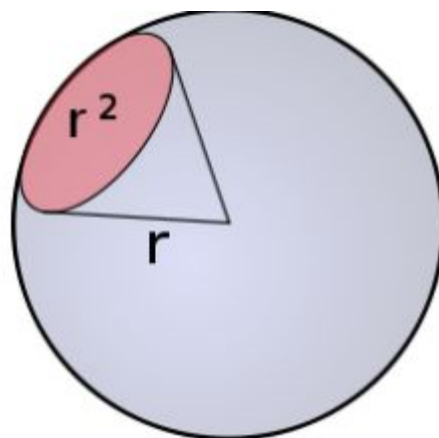
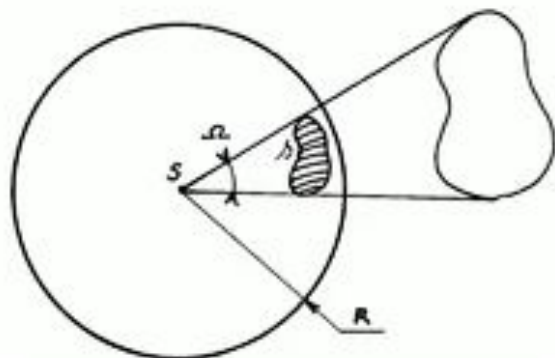
**20. Единицей светового потока называется:**

- А - люмен;
- В - кандела;
- С - люкс;
- Д - люкс × секунда.

Во многих случаях действие света изучается на расстояниях, настолько превышающих радиус светящегося шарообразного источника света, что размеры этого источника можно не учитывать. Тогда считается, что излучение света происходит как бы из одной точки – центра светящегося шара. В этом случае источник света называется - **точечным источником**.

**Телесный угол** – это часть пространства, которая объединяет все лучи, выходящие из данной точки (*вершины угла*) и пересекающих некоторую поверхность (которая называется поверхностью, *стягивающей* данный телесный угол). Частными случаями телесного угла являются трёхгранные и многогранные углы. Границей телесного угла является некоторая коническая поверхность.

Телесный угол измеряется отношением площади той части сферы с центром в вершине угла, которая вырезается этим телесным углом, к квадрату радиуса сферы:



Телесный угол

$$\Omega = \frac{S}{R^2}.$$

Телесные углы измеряются отвлечёнными (безразмерными) числами. Единицей измерения телесного угла в системе СИ является стерадиан, равный телесному углу, вырезающему из сферы единичного радиуса поверхность с площадью в 1 квадратную единицу.

Для работающего за письменным столом важен тот поток, который освещает стол или даже часть стола, тетрадь или книгу, т. е. поток, приходящийся на некоторую площадь.

В соответствии с этим установлены два вспомогательных понятия - **сила света ( $I_v$ )** и **освещенность ( $E_v$ )**.

**Сила света характеризует свечение источника видимого излучения в некотором направлении.** Источником, дающим силу света  $I_v = 1$ , вначале условились считать пламя свечи, изготовленной строго стандартным образом.

За единицей силы света сохранилось название свечи (обозначается **св**).

**$[I_v] = 1$  кд (кандела).**

**Кандела** - это сила света в данном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  **$540 \cdot 10^{12}$  Гц** энергетическая сила света которого в том направлении составляет  **$1,683$  Вт на стерадиан (Ср).**

**19. Единицей силы света называется:**

- А - люмен;
- В - кандела;
- С - люкс;
- Д - люкс × секунда.

**23. Световой монохроматический поток при длине волны 555 нм, равный 683 лм, эквивалентен:**

- А - 1 Вт
- В - 1 лк
- С - 1 Дж
- Д - нет такой эквивалентности.

**30. Световой поток, испускаемый точечным источником света в телесном угле 1Ср при силе света 1 Кд, равен:**

- А - 1,683 Вт/Ср
- В - 1 лк
- С - 1 лм
- Д - нет ответа на вопрос

31. При длине волны света 550 нм монохроматический лучистый поток 1 Вт эквивалентен световому потоку:

- А - 433 лм,
- В - 683 лм,
- С - 874 лм
- Д - 1008 лм.

Интенсивность света – термин, который объединяет в себе световой поток, яркость, силу света, цветовую температуру и т.д. При этом каждую величину можно вычислить отдельно.

**Интенсивность  
излучения:**

$$[J] = \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$$

За единицу интенсивности света принимают такую интенсивность при которой условное сечение пространства площадью  $1\text{ м}^2$  пересекает световой поток, равный  $1\text{ лм}$

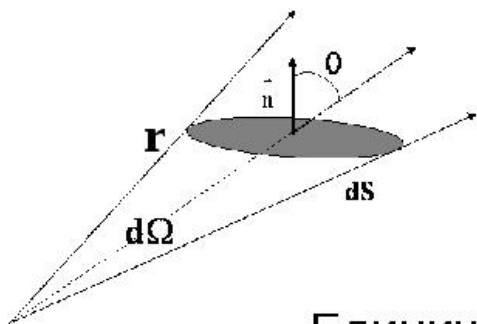
24. Укажите размерность интенсивности светового потока в системе СИ:

- А - Лм/м<sup>2</sup>
- В - Кд/м<sup>2</sup>
- С - Лк на рад
- Д - Лк в сек

### 3. Освещенность и её законы.

**3 Освещенность** – световой поток, падающий на элемент поверхности, характеризуется величиной:

$$E = \frac{d\Phi_{\text{пад}}}{dS}$$



Освещенность  $E$  связывает световой поток с площадью той поверхности, на которую этот поток падает.

Единица освещенности **1 люкс**

$$(1\text{лк}) = 1\text{лм}/1\text{м}^2.$$

Освещенность можно выразить через силу света:

$$d\Phi_{\text{пад}} = I \cdot d\Omega \quad \leftarrow \quad d\Omega = \frac{dS \cdot \cos \Theta}{r^2}$$

$$E = \frac{I \cdot \cos \Theta}{r^2}$$



Освещенность  $E$ .

**21. Единицей освещенности называется:**

- А - люмен;
- В - кандела;
- С - люкс;
- Д - люкс × секунда.

**Освещенность  $E_v$**  в точке поверхности **это величина светового потока, рассчитанная на единицу площади**, т. е. отношение светового потока  $d\Phi_v$ , падающего на элемент поверхности, к площади  $dA$  этого элемента:

$$E_v = d\Phi_v/dA.$$

Размерность и единица освещенности:

$[E_v] = 1 \text{ лм}/\text{м}^2$ . Эта единица освещенности называется люкс (лк).

**Люкс равен освещенности поверхности площадью  $1 \text{ м}^2$  при падающем на нее световом потоке  $1 \text{ лм}$ .**

Освещенность в 1 лк получается на поверхности сферы радиуса в 1 м, если в центре сферы помещен точечный источник света в одну свечу.

Примеры значения освещенностей:

*освещенность под прямыми солнечными лучами в полдень – 100 000 лк,*

*на рабочем столе для письма - 200лк,*

*необходимая для чтения - 50 лк,*

*от полной Луны - 0,2 лк.*

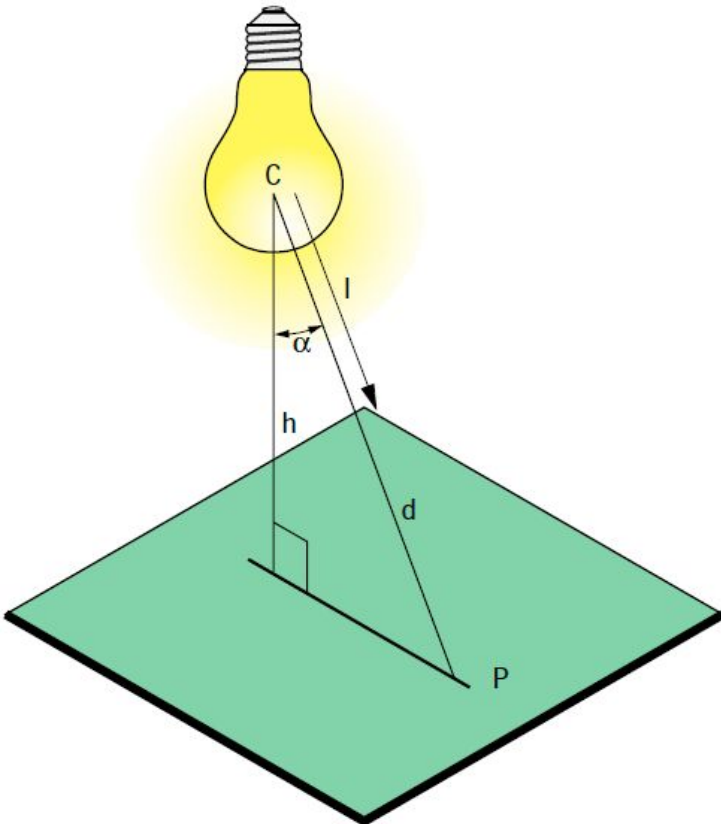
На рисунке показан простой пример расчета освещенности в помещении на рабочем месте.

Закон освещенности – закон обратных квадратов.

$$E_1/E_2 = R_2^2/R_1^2$$

Освещенность поверхности, создаваемая точечным источником, прямо пропорциональна силе света источника, косинусу угла падения лучей и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до поверхности.

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha$$



Для точечного источника

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$
 - закон обратных квадратов:

Освещенность, создаваемая точечным источником, обратно пропорциональна квадрату расстояния до него и прямо пропорциональна косинусу угла между направлением падающих лучей и нормалью к освещаемой поверхности.

