



# ОПТИКА

Незнающий пусть научится,  
а знающий пусть услышит еще раз



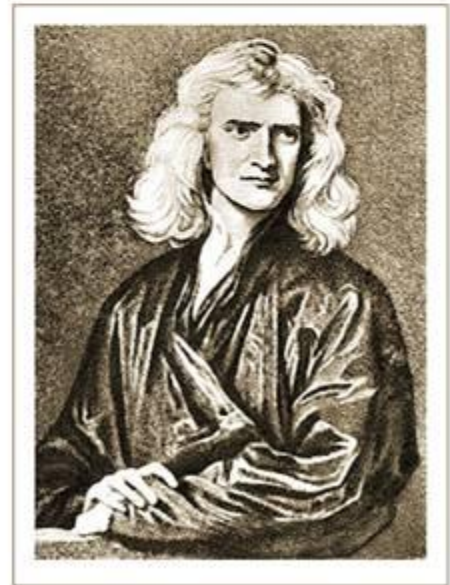
# Что такое свет?

«Пусть три столетия минуло с тех пор,  
Еще не разрешился этот спор.

Один сказал, что свет это – волна,  
подобна механической она.

Другой сказал, что свет – поток частиц  
В любой среде не знает он границ.

Свет твоего окна –  
он квант или волна?»

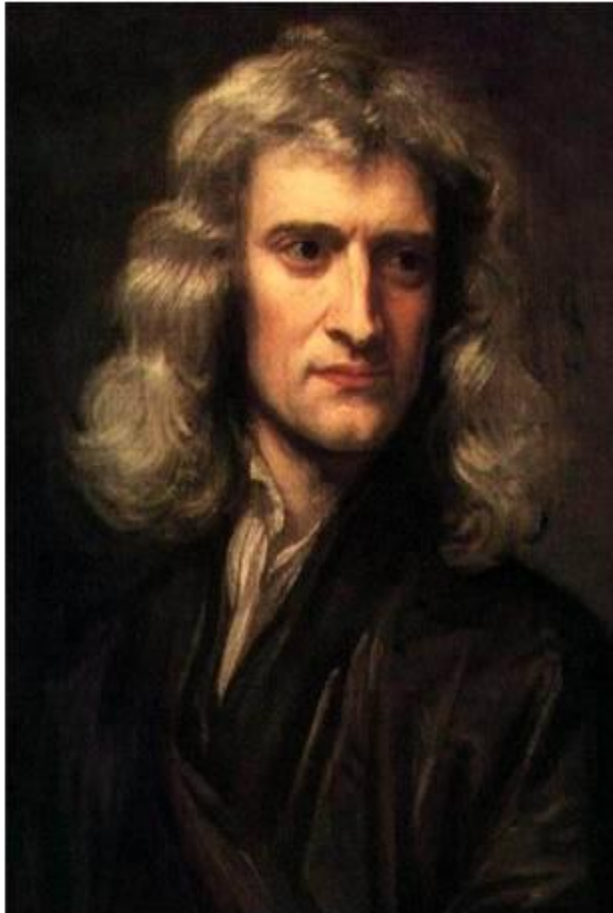


# Теории света. XVII - XIX века

---

Корпускулярная теория света

Исаак Ньютон



Волновая теория света

Христиан Гюйгенс



# Природа света

## 17 век

Исаак Ньютон

корпускулярная теория

(свет – поток частиц)

Христиан Гюйгенс

волновая теория

(свет – волна)

## 19 век

Джеймс Кларк Максвелл – электромагнитная природа света

## 20 век

Макс Планк – квантовая природа света



# Корпускулярная теория света

---

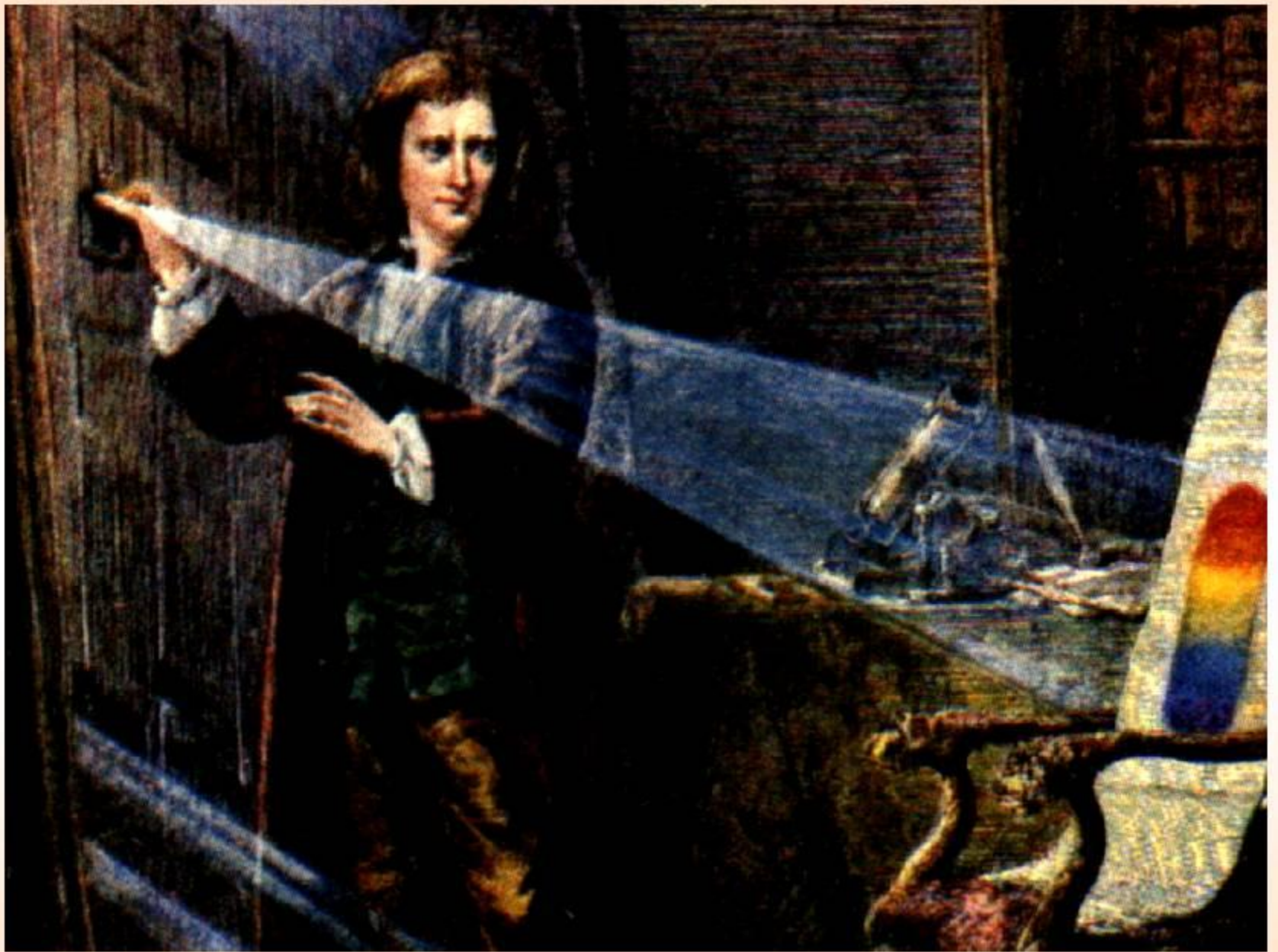


Пифагор



Свет испускается телами в виде потока мельчайших частиц корпускул, далее они движутся прямолинейно по инерции.



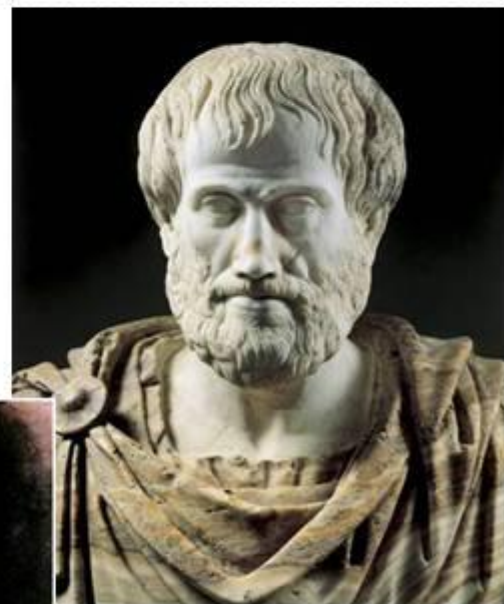


Эксперимент И. Ньютона

# Волновая теория света

---

Свет – это волны, которые распространяются в особой среде – эфире, которым заполнено все пространство.

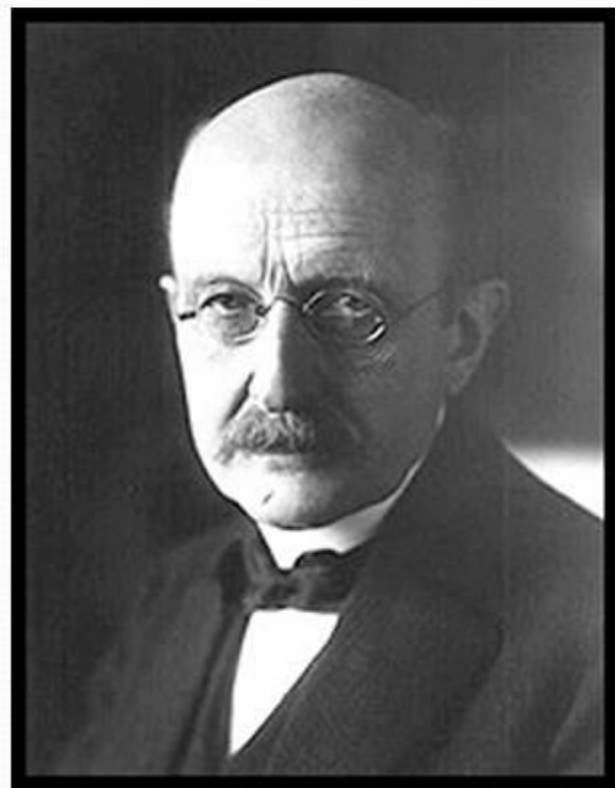


Аристотель



# Макс Планк – 1900г

- процессы излучения и поглощения электромагнитной энергии нагретым телом происходят не непрерывно, как это принимала классическая физика, а конечными порциями – *квантами*.
- Квант – это минимальная порция энергии, излучаемой или поглощаемой телом.