32. Определить освещенность, созданную электролампой силой света 400 св, на горизонтальной поверхности стола, в центре, при радиусах 1,0 и 2,0 м от центра, если лампа подвешена над центром стола на высоте 2 м от его поверхности: (считать лампу точечным источником)

А - 150 лк, 70 лк, 40 лк;

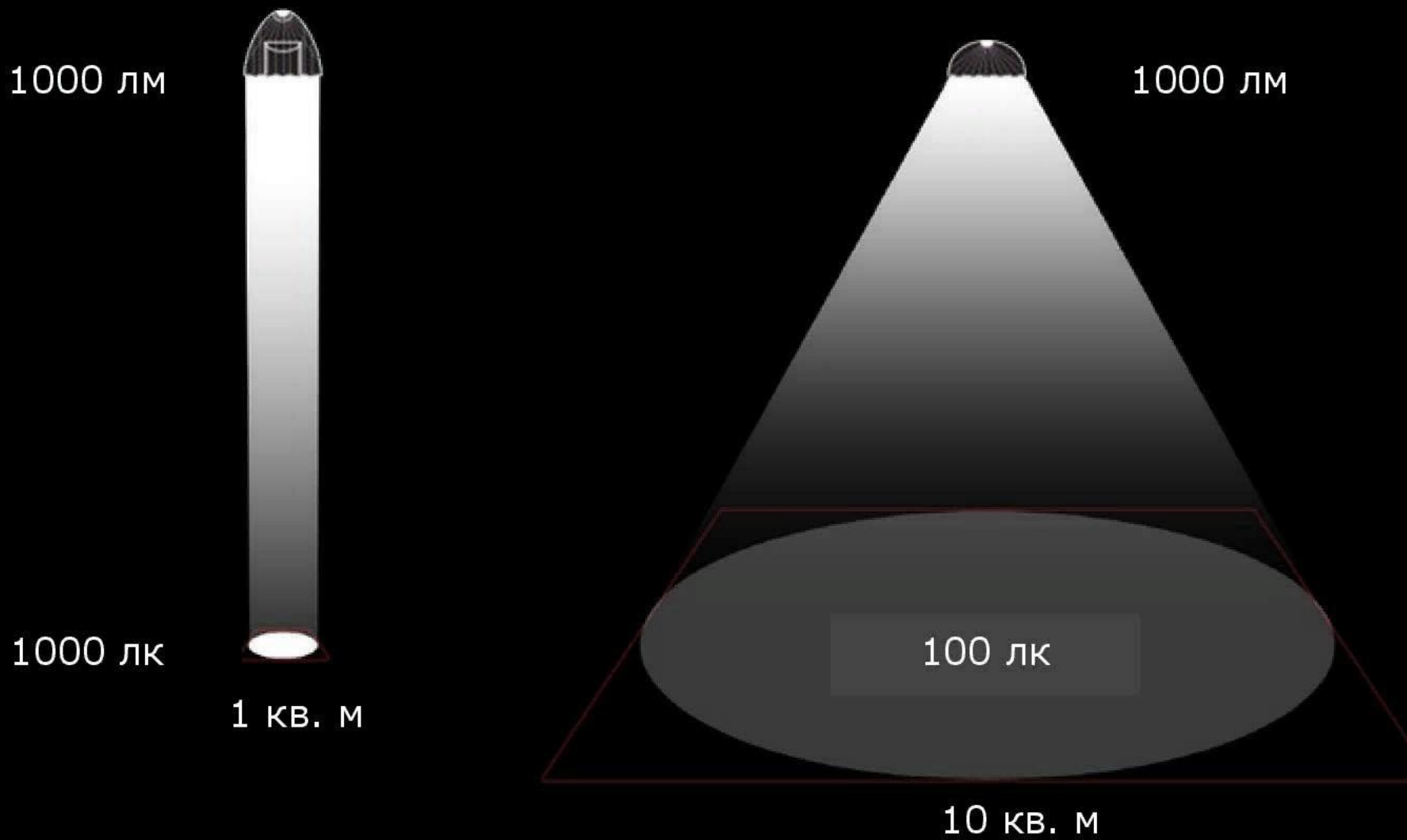
В - 100 лк, 70 лк, 35 лк;

С - 80 лк, 60 лк, 30 лк;

Д - 100 лк, 90 лк, 70 лк.



# Люмены и люксы



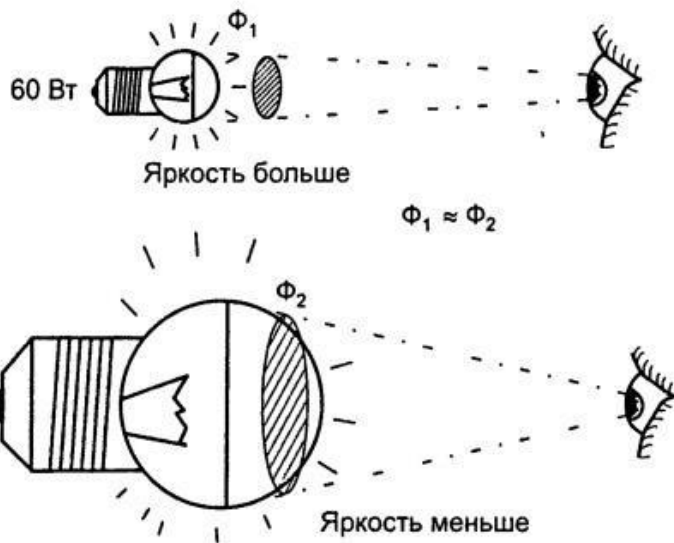
**Яркость  $L_v$  (В)** в точке поверхности и в данном направлении - отношение силы света  $I_v$  элемента поверхности к площади  $dA$ . Размерность и единица яркости:  $[L_v] = 1 \text{ кд/м}^2$ .

Кандела на квадратный метр равна яркости светящейся поверхности площадью  $1 \text{ м}^2$  при силе света  $1 \text{ кд}$ . Ранее эта единица яркости называлась **нит**.  $1 \text{ нит} = 1 \text{ кд/м}^2$

**Яркость - это та световая величина, на которую непосредственно реагирует глаз.**

**Нит - это яркость светящейся площадки, дающей силу света в одну свечу с каждого квадратного метра в направлении, перпендикулярном к площадке.**

Источники света с большой яркостью (**свыше 160 000 нит**) **вызывают болезненное ощущение в глазу.**



Для того, чтобы глаз не подвергался действию яркого света источника, можно колбу лампочки накаливания сделать из матового стекла или прикрыть арматурой в виде молочного шара, чтобы излучаемый ею световой поток исходил с большей поверхности.

Благодаря этому яркость падает, тогда как световой поток практически не изменяется и, следовательно, освещенность создаваемая лампой, также остается неизменной.

**25. Укажите размерность яркости в системе СИ:**

А - Лм/м<sup>2</sup>

В - Кд/м<sup>2</sup>

С - Лк на рад

Д - Лк в сек

**Светимость** - световая величина, представляющая собой световой поток излучения, испускаемого с малого участка светящейся поверхности единичной площади.

$$[M] = \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$$

За единицу светимости принимают светимость такой поверхности, которая излучает с  $1\text{м}^2$  световой поток, равный  $1\text{лм}$ .

Светимость

$$R = \frac{\Phi}{S},$$

где  $\Phi$  – световой поток,  
 $S$  – площадь светящейся  
поверхности.

**33. Определить в лм/м<sup>2</sup> светимость светлой матовой поверхности объекта контроля площадью 240 см<sup>2</sup> отражающей 30 % падающего на него светового потока 80 лм:**

- А - 1000;
- В - 2000;
- С - 3000;
- Д - 4000.

**Световая экспозиция** – это величина энергии, приходящейся на единицу площади за некоторое время (освещенность, накопленная за время от  $t_1$  до  $t_2$ ):  
Часто используется при фотографировании объектов.

$$H = \int_{t_1}^{t_2} E(t) dt$$

**22. Единицей световой экспозиции называется:**

- А - люмен;
- В - кандела;
- С - люкс;
- Д - люкс × секунда.

## Блеск

Для протяженного источника характеристика, воспринимаемая глазом – яркость.

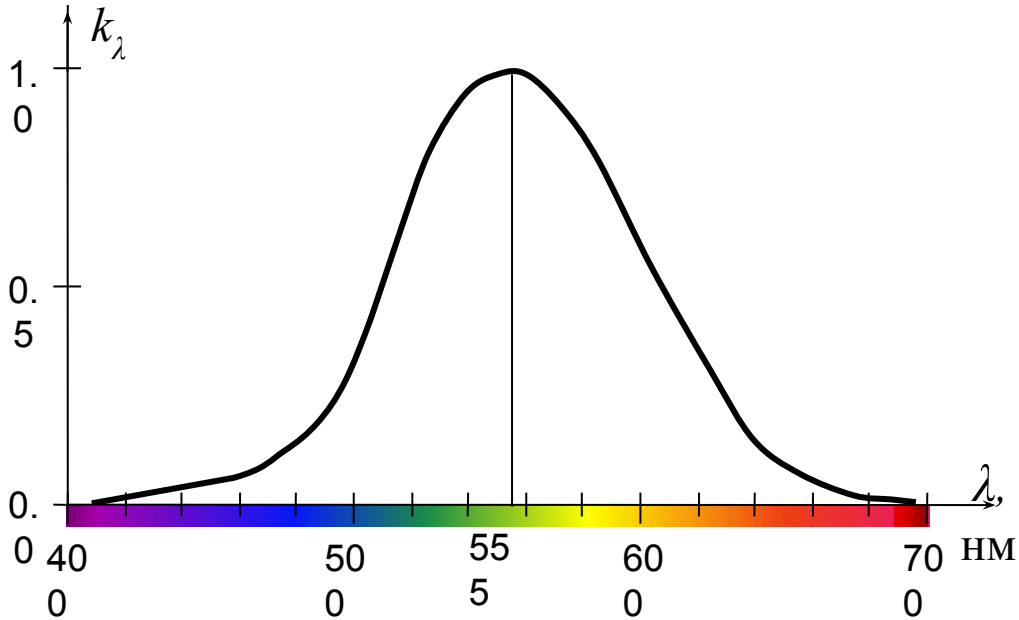
Для точечного источника характеристика, воспринимаемая глазом – блеск (чем больше блеск, тем больше кажется яркость). Блеск – это величина, применяемая при визуальном наблюдении точечного источника света.

**Блеск** – это освещенность, создаваемая точечным источником в плоскости зрачка наблюдателя,

$$[E_M] = лк$$

Так как чувствительность глаза у каждого человека к свету разной длины волны (разного цвета) весьма различна, то энергетическая оценка света и оценка светового потока по зрительному ощущению могут существенно отличаться. Так, при одной и той же мощности излучения зрительное ощущение от лучей зелёного цвета будет, примерно в 100 раз больше, чем от лучей красного или сине-фиолетового цвета.

Поэтому на практике применяют график – **кривую относительной спектральной чувствительности глаза**.