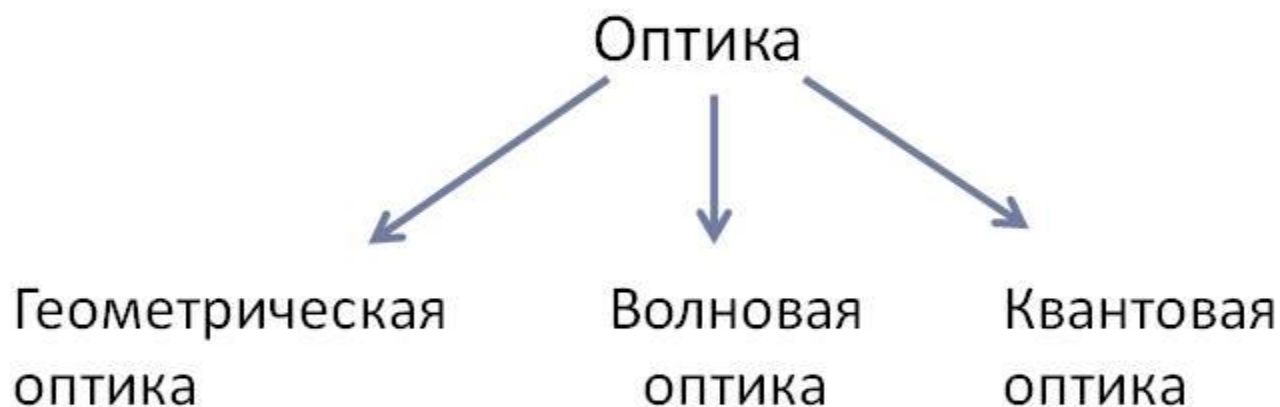




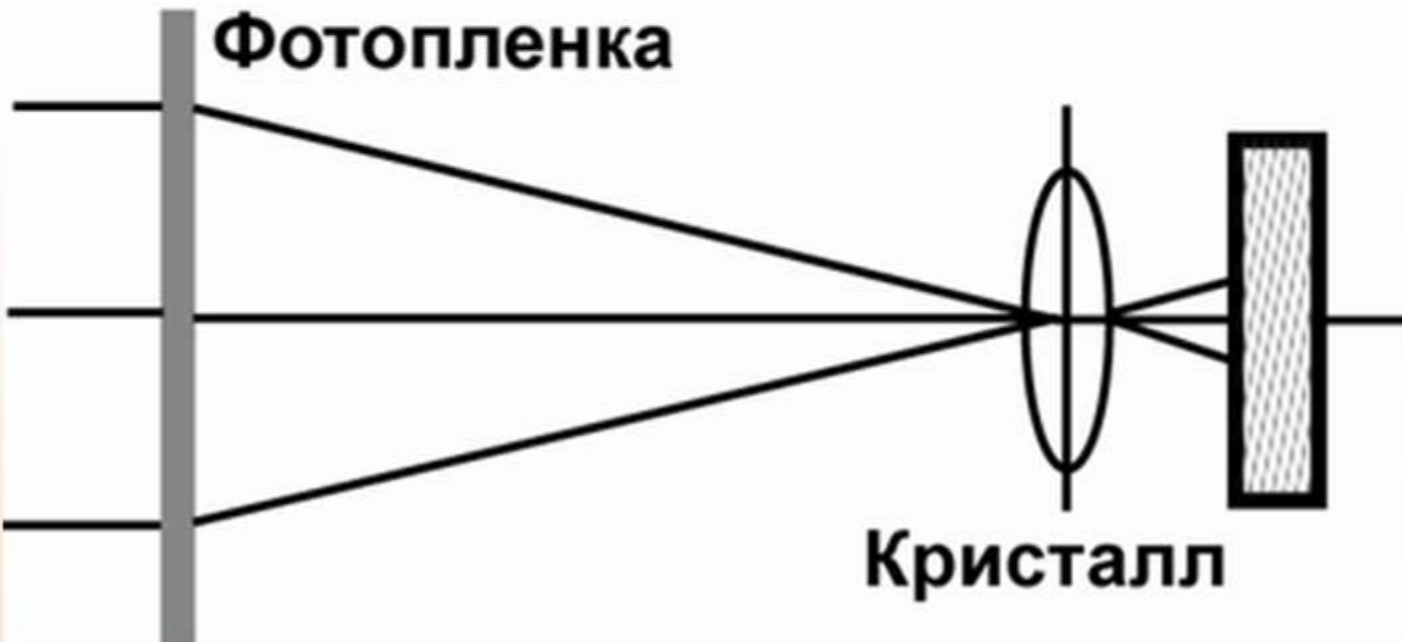
# Оптика

---

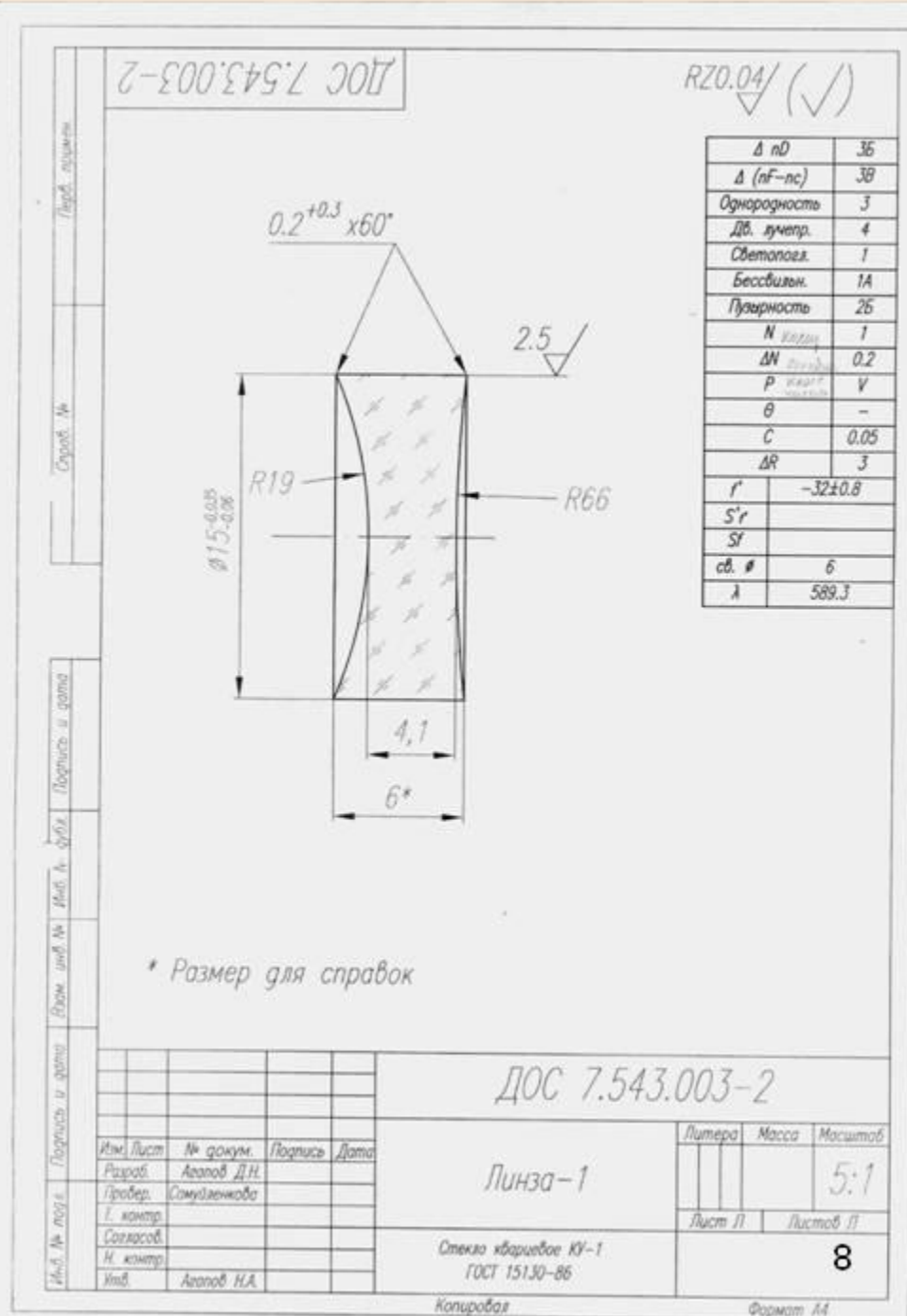
**Оптика** – раздел физики, изучающий закономерности световых явлений, природу света и его взаимодействие с веществом.



**Геометрическая оптика**, не рассматривая вопрос о природе света, исходит из эмпирических законов его распространения и использует представление о световых лучах, отражающихся и преломляющихся на границах сред с разными оптическими свойствами и прямолинейных в оптически однородной среде.



Наибольшее значение геометрическая оптика имеет для расчета и конструирования оптических приборов — от очковых линз до сложных объективов и огромных астрономических инструментов.



# Геометрическая оптика

Закон прямолинейного  
распространения света


Закон преломления

Закон отражения

## ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ ВОЛН

Происходит на границе раздела двух сред.

Законы отражения и преломления волн можно вывести из принципа Гюйгенса, согласно которому каждая точка любой волновой поверхности является источником вторичных волн. Поверхность, касательная ко всем этим вторичным волнам, тоже является волновой поверхностью в один из последующих моментов времени.



### ЗАКОНЫ ОТРАЖЕНИЯ

1. Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к границе раздела лежат в одной плоскости.
2. Угол отражения равен углу падения (углы отсчитываются от перпендикуляра к границе раздела сред).

### ЗАКОНЫ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

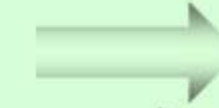
1. Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр к границе раздела сред лежат в одной плоскости.
2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред. Она называется **относительным показателем преломления** этих сред и равна отношению скоростей распространения волн в этих средах:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}.$$

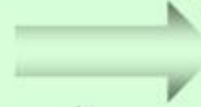
Проявлением преломления является **рефракция** — искривление лучей при прохождении волн через неоднородную среду (например, солнечных лучей через атмосферу Земли).