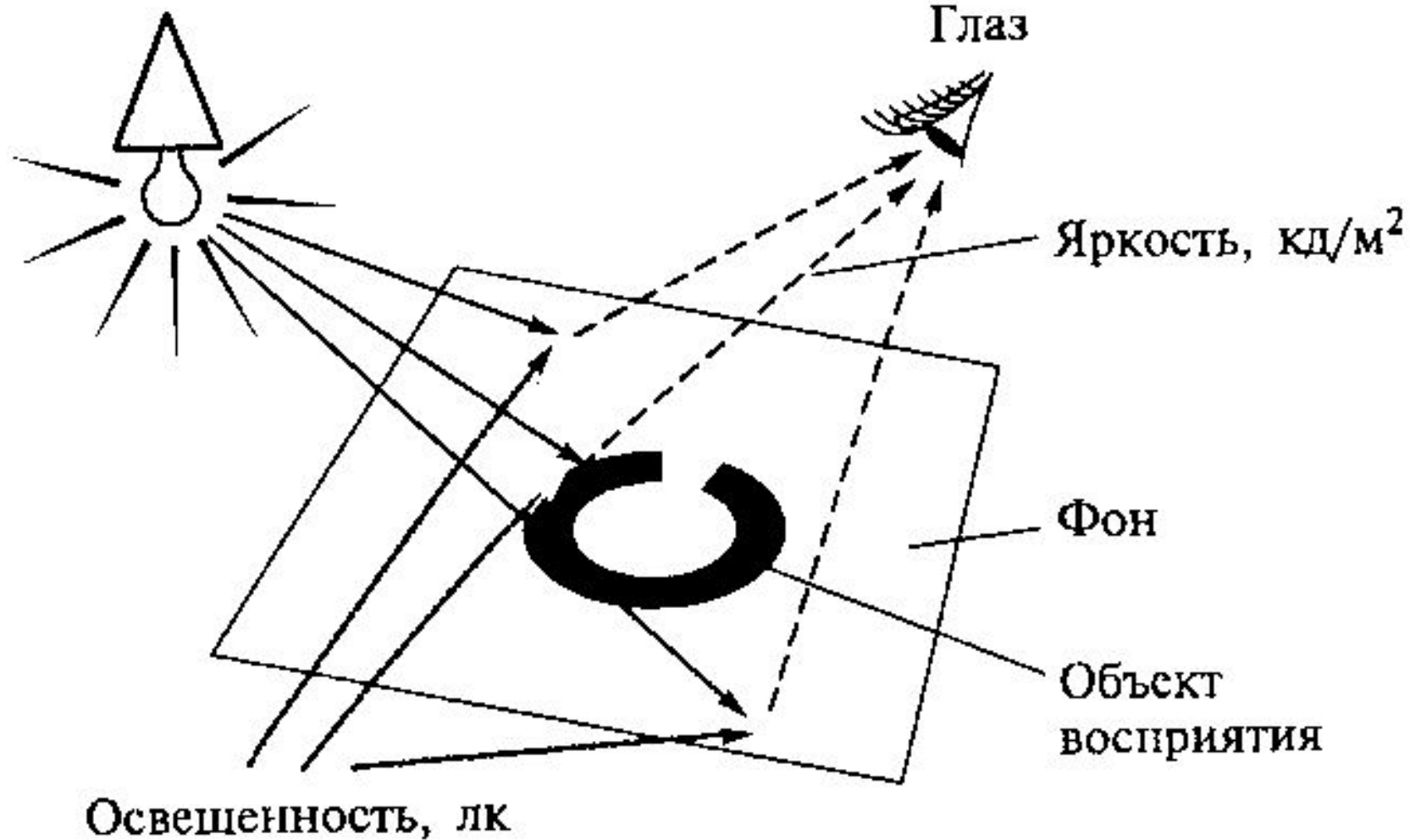
На этой кривой показана относительная чувствительность человеческого глаза  $K_\lambda$  % в зависимости от длины волны. Для зеленого цвета ( $\lambda = 555$  нм) чувствительность принята за единицу, а для более длинных или более коротких волн (лучей красного или сине-фиолетового цвета) чувствительность быстро уменьшается.

(Это подтверждает поговорку – на вкус и цвет товарищей нет).

# Четыре основные световые характеристики



Источник ВИ



## Небольшой итог по световым величинам:

В видимой области спектра применяют систему световых единиц, соответствующую зрительному ощущению лучистых потоков с учетом спектральной чувствительности глаза.

Единица светового потока  $F$  - люмен ( $1 \text{ лм} = 1/683 \text{ Вт}$  для  $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$ ),

- сила света  $I$  - кандела ( $\text{Кд}$ ),

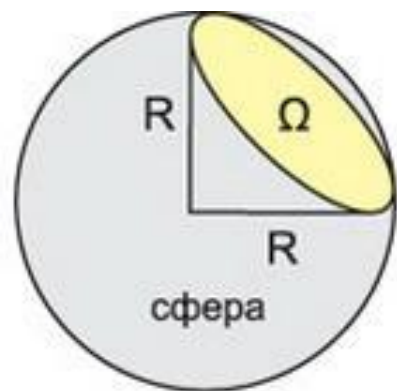
- освещенность  $E$  - люкс ( $\text{лк}$ ),

- яркость  $L$  -  $\text{Кд/м}^2$

**1 люмен** - это световой поток зеленого излучателя света без потерь с длиной волны 555 нм мощностью 1/683 Вт.

**сила света** показывает, какую часть светового потока излучает источник в рассматриваемом направлении





## Телесный угол Ω

Единица измерения: стерадиан (sr)  
 $= S/R^2$

Стерадиан (sr) – телесный угол (конус) с центром в сфере радиуса R, который вырезает из сферы поверхность площадью R²



## Освещенность E

Единица измерения: люкс (lx)

$$E = F/S$$

Освещенность - это отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади поверхности

$$1 \text{ люкс} = 1 \text{ люмен} / \text{м}^2$$

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{м}^2$$



## Световой поток F

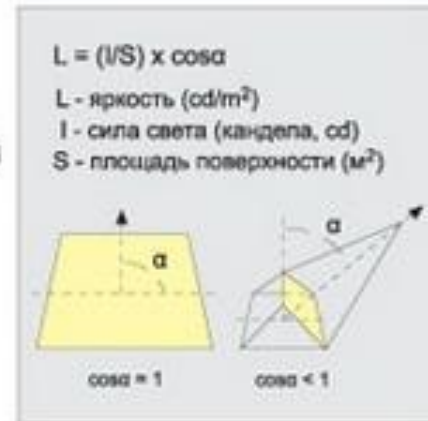
Единица измерения: люмен (lm)

$$F = I \times \Omega$$

Один люмен – это световой поток, испускаемый точечным источником с силой света одна кандела в телесный угол один стерадиан.

$$1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \times \text{ср}$$

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \times 1 \text{ sr}$$



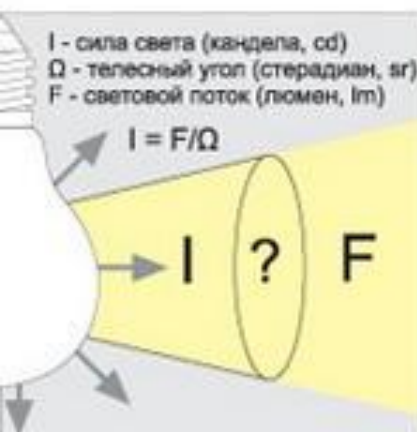
## Яркость L

Единица измерения: нит

$$L = (I/S) \times \cos \alpha$$

Яркость – это отношение силы света элемента поверхности к площади его проекции, перпендикулярной рассматриваемому направлению

$$1 \text{ нит} = 1 \text{ кд} / \text{м}^2$$



## Сила света I

Единица измерения: кандела (cd)

$$I = F/\Omega$$

Сила света – это отношение светового потока, направленного от источника в пределах телесного угла, охватывающего это направление, к этому углу

$$1 \text{ кд} = 1 \text{ люмен} / 1 \text{ стерадиан}$$

$$1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / 1 \text{ sr}$$



## Яркость $L$

Единица измерения: нит

$$L = (I/S) \times \cos\alpha$$

Яркость – это отношение силы света элемента поверхности к площади его проекции, перпендикулярной рассматриваемому направлению

$$1 \text{ нит} = 1 \text{ кд} / 1 \text{ м}^2$$

46. Оценить яркость вольфрамовой нити накала в осевом направлении, если сила света лампы в том же направлении 100 св, а площадь светящейся поверхности нити равна 0,2 м<sup>2</sup>.

- А - 5 нт;
- В - 50 нт;
- С - 500 нт;
- Д - 5000 нт.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- **Качественная характеристика – спектральный состав излучения.**
- **Количественная характеристика – энергия излучения.**

А именно:

- Распределение энергии по времени;
- Распределение энергии в пространстве;
- Распределение энергии по спектру.

**15. Информационным параметром оптического излучения может быть пространственно-временное распределение его:**

А - амплитуды;

В - частоты;

С - фазы;

Д - всего перечисленного.

#### 4. Явления оптики

Информационными параметрами ОИ являются - пространственно-временные распределения его амплитуды(1), частоты(2), фазы(3), поляризации(4) и степени когерентности(5).

Для получения дефектоскопической информации используют изменение этих параметров при взаимодействии ОИ с ОК в соответствии с 9 явлениями оптической оптики :

*поглощение,  
рассеяние,  
отражение ,  
преломление,  
интерференция,  
дифракция,  
поляризация,  
дисперсия света, а также  
изменение характеристик самого ОК под действием света.*

**Поглощением (абсорбцией) света** называется явление потери энергии световой волной, проходящей через вещество.

Свет поглощается в тех случаях, когда проходящая волна затрачивает энергию на различные процессы. Среди них: *преобразование энергии волны во внутреннюю энергию – при нагревании вещества; затраты энергии на вторичное излучение в другом диапазоне частот (фотолюминесценция); затраты энергии на ионизацию – при фотохимических реакциях и т.п.*

При поглощении света *колебания затухают и амплитуда электрической составляющей уменьшается по мере распространения волны.*

$$E(x) = E_0 e^{-\beta x} = E_0 e^{-\alpha x}$$

Где  $E(x)$  – амплитудное значение напряженности электрического поля волны в точках с координатой  $x$ ;

$E_0$  – амплитуда в точке с координатой  $x = 0$ ;

$t$  – время, за которое волна распространилась на расстояние, равное  $x$ ;

$\beta$  – коэффициент затухания колебаний;

$\alpha = \beta / v_{\text{ф}}$  коэффициент поглощения, **зависящий от химической природы среды и от длины волны проходящего света.**

**27. Поглощение света объясняется:**

А - его волновой природой;

В - корпускулярной теорией;

С - теорией дифракции;

Д - «А» и «С».

**50. При прохождении света через разные среды длина волны:**

А - изменяется;

В - не изменяется;

С - пропорциональна показателю преломления;

Д - все перечисленное неверно.

*Зависимость коэффициента поглощения от частоты (длины волны) объясняется окрашенность поглощающих тел.*

Например, стекло, слабо поглощающее красные и оранжевые лучи и сильно поглощающее зеленые и синие, при освещении белым светом будет казаться красным. Если на такое стекло направить зеленый и синий свет, то из-за сильного поглощения света этих длин волн стекло будет казаться черным. Это явление используется для изготовления светофильтров, которые в зависимости от химического состава (стекла с присадками различных солей; пленки из пластмасс, содержащие красители; растворы красителей и т. д.) пропускают свет только определенных длин волн, поглощая остальные.

Разнообразие пределов селективного (избирательного) поглощения у различных веществ объясняет разнообразие и богатство цветов и красок, наблюдающееся в окружающем мире.

Коэффициент поглощения для диэлектриков невелик, однако у них наблюдается селективное поглощение света в определенных интервалах длин волн, и наблюдаются сравнительно широкие полосы поглощения, т.е. диэлектрики имеют сплошной спектр поглощения. Это связано с тем, что в диэлектриках нет свободных электронов и поглощение света обусловлено явлением резонанса при вынужденных колебаниях электронов в атомах и атомов в молекулах диэлектрика.

Коэффициент поглощения для металлов имеет большие значения и поэтому металлы практически непрозрачны для света. В металлах из-за наличия свободных электронов, движущихся под действием электрического поля световой волны, возникают быстропеременные токи, сопровождающиеся выделением джоулевой теплоты. Поэтому энергия световой волны быстро уменьшается, превращаясь во внутреннюю энергию металла. **Чем выше проводимость металла, тем сильнее в нем поглощение света.**

Цвет различных предметов, освещенных одним и тем же источником света (например, солнцем), бывает весьма разнообразен, несмотря на то, что все эти предметы освещены светом одного состава. Основную роль в таких эффектах играют явления отражения и пропускания света.

Как уже было выяснено, световой поток, падающий на тело, частично отражается (рассеивается), частично пропускается и частично поглощается телом. Доля светового потока, участвующего в каждом из этих процессов, определяется с помощью соответствующих коэффициентов:

отражения  $\rho$ , пропускания  $\tau$  и поглощения  $\alpha$ .

Тела, у которых для всех лучей поглощение велико, а отражение и пропускание очень малы, будут черными непрозрачными телами (например, сажа).

Для очень белого непрозрачного тела (окись магния) коэффициент  $\alpha$  близок к единице для всех длин волн, а коэффициенты  $\alpha$  и  $\tau$  очень малы.

Вполне прозрачное стекло имеет малые коэффициенты отражения  $\rho$  и поглощения  $\alpha$  и коэффициент пропускания  $\tau$ , близкий к единице для всех длин волн;

наоборот, у окрашенного стекла для некоторых длин волн коэффициенты  $\tau$  и  $\rho$  равны практически нулю и соответственно значение коэффициента  $\alpha$  близко к единице. Различие в значениях коэффициентов  $\rho$ ,  $\tau$  и  $\alpha$  и их зависимость от цвета (длины волны) обуславливают чрезвычайное разнообразие в цветах и оттенках различных тел.

$$\rho + \tau + \alpha = 1$$

Сумма коэффициента отражения и коэффициентов поглощения, пропускания и рассеяния равна единице. Это утверждение следует из закона сохранения энергии.

**45. Пластина из светотехнического материала, обладающая коэффициентом отражения  $\rho = 0,2$  и коэффициентом поглощения  $\alpha = 0,1$ , обладает коэффициентом пропускания:**

А -  $\tau = 0,3$ ;

В -  $\tau = 1,0$ ;

С -  $\tau = 0,7$ ;

Д -  $\tau = 0,1$ .

**Рассеянием света** называют явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям.

Необходимое условие для возникновения рассеяния света — наличие оптических неоднородностей, т. е., в частности, областей с иным, чем основная среда, показателем преломления.

Из белого света в воздухе преимущественно рассеиваются голубые и фиолетовые лучи, а красные — будут проходить в направлении падающего света. Поэтому в природе: голубой цвет неба — рассеянный свет, красный цвет заходящего Солнца — изменение спектра белого света из-за значительного рассеяния голубых и фиолетовых лучей в толще атмосферы при наклонном падении потока света от заходящего солнца.

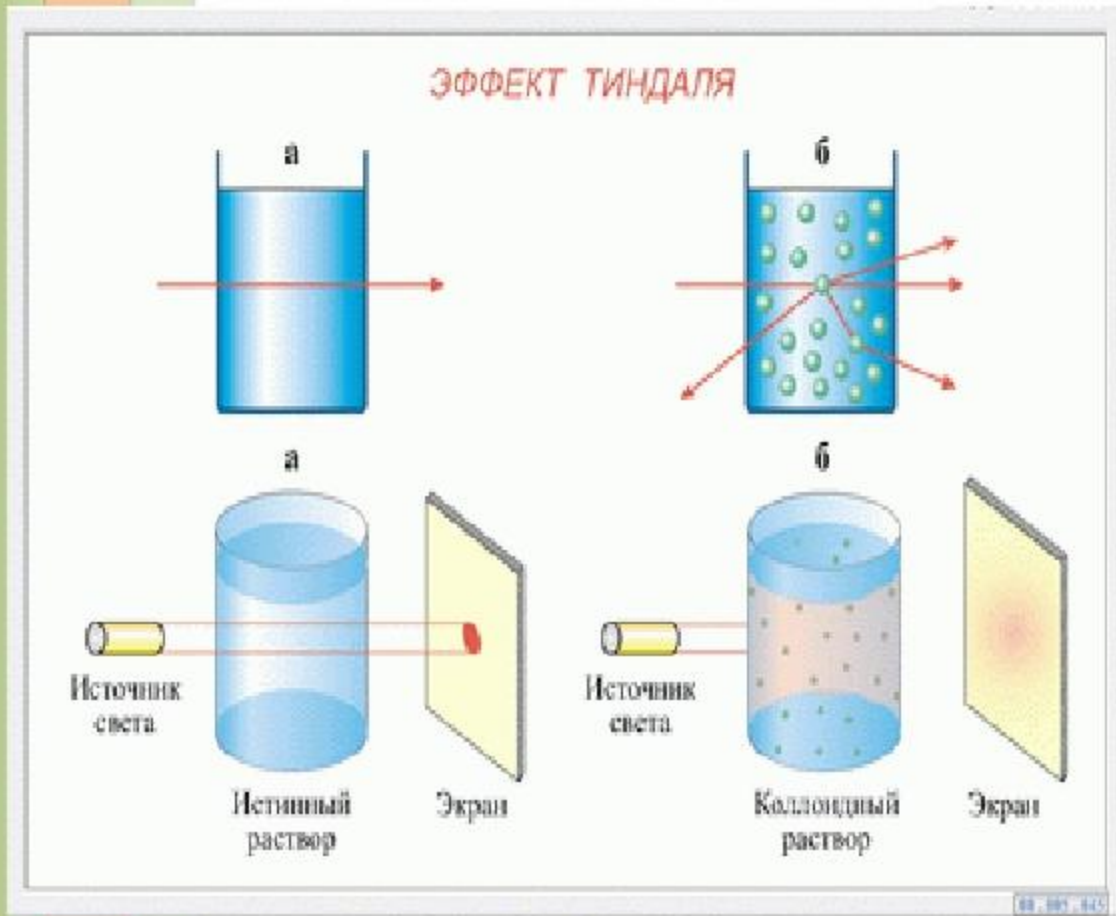
Меньшее рассеяние красных лучей используют в сигнализации: опознавательные огни на аэродромах, наиболее ответственный свет светофора — красный, и т. п.

Инфракрасные лучи рассеиваются еще меньше.



# Эффект Тиндалля

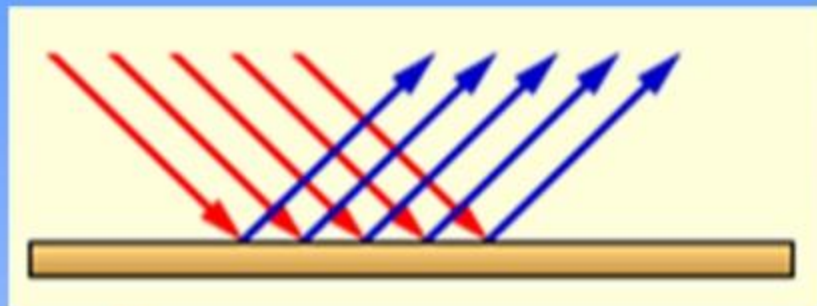
рассеяние света при прохождении светового пучка через оптически неоднородную среду. Обычно наблюдается в виде светящегося конуса (конус Тиндалля), видимого на тёмном фоне.



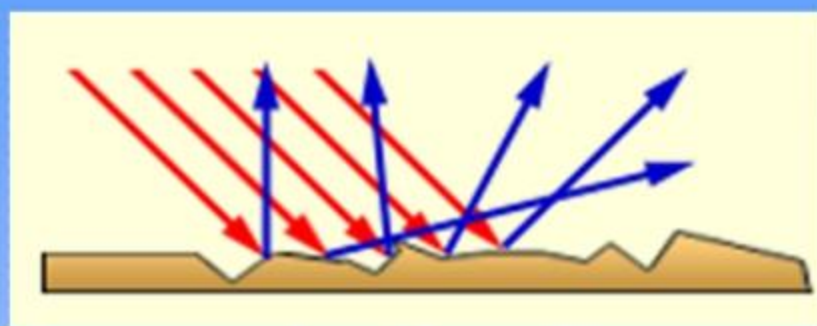
**Солнечные лучи  
проходящие сквозь  
туман.**

**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 равен углу падения.**



Зеркальное отражение



Рассеянное (диффузное) отражение

Если же поверхность шероховата, то она обязательно будет рассеивать свет (отражает световые лучи в разные стороны). Именно это мы и наблюдали, когда накрывали зеркало листом бумаги. Она отражала свет, рассеивая его по всевозможным направлениям, в том числе и на книгу, освещая ее. **Рассеянный свет более приятен для глаз, чем зеркально отражённый, он меньше утомляет глаза.** В помещениях применяют искусственное рассеяние света для этого используют абажуры, направляют свет от люстр на потолок и т.д.

**36. Как правило, характер отражения света от поверхностей объектов контроля можно оценить как:**

А - зеркальный;

В - направленно-рассеянный;

С - диффузный;

Д - «А» или «С».

Лучи, падающие на поверхность, могут отражаться от нее, проходить насквозь или поглощаться.

В зависимости от этого различают поверхности **блестящие и матовые, прозрачные и непрозрачные, черные и белые.**

Поверхность, которая поглощает значительно большее количество световых лучей, чем отражает и «пропускает», воспринимается как **черная**, а та, которая большую часть падающего на нее света отражает, видится нам **белой**. Если же большинство световых лучей беспрепятственно проходят через слой вещества, то оно будет **прозрачным**.

Если световой поток, состоящий из параллельных лучей, падает на гладкую поверхность, то отраженный поток будет также состоять из параллельных лучей и казаться как бы выходящим из этой поверхности. Поверхность, отражающая таким образом свет, называется **блестящей**.

Тела, имеющие шероховатую поверхность, отражают свет согласно тому же закону, что и блестящие. Однако по той причине, что поверхность таких тел состоит из расположенных под разными углами микроскопических поверхностей, свет отражается от нее в разных направлениях, происходит диффузное отражение или рассеивание света. Такие поверхности с разных точек зрения кажутся одинаковыми по светлоте, не имеют бликов и называются **матовыми**.

При таком избирательном поглощении световых лучей поверхность, как мы говорим, получает определенную окраску, цвет. Но есть поверхности, которые более или менее равномерно поглощают и отражают лучи всех длин волн. Такое неизбирательное поглощение создает так называемые серые поверхности.