# Волновая оптика

- Принцип Гюйгенса



- Дисперсия света



- Интерференция



- Интерференция световых волн

- Интерференция в тонких пленках

- Применение интерференции

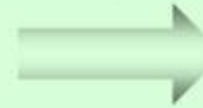


- Дифракция



- Дифракция световых волн

- Дифракционная решетка



- Поляризация света



# Свет

---

**Свет** – это электромагнитные волны с диапазоном частот от  $4 \cdot 10^{14}$  до  $7,5 \cdot 10^{14}$  Гц.

## Свет

- излучается атомами в виде частиц-квантов
- распространяется по законам волн
- поглощается веществом как поток частиц



# Видимый свет



Скорость света в вакууме  
 $300\,000\text{ км/с}$

Длина волны  
от  $4 \cdot 10^{-7}$  до  $7,5 \cdot 10^{-7}$  м

Масса покоя фотона  
равна 0

*Конечность скорости света доказывается экспериментально прямым и косвенным методами.*

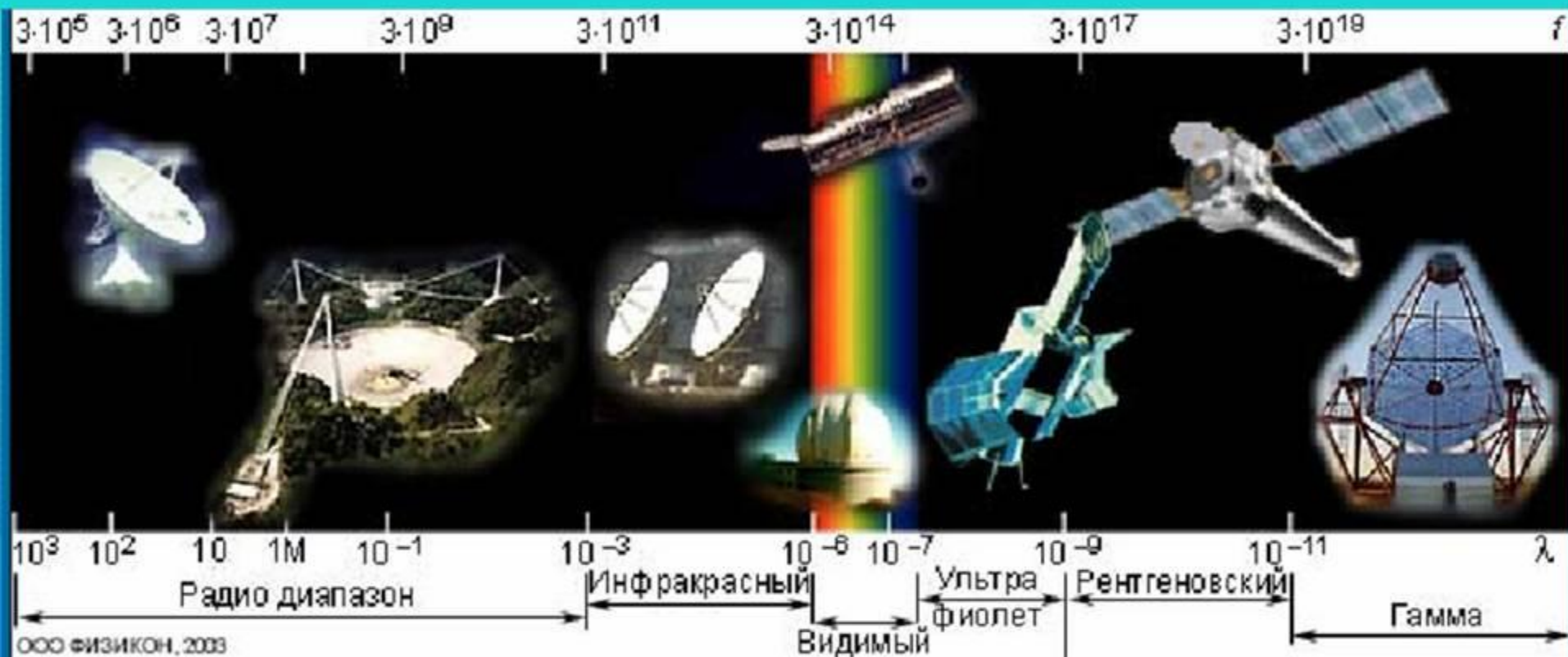
- ◆ В настоящее время с помощью лазерной техники скорость света определяется по измерениям длины волны и частоты радиоизлучения независимыми друг от друга способами и вычисляется по формуле:

$$c = \lambda \nu$$

Вычисления дают  $\longrightarrow$   $c = 299792456,2 \pm 1,1$  м/с



# Шкала электромагнитных волн.

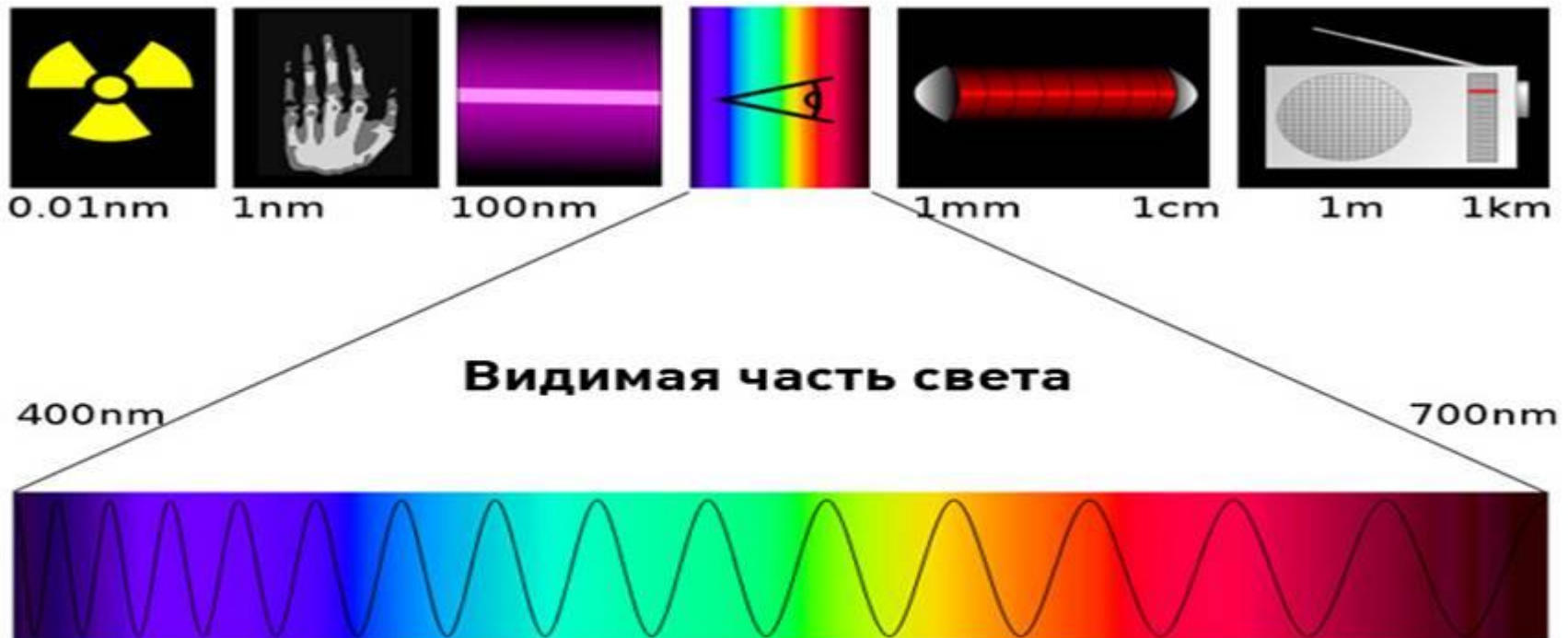


«Кругом нас, в нас самих, всюду и везде, вечно сменяясь, совпадая и сталкиваясь, идут излучения разной длины волны... Лик Земли ими меняется, ими в значительной мере лепится».

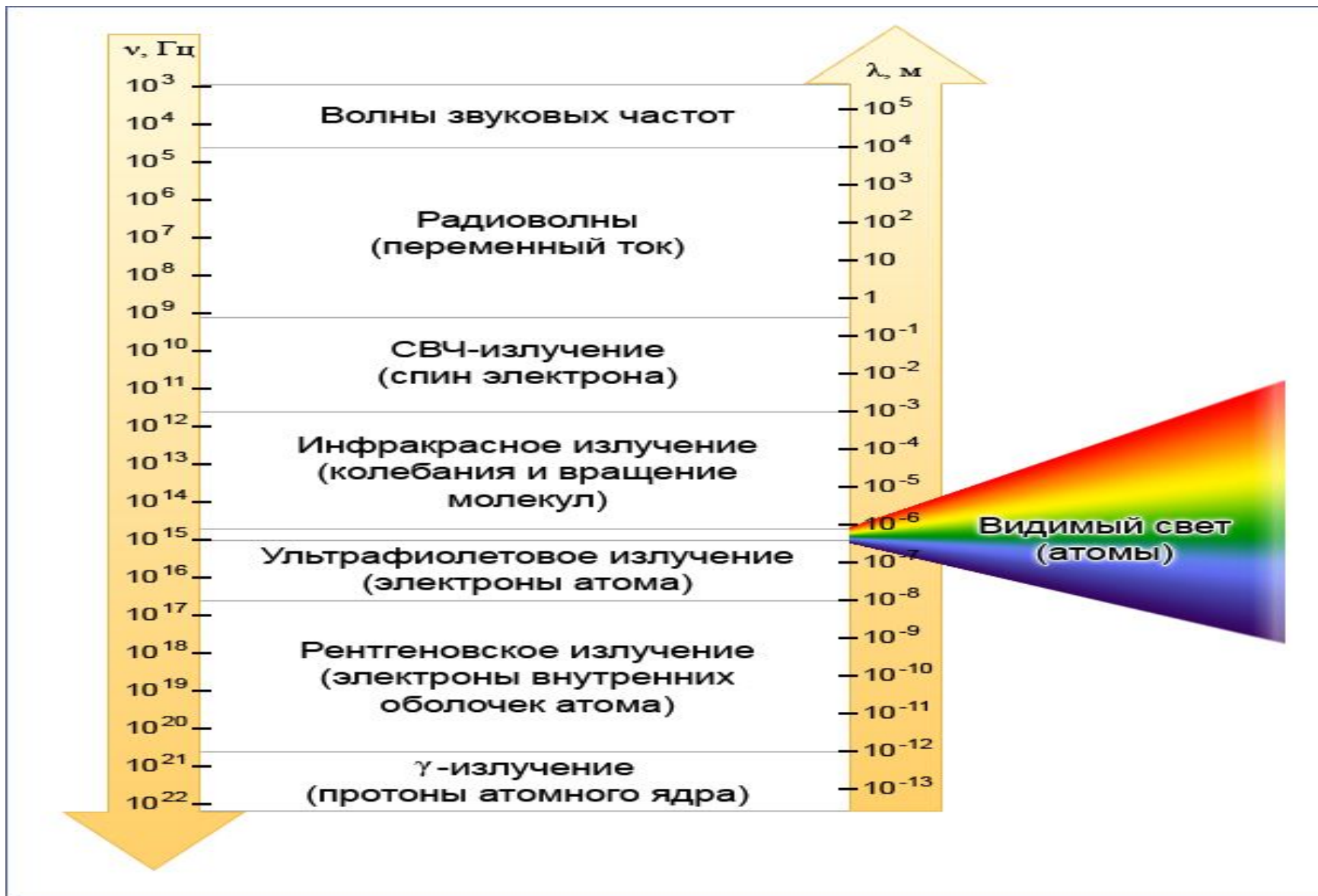
В.И.Вернадский

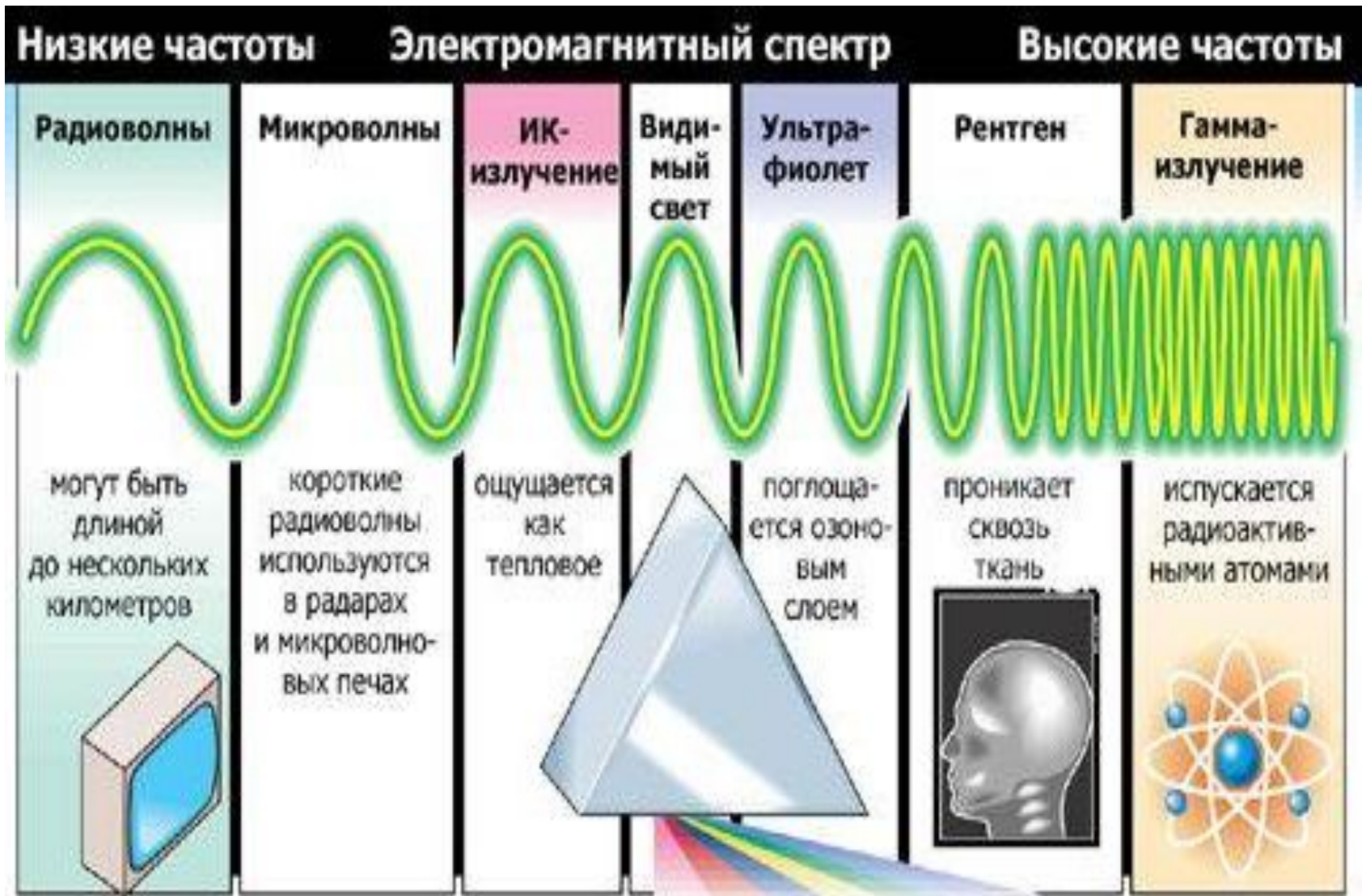
# Видимый свет

- Диапазон электромагнитных волн с длиной волны от  $3,8 \cdot 10^{-7}$  м до  $7,6 \cdot 10^{-7}$  м (частотами от  $4,0 \cdot 10^{14}$  Гц до  $8,0 \cdot 10^{14}$  Гц)



# Диапазоны волн и источники их излучения





# Шкала электромагнитных волн

Шкала электромагнитных волн включает в себя широкий спектр волн от  $10^{-13}$  до  $10^4$  м. Электромагнитные волны делятся на диапазоны по различным признакам (способу получения, способу регистрации, взаимодействию с веществом) на радио- и микроволны, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и гамма-лучи.

Несмотря на различие, все электромагнитные волны обладают общими свойствами: они поперечны, их скорость в вакууме равна скорости света, они переносят энергию, отражаются и преломляются на границе раздела сред, оказывают давление на тела, наблюдаются их интерференция, дифракция и поляризация.

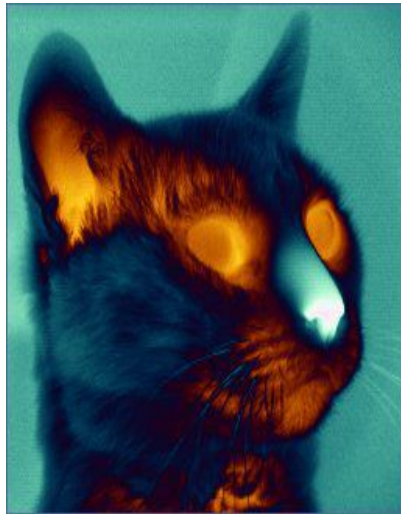
# Свойства электромагнитных волн



- С **увеличением частоты** в большей степени проявляются его **корпускулярные свойства** (свойства частиц)
- Наиболее ярко выраженными **корпускулярными свойствами** обладают **гамма – лучи**.
- С **уменьшением частоты** в большей степени проявляются его волновые свойства
- Наиболее ярко выраженными **волновыми свойствами** обладают **радиоволны**.

# Инфракрасное излучение

— это невидимое глазом электромагнитное излучение, длины волн которого находятся в диапазоне от  $8 \cdot 10^{-7}$  до  $10^{-3}$  м



Голубые области — более холодные, жёлтые — более тёплые. Области разных цветов отличаются по температуре.

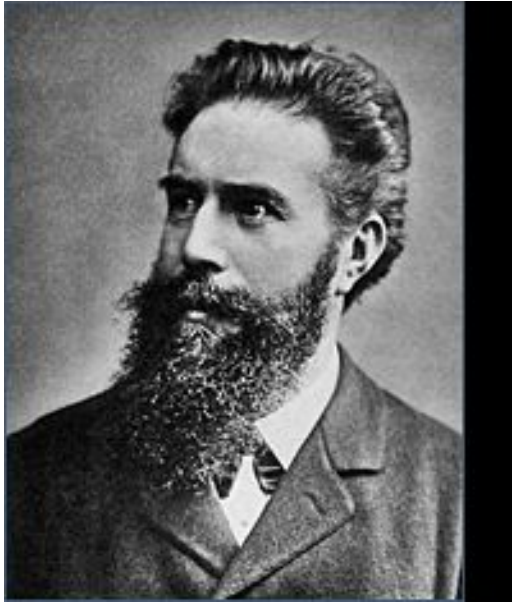
**Фотография головы в инфракрасном излучении**

# Ультрафиолетовое излучение

Электромагнитное излучение, невидимое глазом в диапазоне длин волн от 10 до 380 нм

Ультрафиолетовое излучение способно убивать болезнетворных бактерий, поэтому его широко применяют в медицине. Ультрафиолетовое излучение в составе солнечного света вызывает биологические процессы, приводящие к потемнению кожи человека – загару. В качестве источников ультрафиолетового излучения в медицине используются газоразрядные лампы. Трубки таких ламп изготавливают из кварца, прозрачного для ультрафиолетовых лучей; поэтому эти лампы называют кварцевыми лампами.





# Рентгеновские лучи

**Вильгельм Конрад Рентген** — немецкий физик. Родился 27 марта 1845 г. в городе Леннеп, близ Дюссельдорфа.

Рентген был крупнейшим экспериментатором, он провёл множество уникальных для своего времени экспериментов.

Наиболее значительным достижением Рентгена было открытие им X-лучей, которые носят теперь его имя.

Это открытие Рентгена радикально изменило представления о шкале электромагнитных волн. За фиолетовой границей оптической части спектра и даже за границей ультрафиолетовой области обнаружилась область ещё более коротковолнового электромагнитного излучения, примыкающего далее к гамма-диапазону.

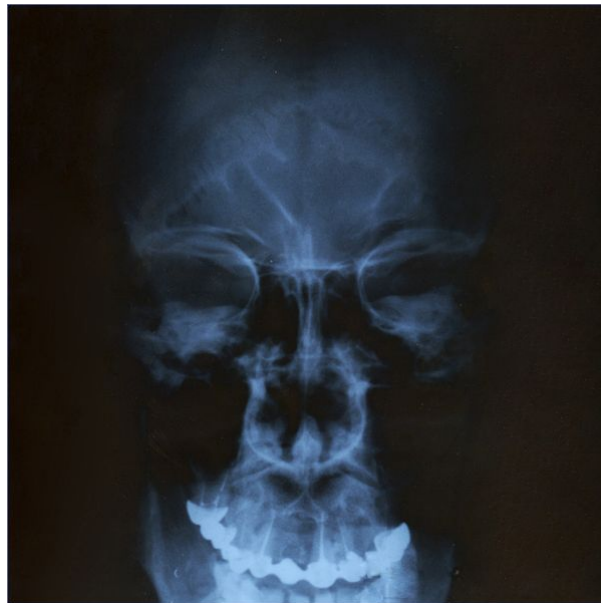


При прохождении рентгеновского излучения через вещество уменьшается интенсивность излучения за счёт рассеяния и поглощения.