#### **34. При отражении ОК оптического излучения длины волн его составляющих монохроматических излучений:**

А - остаются без изменений;

В - увеличиваются;

С - уменьшаются;

Д - «В» и «С».

#### **35. Характер отражения света от поверхности зависит от:**

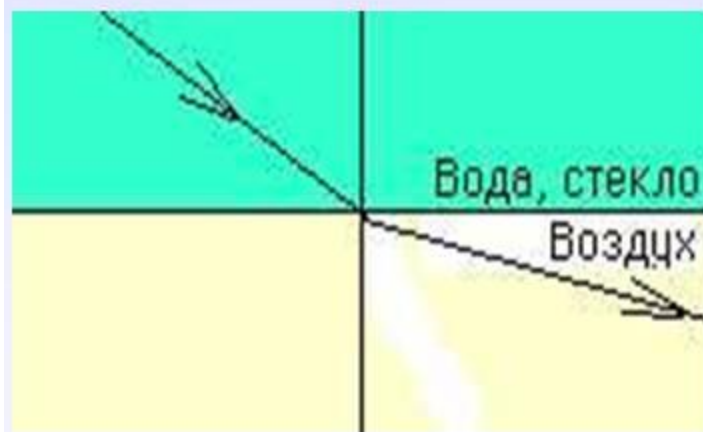
А - качества ее обработки;

В - ее материала;

С - варианты А и В;

Д - ни А, ни В.

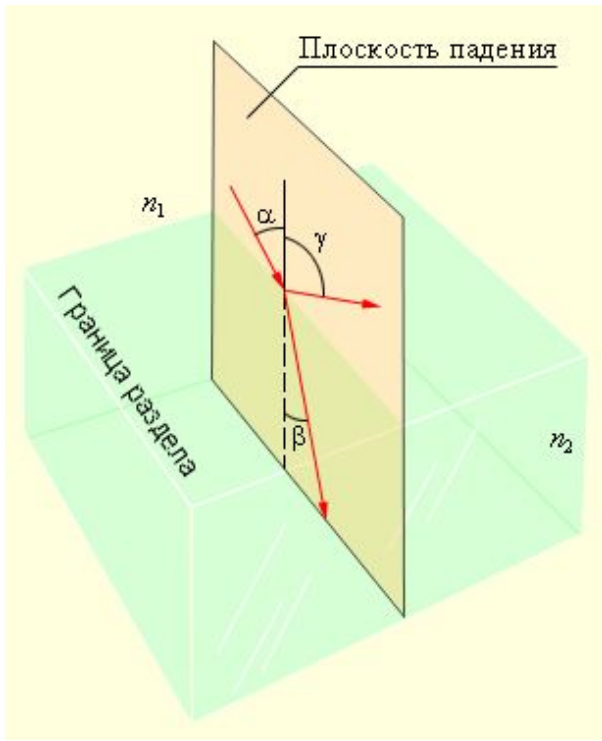
# Преломление света



Луч света,  
переходя из  
одного вещества в  
другое,  
**ПРЕЛОМЛЯЕТСЯ** –  
изменяет свое  
направление.

**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  $\alpha$  к синусу угла преломления  $\beta$  есть величина, постоянная для двух данных сред –  $n$ , которую называют относительным показателем преломления второй среды относительно первой.***



**Показатель преломления (абсолютный показатель преломления)** вещества — величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде.

**Относительный показатель преломления**  $n_{12} = \frac{n_1}{n_2}$  двух сред равен отношению их показателей преломления:

**Законы отражения и преломления:**  
 $\gamma = \alpha; \quad n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta.$

**48. Абсолютный показатель преломления среды не зависит от:**

- А - скорости распространения света в вакууме;
- В - скорости света в данной среде;
- С - значение светового потока в среде;
- Д - варианты А и В.

**49. Абсолютный показатель преломления среды - это отношение:**

- А - скорости света в данной среде к скорости света в вакууме;
- В - скорости света в вакууме к скорости света в данной среде;
- С - скорости света в воде к скорости света в данной среде;
- Д - скорости света в воздухе к скорости света в данной среде.

**28. Абсолютный показатель преломления среды не зависит от:**

- А - скорости распространения света в вакууме;
- В - скорости света в данной среде;
- С - значения светового потока в среде;
- Д - «А» и «В».

## Интерференция световых волн

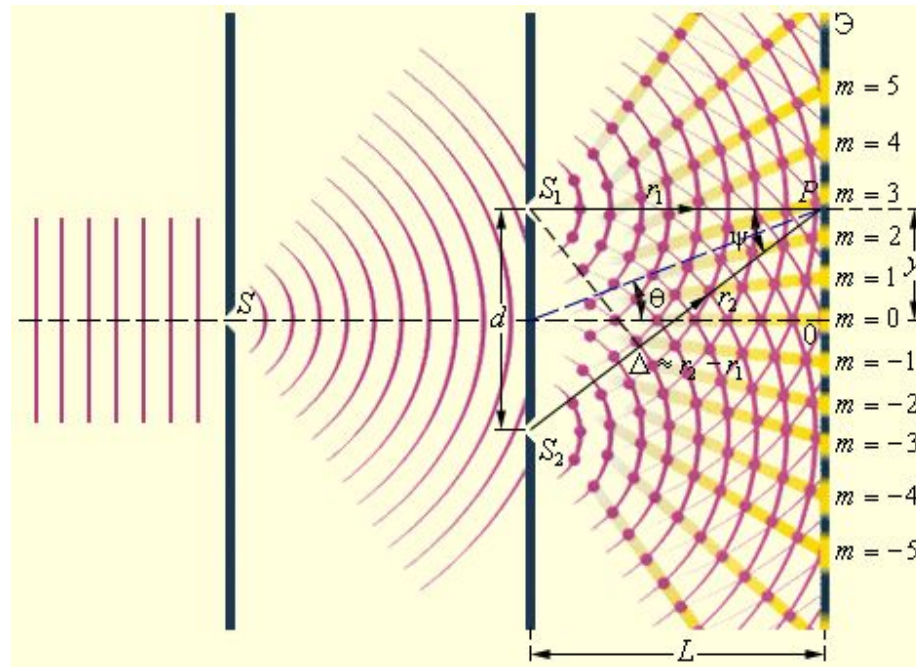


Схема интерференционного опыта Юнга.

**Интерференция световых волн** - явление усиления или ослабления амплитуды результирующей волны света при сложении двух или нескольких **когерентных волн**, приходящих в одну точку с разными фазами.

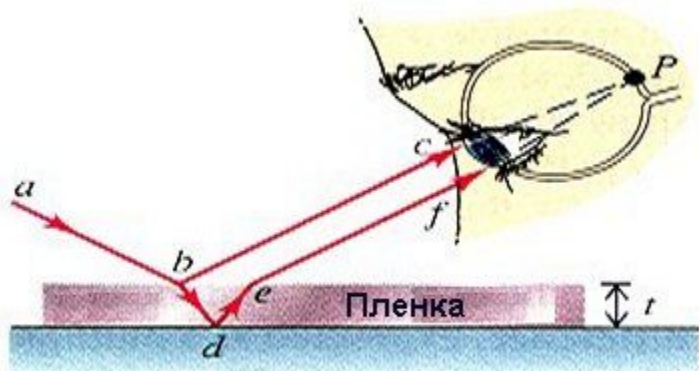
**Когерентность** (согласованность) – т.е. колебания происходят с одинаковой частотой и постоянной по времени разности фаз.

**38. Явление усиления или ослабления амплитуды световой волны в зависимости от соотношения между фазами складывающихся в пространстве двух и более волн одинаковой частоты колебаний, называется:**

- А - волновая дисперсия
- В - дифракция света
- С - когерентность волны
- Д - интерференция света

**Интерференция в тонких пленках** явление, которое возникает в результате разделения луча света при отражении от верхней и нижней границ **тонкой плёнки**. В результате возникают две световые волны, которые могут интерферировать.

Тонкоплёночная интерференция объясняет цветовую палитру, видимую в свете, отражённом от мыльных пузырей и масляных плёнок на воде.

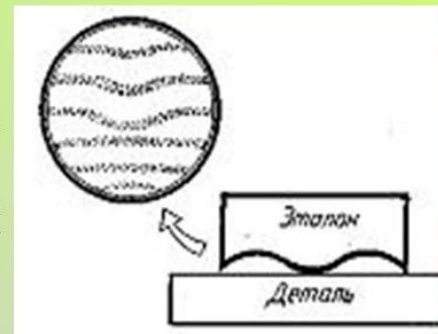


#### 40. Интерференция света объясняется:

- А - отклонением света от прямолинейного распространения на краях преград;
- В – сложением двух и более когерентных волн света;
- С – упорядочением в ориентации векторов напряженностей магнитного и электрического полей световой волны;
- Д – разложением белого света при прохождении стеклянной призмы на пучки света разного цвета.

## проверка качества обработки поверхности

- ★ Несовершенство
- ★ Обработки определяют по искривлению интерференционных полос, образующихся
- ★ При отражении света от проверяемой поверхности



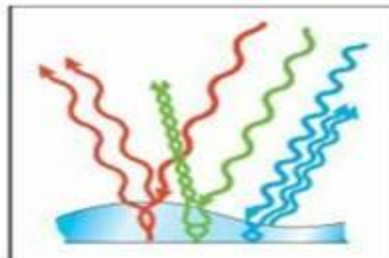
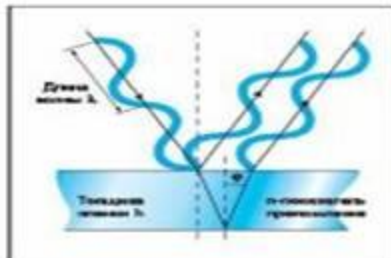
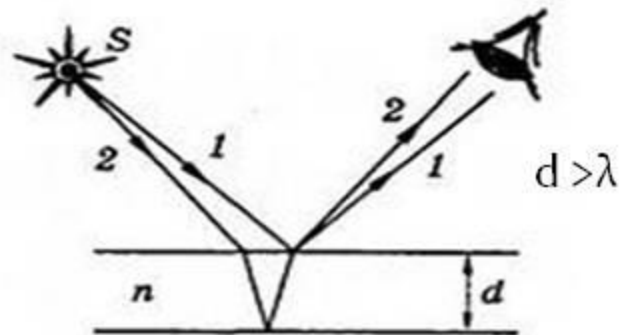
**Микроинтерферометры** - называют **интерферометры, предназначенные для измерения поверхностных неровностей (шероховатостей)**



# Интерференция в тонких плёнках

**Причина:** отражение от внешней поверхности плёнки, а другая — от внутренней.

\* **Тонкая плёнка** — мыльные пузыри, бензиново-масляная плёнка на поверхности воды, крылья насекомых и т.д.



Различные цвета тонких пленок — результат интерференции двух волн, отражающихся от нижней и верхней поверхностей пленки.