Рентгеновские лучи применяются в медицине для диагностики заболеваний и для лечения некоторых заболеваний.

Дифракция рентгеновских лучей позволяет исследовать структуру кристаллических твёрдых тел.

Рентгеновские лучи используются для контроля структуры изделий, обнаружения дефектов.



**Свет** – это излучение,  
воспринимаемое  
глазом. Поэтому свет  
называют видимым  
излучением.

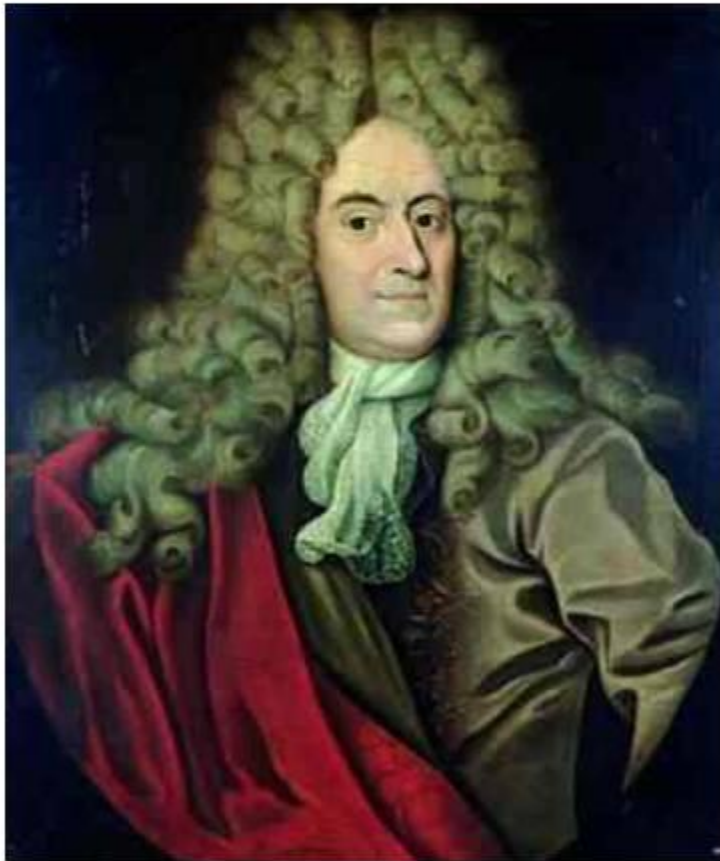
**Источник света** – тело, от  
которого исходит световая  
волна.



Скорость света.  $299792458 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Оле Кристенсен Рёмер

1676 год



Арман Ипполит Луи Физо

1849 год



# Скорость света

$$v_{\text{света}} = c = 299792458 \frac{\mathcal{M}}{c} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\mathcal{M}}{c}$$



Скорость света в вакууме является одной из фундаментальных физических постоянных.

Если свет распространяется в какой-либо среде, то скорость его распространения также выражается следующим соотношением:

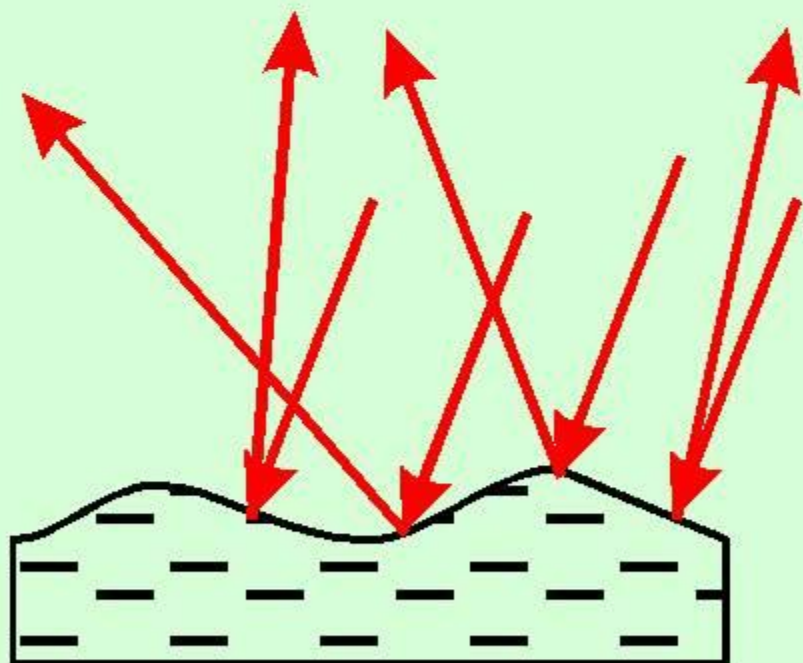
где:  $n$  – показатель преломления вещества – физическая величина, показывающая во сколько раз скорость света в среде меньше чем в вакууме.

**Главным источником света является Солнце**

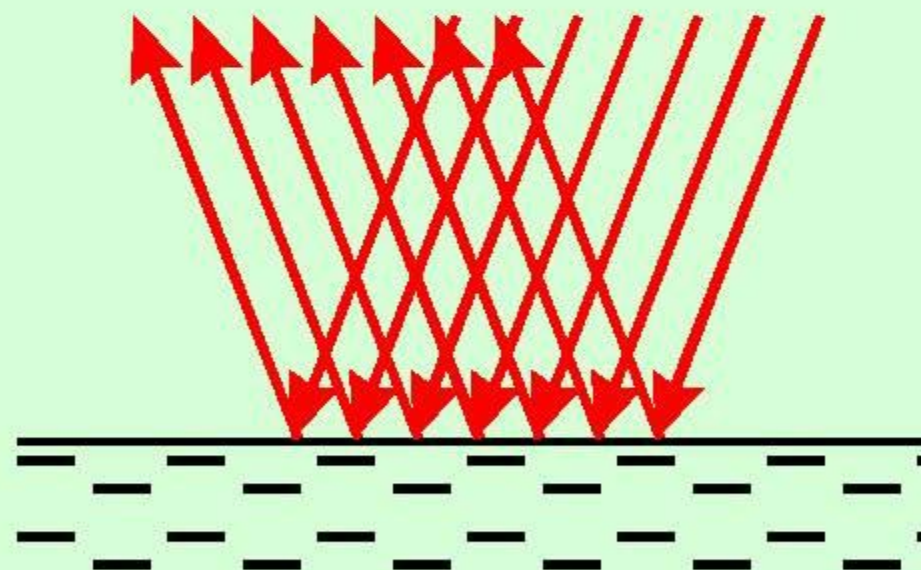


# Отражение света

Рассеянное отражение  
(шероховатая поверхность)

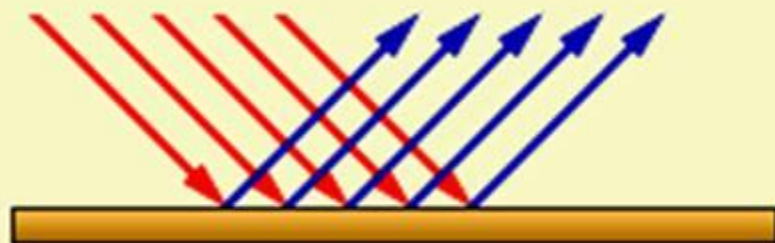


Зеркальное отражение  
(гладкая поверхность)

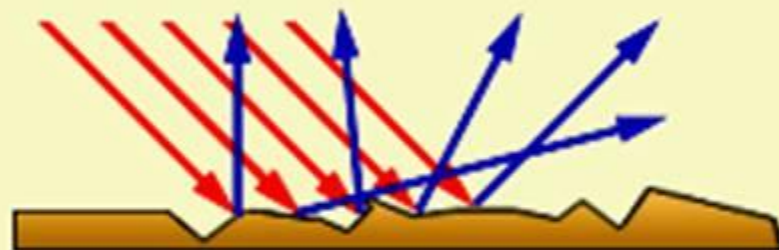




# отражение световых лучей



Зеркальное отражение



Рассеянное отражение

Шероховатая поверхность, в отличие от зеркальной, отражает световые лучи в разные стороны

# Виды отражения

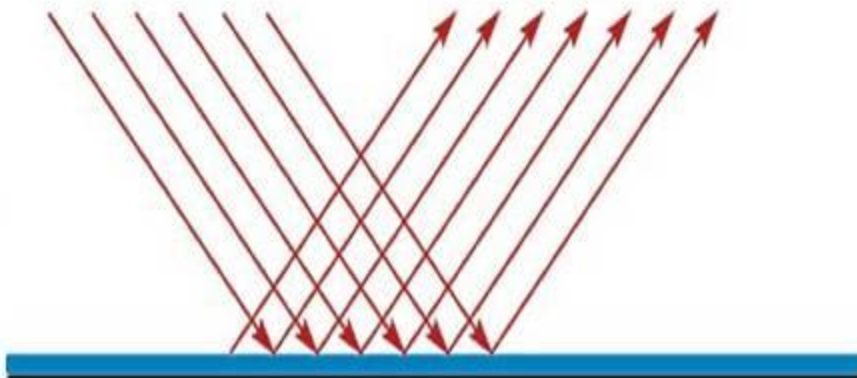
---

Диффузное отражение



- ▶ Поверхность, размеры неровностей которой больше световой волны, отражает лучи по всевозможным направлениям

Зеркальное отражение

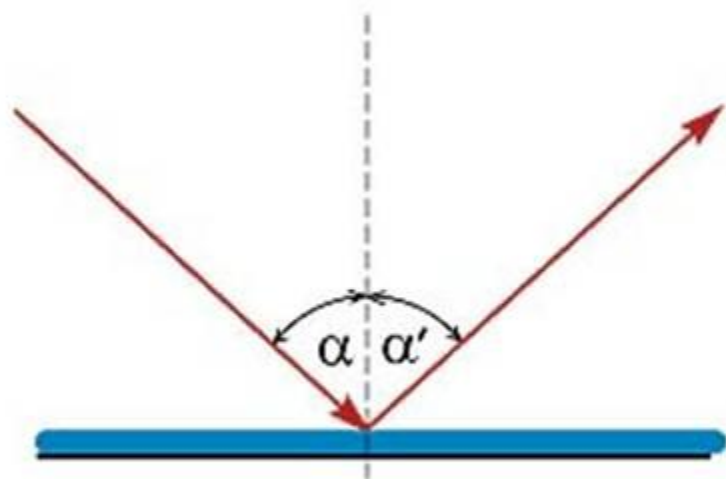


- ▶ Поверхность, размеры неровностей которой меньше длины световой волны, отражает лучи параллельным пучком.



# Отражение света

---



- ▶ Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.
- ▶ Угол отражения равен углу падения



# Преломление света

**Преломление света** – это изменение распространения света при прохождении через границу раздела двух сред



# **Четыре закона геометрической оптики,**

установленные опытным путем:

- 1. закон прямолинейного распространения света;**
- 2. закон независимости световых лучей;**
- 3. закон отражения;**
- 4. закон преломления света.**

# Прямолинейное распространение света

Световой луч – это линия, вдоль которой распространяется энергия от источника света. Если между глазом и каким-нибудь источником света поместить непрозрачный предмет, то источник света мы не увидим.

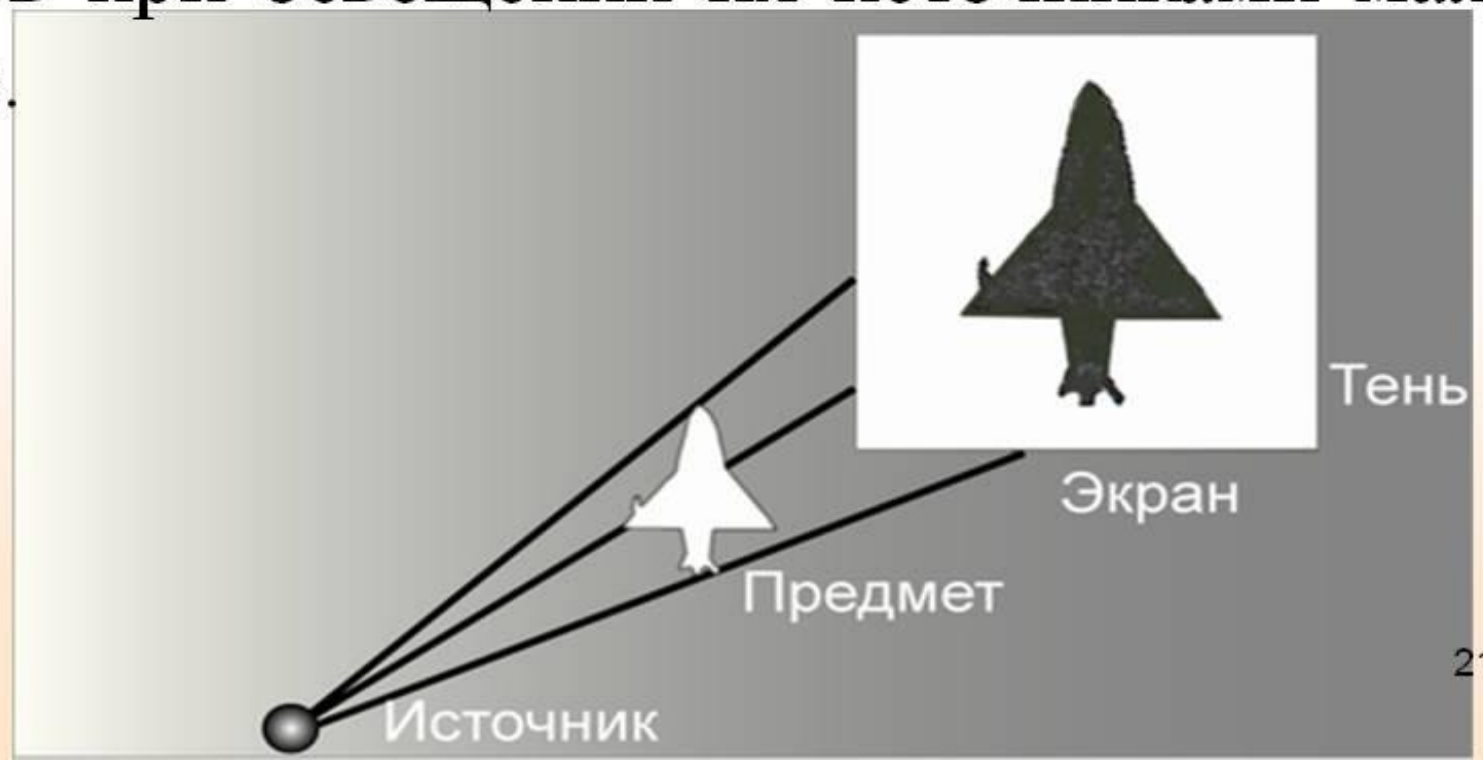
Объясняется это тем, что В однородной среде свет распространяется прямолинейно. Об этом писал ещё основатель геометрии Евклид.



# 1. Закон прямолинейного распространения света

**свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно.**

Доказательством этого закона является наличие тени с резкими границами от непрозрачных предметов при освещении их источниками малых размеров.



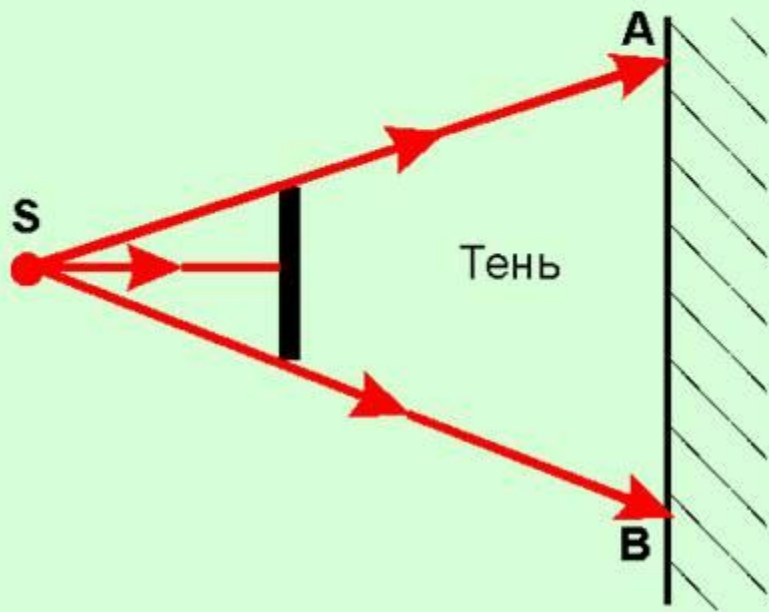
Тень, отбрасываемая предметом, обусловлена **прямолинейностью распространения световых лучей** в оптически однородных средах



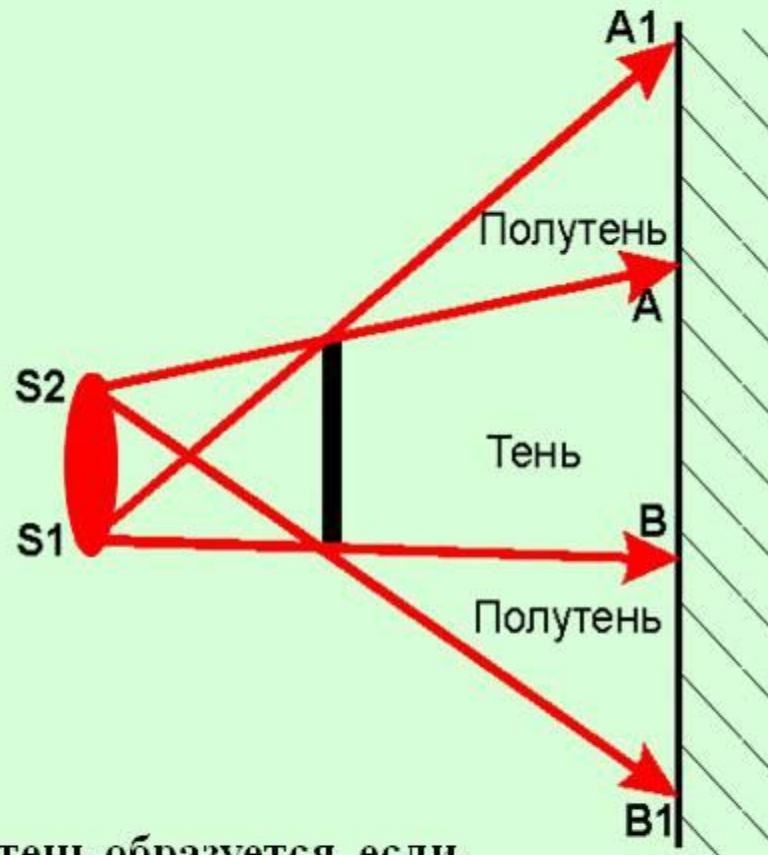
Если размеры препятствия много больше длины волны, то волны за него не проникают, создается область тени



# Образование тени и полутени



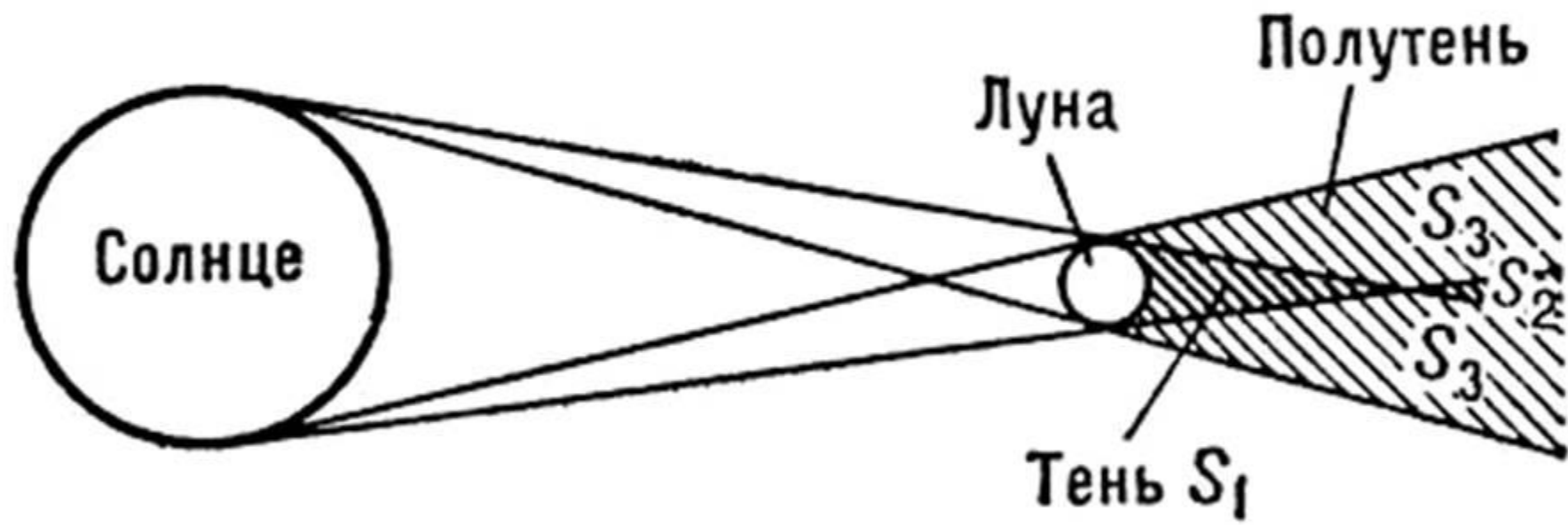
Тень образуется, если размер источника меньше размера препятствия.