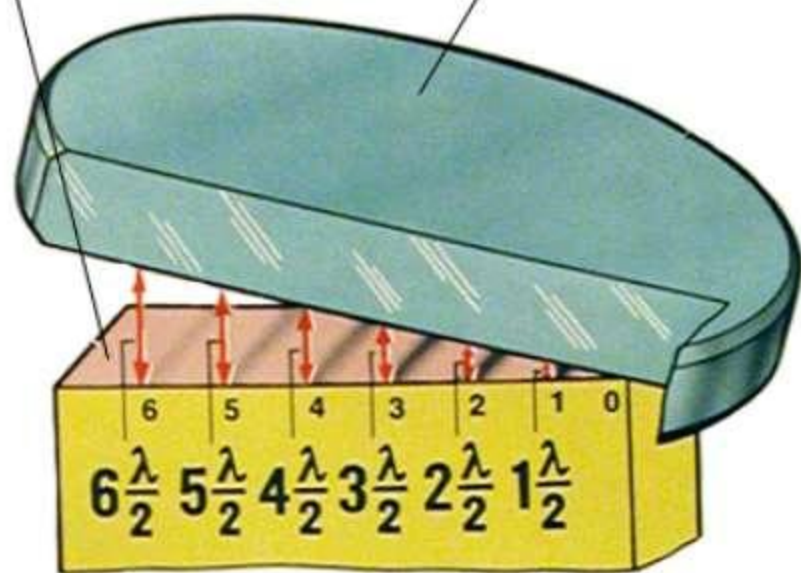
Интерференция в крыльях насекомых

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

## КОНТРОЛЬ КРИВИЗНЫ ПОВЕРХНОСТИ

ПОВЕРЯЕМАЯ  
ПОВЕРХНОСТЬ

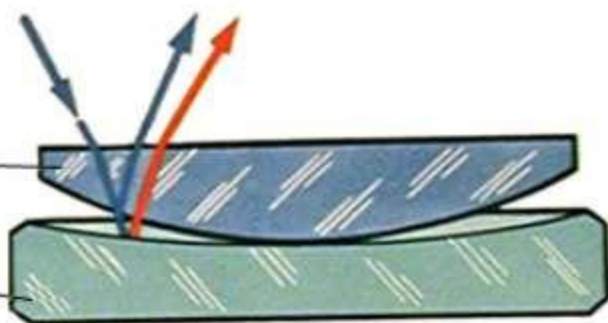
ПЛОСКОЕ ПРОБНОЕ  
СТЕКЛО



СООТВЕТСТВИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ  
ПОЛОС И ТОЛЩИН ВОЗДУШНОГО КЛИНА

ЛИНЗА

ПРОБНОЕ  
СТЕКЛО



КРИВИЗНА ЛИНЗЫ  
БОЛЬШЕ КРИВИЗНЫ  
ПРОБНОГО СТЕКЛА



КРИВИЗНА ЛИНЗЫ  
МЕНЬШЕ КРИВИЗНЫ  
ПРОБНОГО СТЕКЛА



## Интерферометры



Диапазон измерения прибора находится в пределах от **0,03 до 1 мкм** и оценивается по параметрам ***Ra***, или ***Rmax***.



## Дифракция света

**Дифракцией света** называется *явление отклонения света от прямолинейного направления распространения при прохождении вблизи препятствий*.

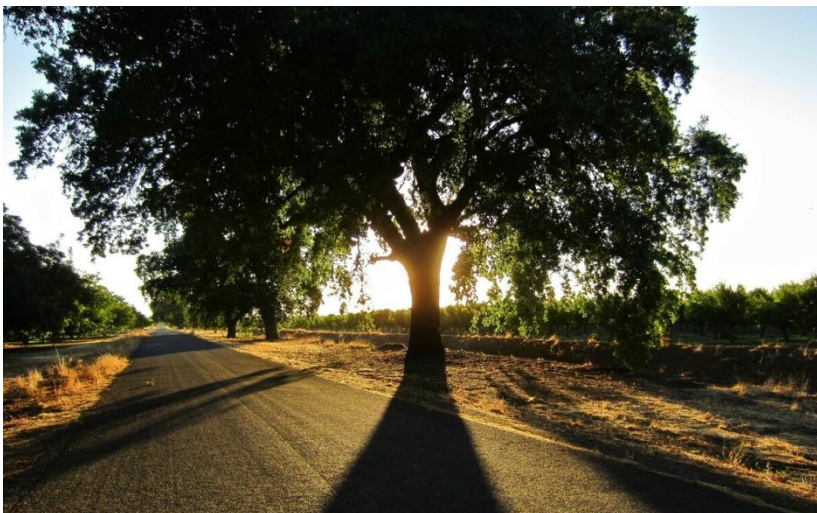


**Дифракцией света** проходящего сквозь узкую щель

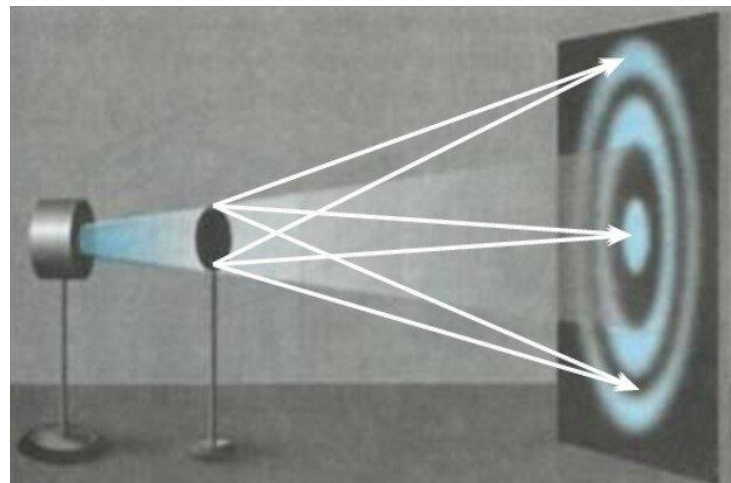
Суть процесса заключается в том, что свет при входе в геометрическую тень огибает препятствие.

**37. Явление, наблюдаемое при распространении света мимо резких краёв непрозрачных тел, сквозь узкие отверстия и связанное с нарушениями прямолинейности его распространения, называется:**

- А - волновая дисперсия
- В - дифракция света
- С - когерентность волны
- Д - интерференция света



*Размер дерева намного больше длины световой волны, поэтому дифракция не видна.*



*Плоская волна огибает препятствие соизмеримое с длиной волны и возникает дифракция.*

1. Дифракция — это отклонение волны от прямолинейного распространения, т.е. огибание волной препятствия.
2. Дифракцию света можно увидеть только на препятствиях соизмеримых с длиной световой волны.
3. Дифракция света всегда сопровождается интерференцией.

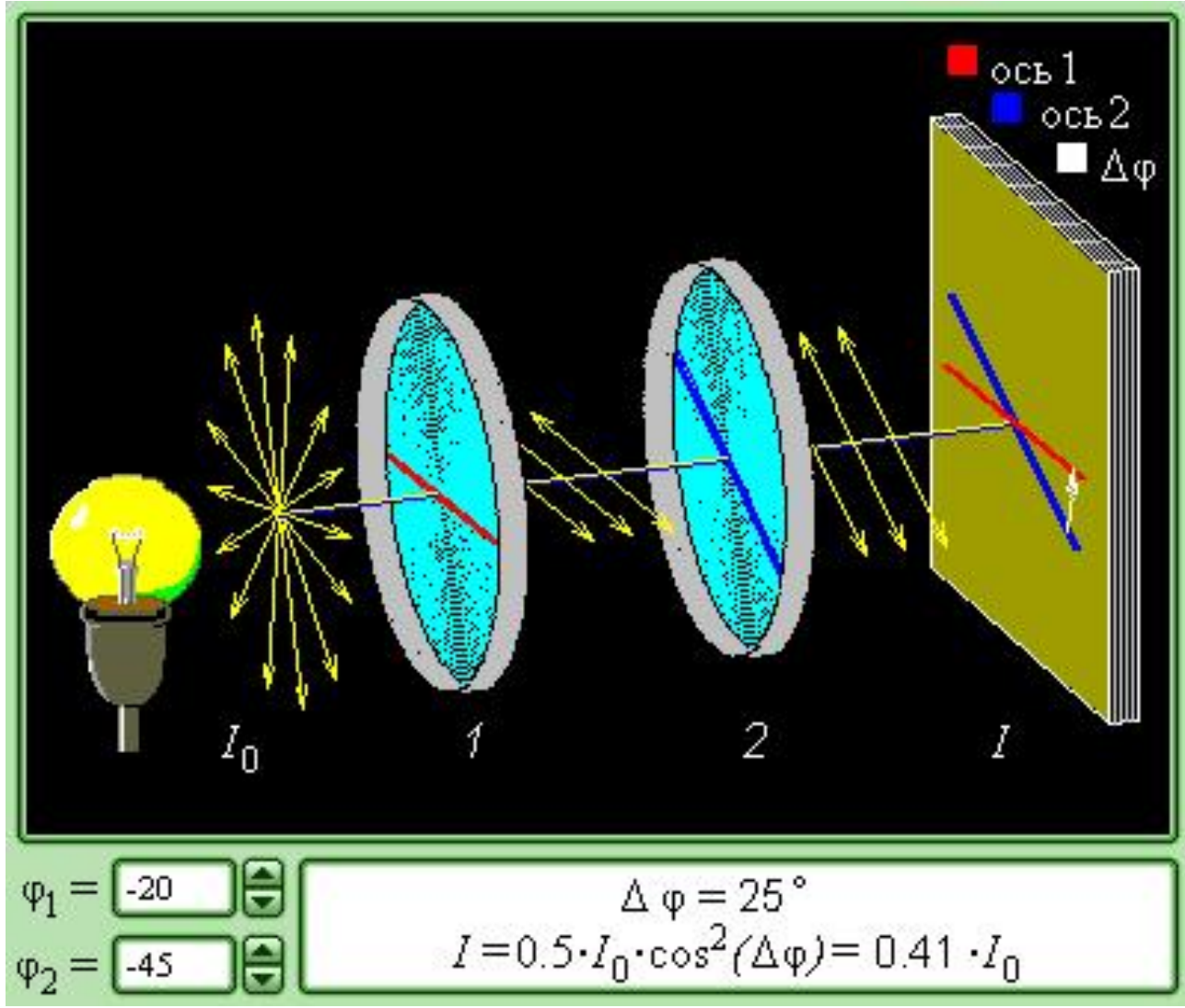
**29. Явления, обусловленные зависимостью показателей преломления вещества от длины волны света, называются:**

- А - дифракцией;
- В - интерференцией;
- С - дисперсией;
- Д - монохроматизацией.