Полутень образуется, если размер источника больше размера препятствия.



**Полутень** – это область пространства, в которую попадает свет от части источника света.



Проявление прямолинейного распространения  
света – образование тени.  
Солнечное затмение



## Прямолинейное распространение света



Маяк Голубиный Мыс вблизи калифорнийского города Сан-Франциско в США освещает местность, как и сто лет назад. Свет пяти керосиновых ламп проходит через 24 вращающиеся линзы Френеля, предупреждая приближающиеся корабли о близком берегу

## 2. Закон независимости световых пучков:

эффект, производимый отдельным пучком, не зависит от того, действуют ли одновременно остальные пучки или они устранены.

Разбивая световой поток на отдельные световые пучки (например, с помощью диафрагм), можно показать, что действие выделенных световых пучков независимо.

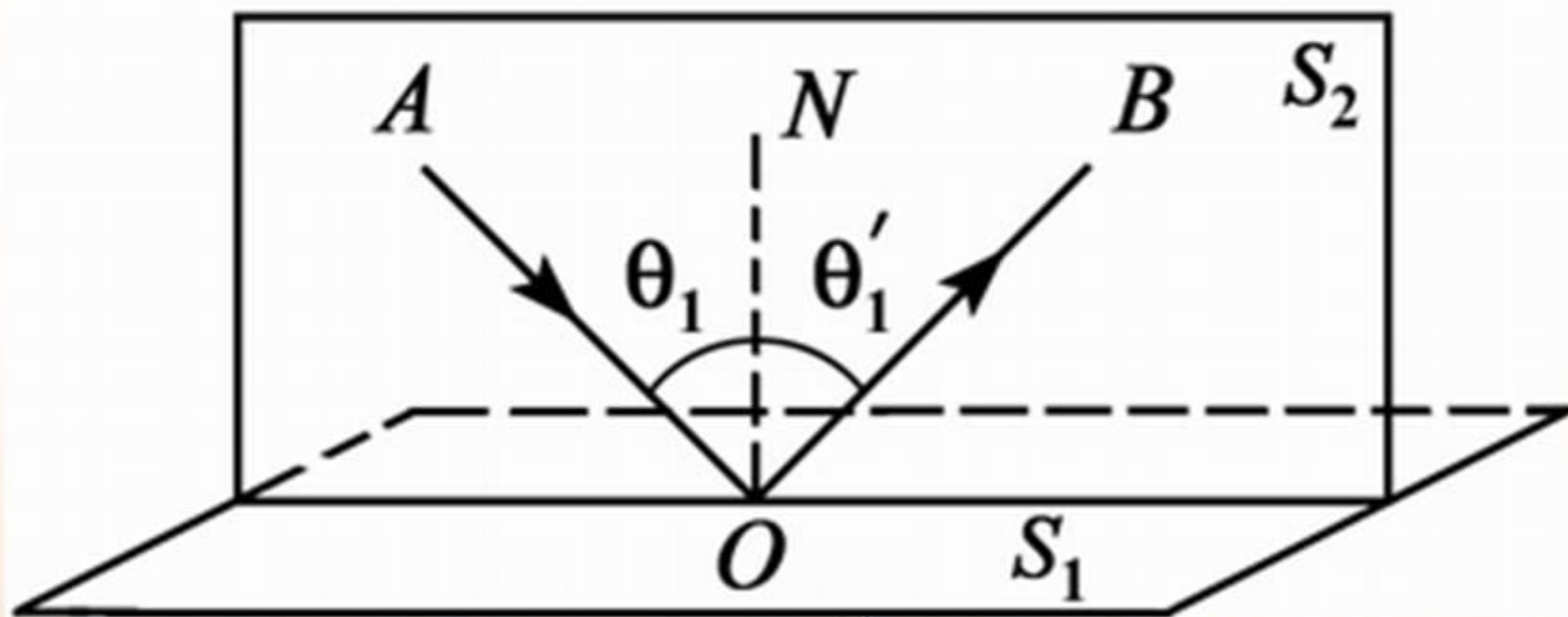


Производим  
других пучков

от наличия

### 3. Закон отражения

- Угол падения равен углу отражения.
- Отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, к границе раздела двух сред в точке падения.



$S_1$  - отражающая поверхность;  $S_2$  - плоскость падения;  $AO$  - падающий луч;  $OB$  - отраженный луч;  $ON$  - нормаль к отражающей поверхности.

**Доказательство этого закона вытекает из принципа Гюйгенса.**

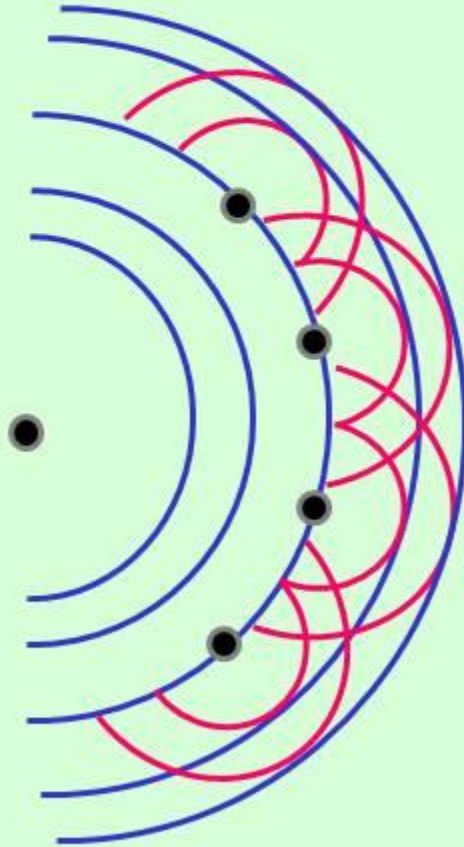
### **Принцип Гюйгенса**

**Каждая точка, до которой доходит световое возбуждение, является в свою очередь центром вторичных волн; поверхность, огибающая в некоторый момент времени эти вторичные волны, указывает положение к этому моменту фронта действительно распространяющейся волны.**

# Принцип Гюйгенса

Каждая точка среды, до которой дошла волна, сама становится источником вторичных волн.

Точечный  
источник



Фронт первичной волны – это огибающая фронтов вторичных волн.





# Закон отражения.

Падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр к отражающей поверхности, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости.

Угол падения равен углу отражения.



## 4. Закон преломления:

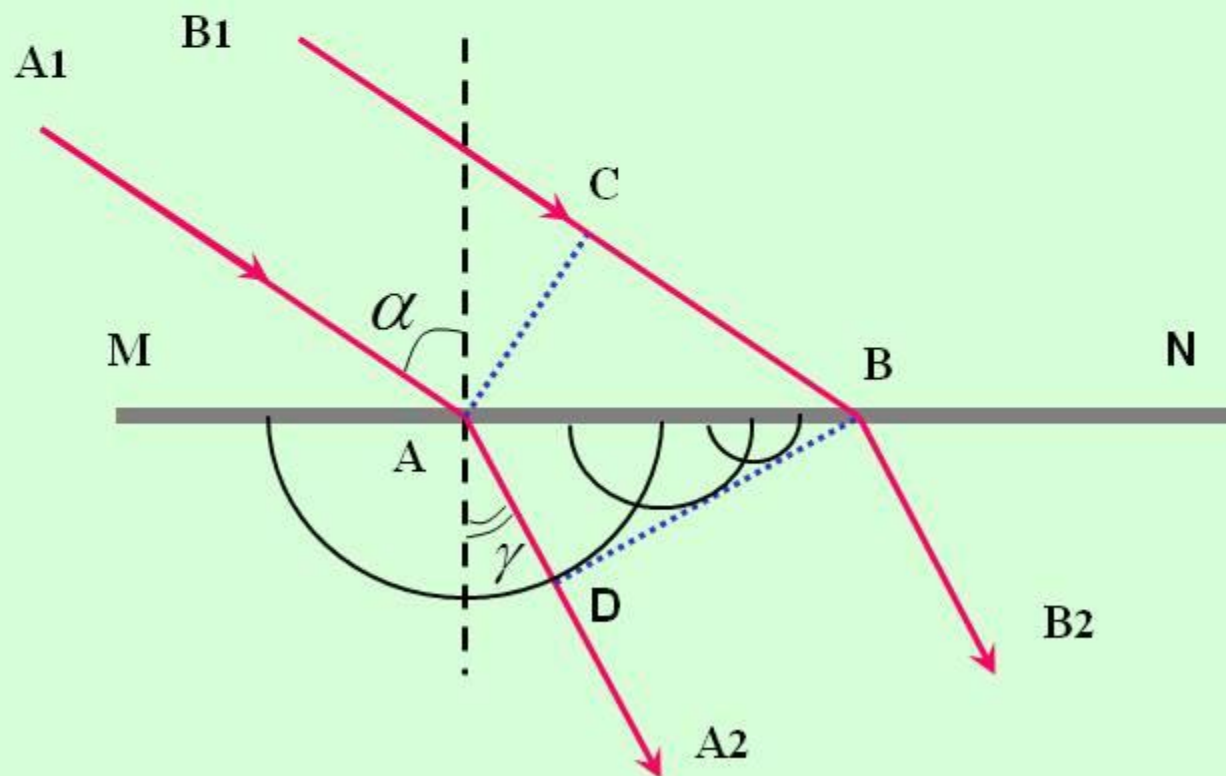
- *отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред:*
- *луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела в точке падения, лежат в одной плоскости;*



$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{c}{v} = n$$

# Преломление света

Закон преломления света: луч падающий на поверхность, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения лежат в одной плоскости; отношения синуса угла падения к синусу угла отражения есть величина постоянная для данных двух сред.