**39. Дифракция света объясняется:**

- А - отклонением света от прямолинейного распространения на краях преград;
- В – сложением двух и более когерентных волн света;
- С – упорядочением в ориентации векторов напряженностей магнитного и электрического полей световой волны;
- Д – разложением белого света при прохождении стеклянной призмы на пучки света разного цвета.

**Поляризация света** - это явление выделения из пучка естественного света лучей с определенной ориентацией электрического вектора.



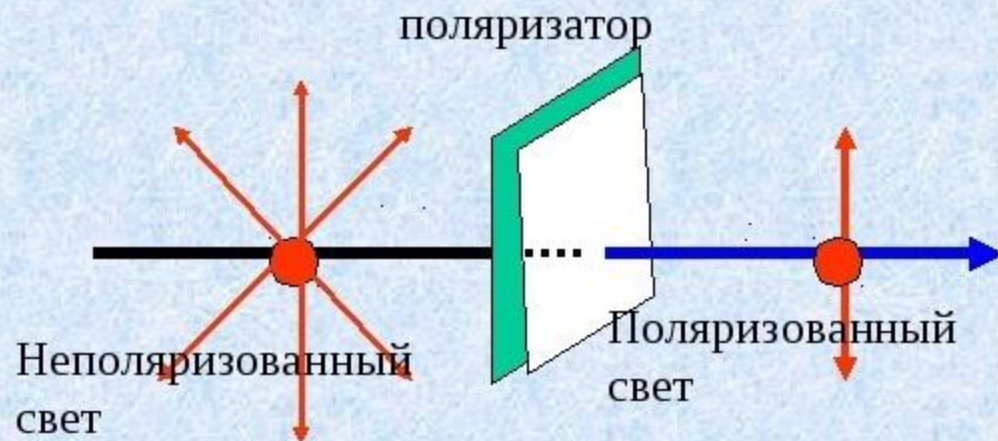
**Модель. Поляризация света.**

• Естественный свет содержит волны с всевозможными направлениями колебаний вектора  $E$ , перпендикулярными к направлению распространения волны.

• Такой свет называется **неполяризованным**.

• Свет с колебаниями вектора  $E$ , лежащими только в одной плоскости, называется **поляризованным**.

Пучок поляризованного света испускает **лазер**.



#### 41. Поляризация света объясняется:

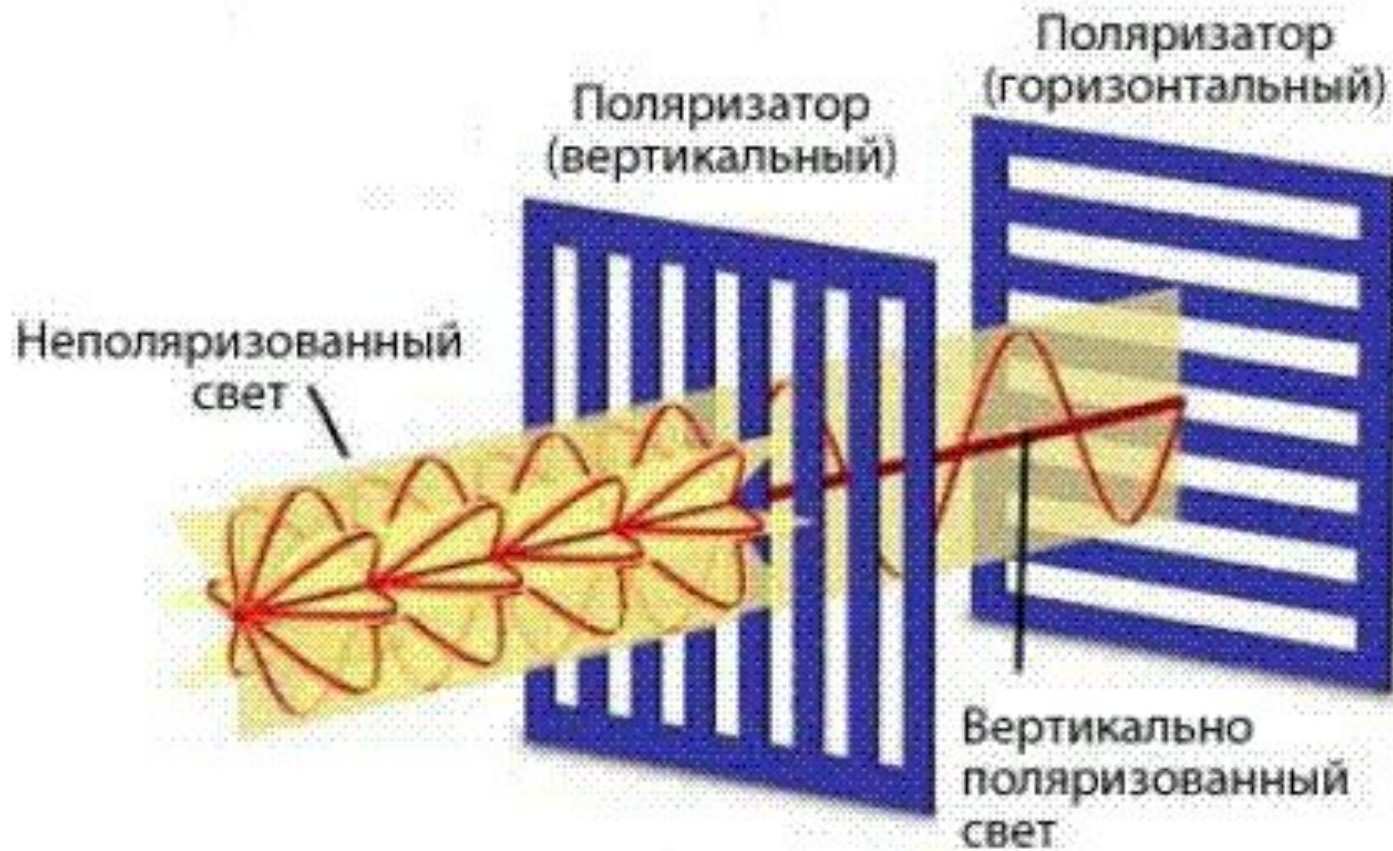
А - отклонением света от прямолинейного распространения на краях преград;

В – сложением двух и более когерентных волн света;

С – упорядочением в ориентации векторов напряженностей магнитного и электрического полей световой волны;

Д – разложением белого света при прохождении стеклянной призмы на пучки света разного цвета.

Неполяризованный свет также называют **естественным светом**. Пропуская свет через поляризаторы можно отфильтровывать на выходе лучи с определенным цветом. А можно создавать ограничивать световой поток для глаз наблюдателя.



После прохождения света через вертикальный поляризатор электрический вектор светового потока не может пройти через горизонтальный поляризатор. В результате получается светофильтр ограничивающий свет для глаз наблюдателя.



Поляризация света меняется также при отражении. На этом основаны применения поляризующих фильтров в фотографии и в оптике.

По изменению поляризации света при отражении от поверхности можно судить о структуре поверхности, оптических постоянных, толщине образца.

С помощью поляризационного фильтра можно пропустить в объектив свет с колебаниями только в той или иной конкретной плоскости.

На практике в фотографии, эта способность фильтра используется как раз, чтобы отсечь некоторые волны, не пустить их в объектив.

В фотографии поляризационный фильтр, в частности, позволяет:

1. Убрать с неба белесую дымку и показать небо в насыщенном темно синем цвете. Облака при этом остаются ярко-белыми, контрастными и выразительными. Очень красиво.
2. Убрать из пейзажа воздушную дымку и показать пейзаж более яркими сочными цветами. Визуально увеличивается контраст и возникает ощущение возросшей резкости и четкости.
3. Убрать с поверхности воды (оконного стекла) отражения и показать то, что находится под водой (за стеклом).



**Ограничить прохождение поляризованного света можно простым поворачиванием фильтра.**

Если рассеянный свет поляризовать, то, используя поляризационный фильтр с иной поляризацией, можно ограничивать прохождение света.

На этом принципе работают жидкокристаллические экраны.



**Без светофильтра**

**Со светофильтром**



# • Дисперсия света.



## 42. Дисперсия света объясняется:

А - отклонением света от прямолинейного распространения на краях преград;

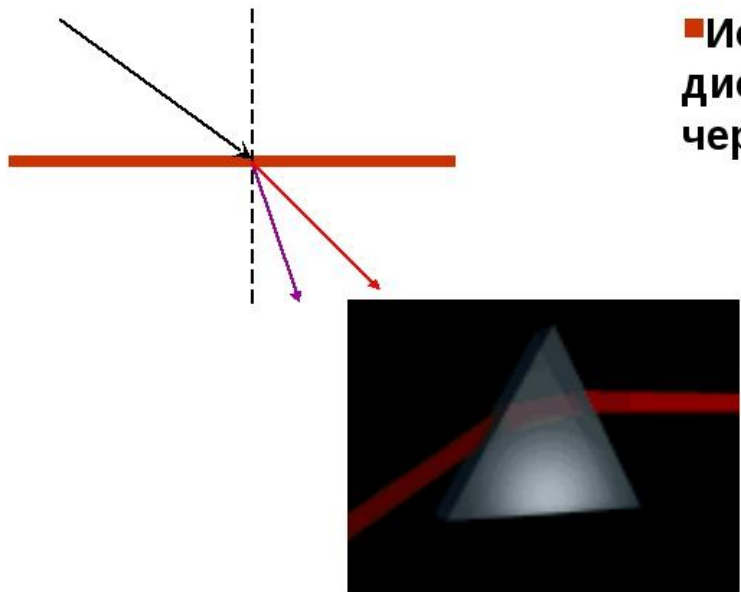
В – сложением двух и более когерентных волн света;

С – упорядочением в ориентации векторов напряженностей магнитного и электрического полей световой волны;

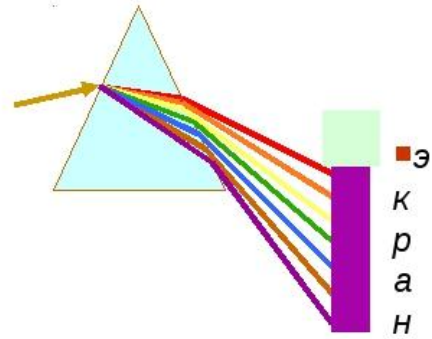
Д – разложением белого света при прохождении стеклянной призмы на пучки света разного цвета.

**Дисперсия света** — это явление разложения света в спектр, обусловленное зависимостью абсолютного показателя преломления среды от частоты световой волны.

■ Причиной дисперсии является **различие показателей преломления для волн разной длины**. (сильнее всего преломляется фиолетовый свет, слабее всего преломляется красный свет).



■ Исаак Ньютон наблюдал дисперсию, пропуская свет через призму.



**Голография – метод получения объемного изображения объекта, путем регистрации и последующего восстановления волн.** Волны могут быть любые – световые, рентгеновские, акустические и т.п. Голограмма является записью интерференционной картины.

**Голография** — особый фотографический метод, при котором с помощью лазерного луча регистрируются, а затем восстанавливаются изображения трехмерных объектов, в высшей степени похожие на реальные.

Голограмма является записью интерференционной картины, поэтому важно, чтобы длины волн (частоты) объектного и опорного лучей с максимальной точностью совпадали друг с другом, и разность их фаз не менялась в течение всего времени записи (иначе на пластинке не запишется четкой картины интерференции).

Поэтому **источники света должны испускать электромагнитное излучение** с очень стабильной длиной волны в достаточном для записи временном диапазоне т.е **когерентное излучение**.

Для этого наиболее удобным источником света является **лазер**.

Луч лазера позволяет регистрировать амплитуду световой волны и разность фаз между опорным и объектным лучами. Объектный луч может приходиться только с доступной для луча поверхности объекта контроля.

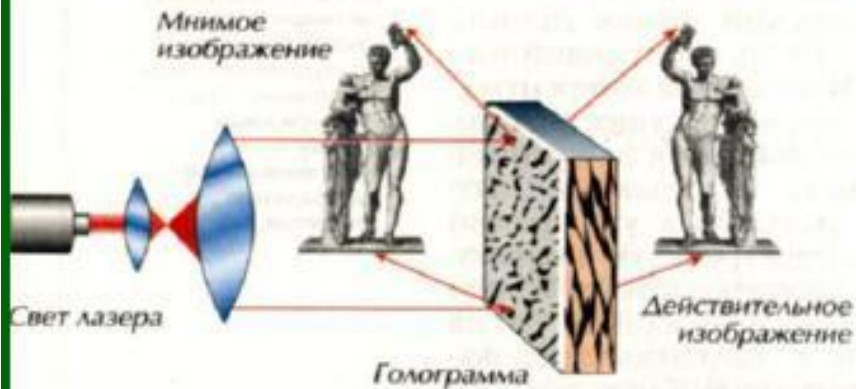
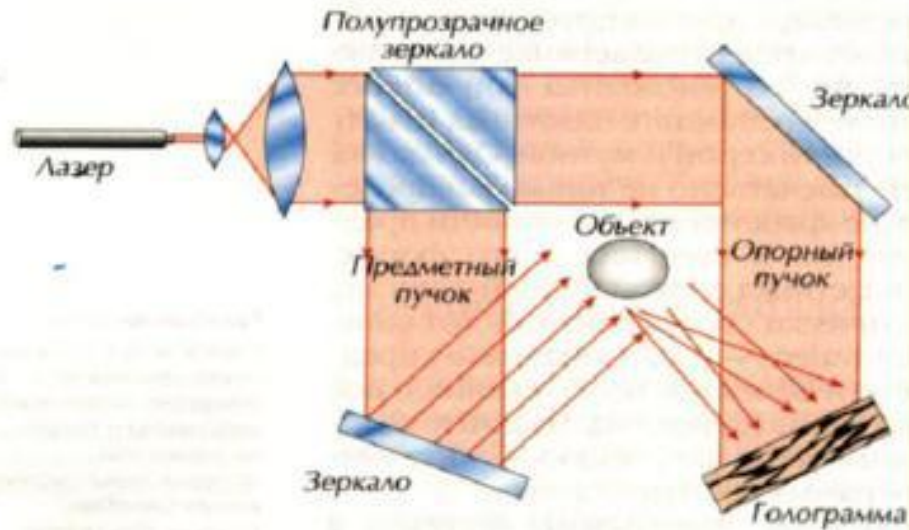
#### **65. Голографический метод неразрушающего контроля не позволяет обнаруживать:**

- а) поверхностные дефекты типа нарушения сплошности материала (трещины, расслоения и т.п.) на деталях из металлических сплавов, полимеров и композитов;
- б) посторонние предметы внутри полых непрозрачных конструкций;
- в) нарушения структуры материала;
- г) отклонения формы ОК от нормы.

#### **66. На голограмме ОК регистрируется:**

- а) амплитуда рассеиваемой ОК световой волны;
- б) фаза рассеиваемой ОК световой волны;
- в) “а” и “б”;
- г) ни “а”, ни “б”.

## Принцип получения голографической картины



- Лазерный луч разделяется на два пучка – предметный и опорный. Опорный пучок попадает на фотопластинку сразу, а предметный – только после отражения от объекта. Это позволило, во – первых, голографировать непрозрачные предметы, а во – вторых, разнести в пространстве два восстановительных изображения.

**Запись**

**Сигнальный луч**

**Опорный луч**

**Диск**



**Хранение**

**Интерференционный рисунок**



**Чтение**

**Опорный луч**

**Восстановленный исходный луч**



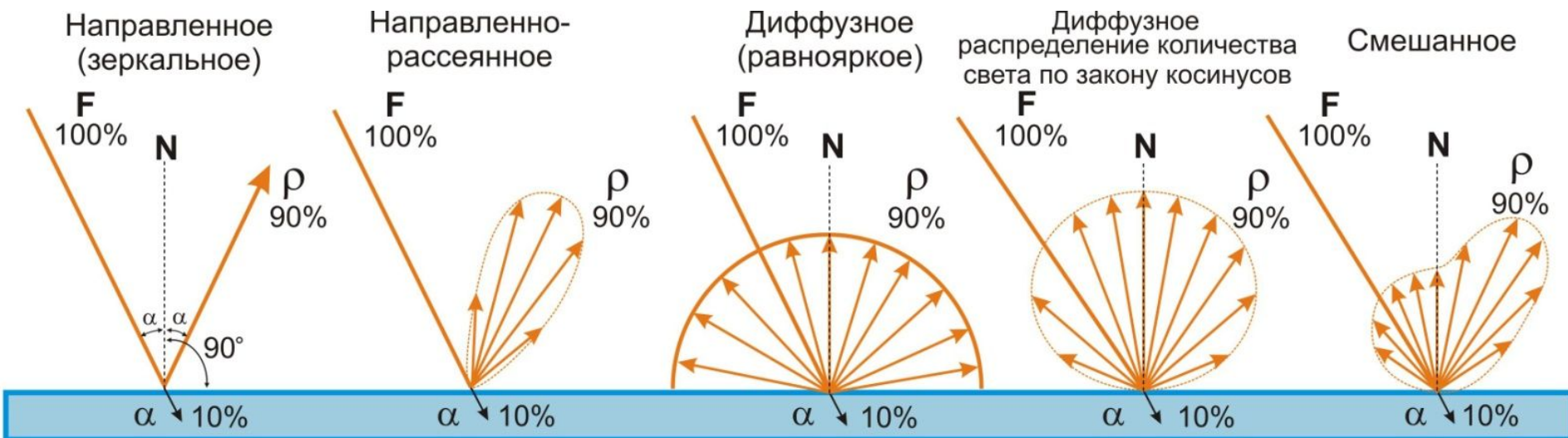
## 5. Светотехнические явления

Материалы, предназначенные для отражения, пропускания, поглощения, изменения характеристик и генерирования света, называются **светотехническими**.

Для характеристики взаимодействия материала с монохроматическим излучением (*излучение одной длины волны*) вводятся соответствующие спектральные коэффициенты: **отражения -  $\rho$** , **поглощения -  $a$** , **пропускания -  $t$** .

Для ВИК наибольшее практическое значение имеет коэффициент отражения.

По характеру распределения в пространстве отраженного светового потока выделяют следующие виды отражения: **направленное** (зеркальное), **направленно-рассеянное**, **диффузионное** (равнорякое) и **смешанное**.





Характер отражения определяется структурой материала, состоянием его поверхности, типом поляризации падающего света и т.д.

Различают отражение от диэлектриков и от металлов.

При отражении от диэлектрика определяющим является **соотношение показателей преломления диэлектрика и среды**, из которой на диэлектрик падает световой луч, а также **угол падения света**.

Отражение света от металлов имеет свои особенности. **Коэффициент отражения металла зависит от его электропроводности**. Более высокий коэффициент отражения имеют металлы с хорошей электропроводностью: серебро, алюминий, золото и др.

*При отражении от металлов отсутствует поляризация света.*

Металлы в виде очень тонких плёнок становятся прозрачными для света.

**43. Коэффициент отражения света от металлов зависит от:**

- А - электропроводности металла;
- В - состояния его поверхности;
- С - частоты света;
- Д - всего перечисленного.

**44. Коэффициент отражения света от диэлектрика зависит от его:**

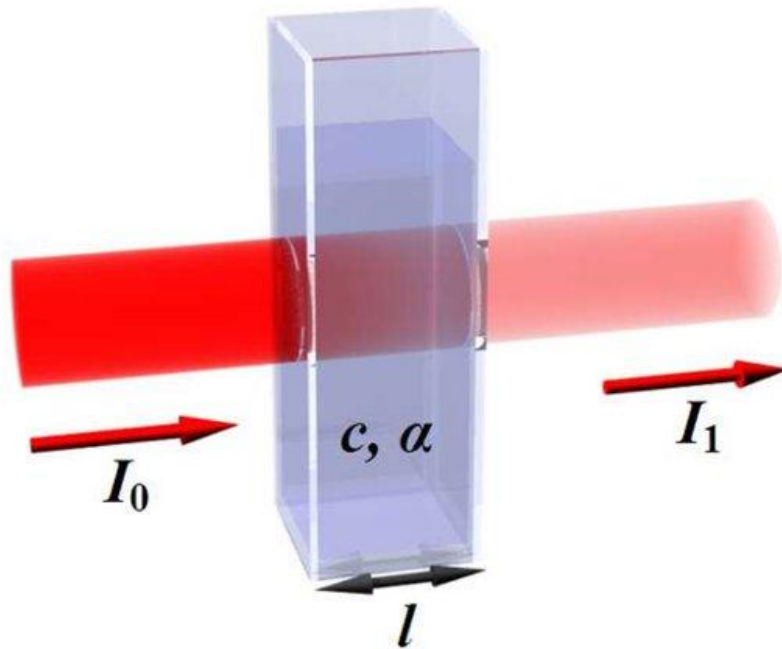
- А - показателя преломления среды;
- В – показателя преломления диэлектрика;
- С – изоляционных свойств диэлектрика;
- Д - варианты А и В.

**Поглощение света** ( абсорбция) – это уменьшение интенсивности оптического излучения (света), проходящего сквозь прозрачную среду.

Свет одновременно обладает и волновыми, и корпускулярными свойствами. Такое сочетание свойств обозначается термином **корпускулярно-волновой дуализм**.

**Корпускулярными характеристиками** света являются **энергия и импульс**, **волновыми** – **частота или длина волны**.

Явление уменьшения энергии световой волны при ее распространении в веществе вследствие преобразования энергии волны в другие виды энергии.



$$W = W_0 e^{-kx}$$

Где коэффициент  $k$  учитывает поглощательную способность среды