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$$



# Следствия из закона преломления

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

$n$ -относительный показатель преломления

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

$n_1$  и  $n_2$  - абсолютные показатели преломления  
по таблице №12



## физический смысл показателя преломления

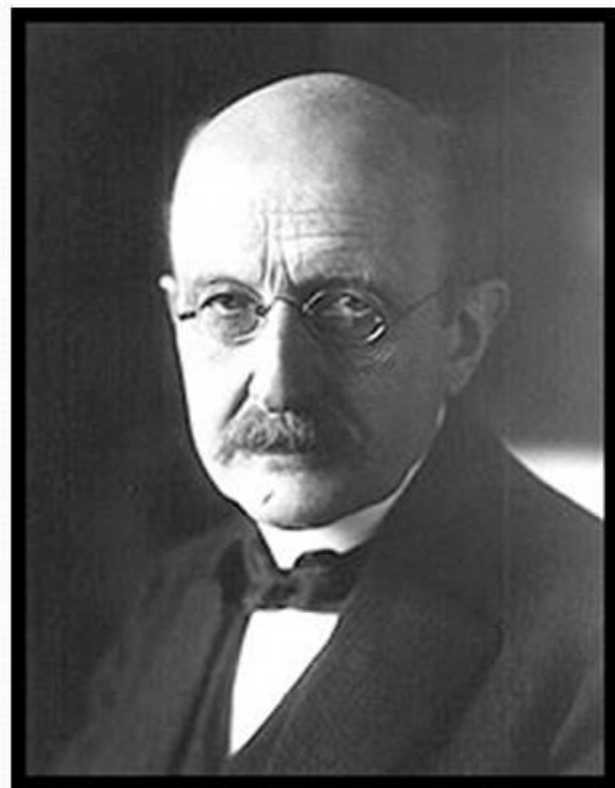
$$n = \frac{V_1}{V_2}$$

показатель преломления показывает во сколько раз  
изменяется скорость света при переходе из одной  
прозрачной среды в другую

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

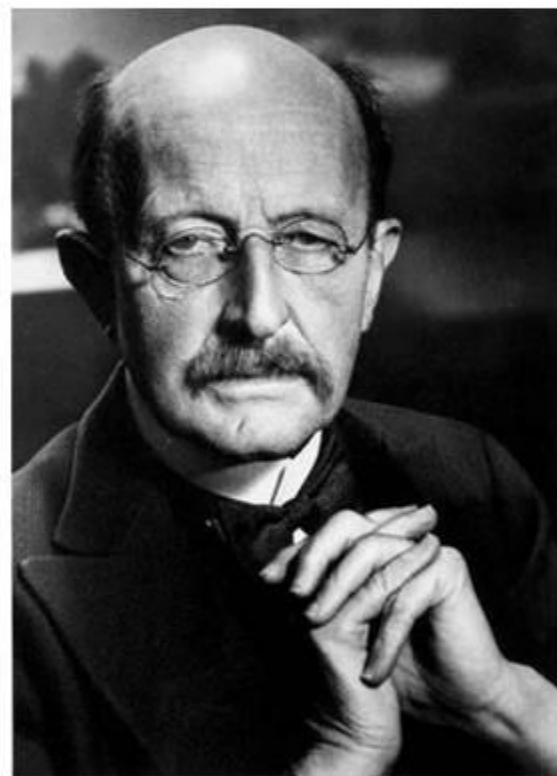
# Макс Планк – 1900г

- процессы излучения и поглощения электромагнитной энергии нагретым телом происходят не непрерывно, как это принимала классическая физика, а конечными порциями – *квантами*.
- Квант – это минимальная порция энергии, излучаемой или поглощаемой телом.



# Квантовая теория

- В 1900 году Макс Планк выдвинул гипотезу, что атомы испускают электромагнитную энергию порциями – **квантами**.
- Энергия кванта  $E = h\nu$ , где  $h$  - постоянная Планка,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж/с
- Квант электромагнитного излучения называют **фотоном**



Макс Планк  
(1858—1947)

# Квантовая теория

1900 г.

Макс Планк

«квант» - порция

Свет излучается, распространяется и поглощается порциями – квантами.

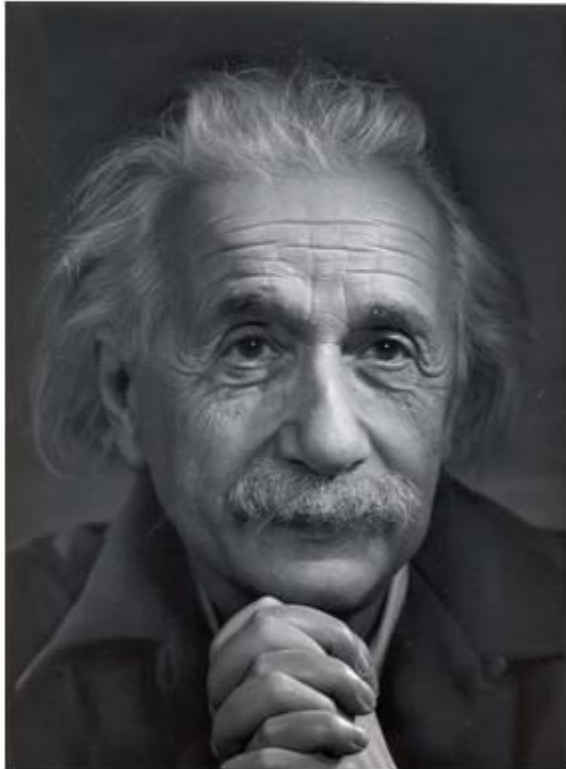
$$\left. \begin{aligned} E &= h\nu \\ E &= h\frac{c}{\lambda} \end{aligned} \right\} \text{ - энергия одного кванта света}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \text{ - постоянная Планка}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,053 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$



# Квантовая теория



Эйнштейн  
(1879–1965)

- В 1905 году немецкий физик Альберт Эйнштейн выдвинул гипотезу, что электромагнитные волны с частотой  $\nu$  можно рассматривать как поток квантов излучения с энергией  $E = h\nu$ .
- Свет представляет собой электромагнитную волну, пока не происходит обмен энергией с веществом.
- Переход энергии от света к веществу или от вещества к свету подчиняется соотношению  $E = h\nu$ .



# ФОТОН



- Фотон – это элементарная частица, являющаяся квантом электромагнитного излучения.
- Фотон не обладает массой покоя
- Фотон не имеет заряда
- Фотон распространяется со скоростью света

энергия кванта  $E$   
прямо пропорциональна частоте  
света

$$E = hf$$

$h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  Дж\*с - постоянная Планка

# ФОТОН= СВЕТОВОЙ КВАНТ

- электрически нейтральная световая частица.
- Существует только в движении (нет массы покоя).
- Частица электромагнитного поля.
- Двигается со скоростью света.

$$E = h f$$

$$p = E/c = hf/c$$

$$m = h f/c^2$$

# Проверь себя!

## Показатель преломления

алмаз	2,4
вода	1,3
воздух	1
сероуглерод	1,63
спирт ЭТИЛОВЫЙ	1,36
стекло	1,6

9) В какой из сред (см. табл.) свет распространяется с наименьшей скоростью?

Ответ: в алмазе

10) Чему равна скорость света в воде?

1.  $2,3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

2.  $1,25 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

3.  $3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$

4.  $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Ответ: 2.  $1,25 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

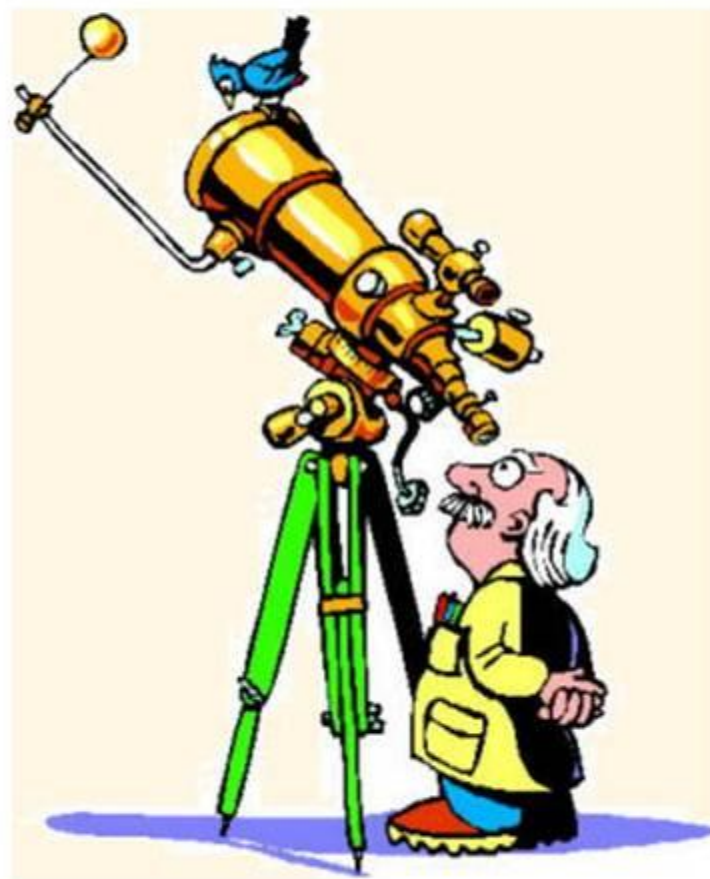
## Глоссарий

<i>Понятие</i>	<i>Значение</i>
геометрическая оптика	раздел оптики, в котором изучаются законы распространения световой энергии в прозрачных средах на основе представления о световом луче.
Принцип Гюйгенса	Каждая точка среды, до которой дошло возмущение, сама становится источником вторичных волн.
Интерференция	это сложение двух волн, вследствие которого наблюдается устойчивая во времени картина усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.
Дифракция	это огибание волнами краёв препятствий. Дифракция присуща любому волновому движению
Дифракционная решётка	представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделённых непрозрачными промежутками.
Луч	Это линия вдоль которой распространяется свет
Скорость света	Максимально возможная скорость в природе, скорость распространения электромагнитной волны, постоянная величина.



Школа  
РОСАТОМА

**Благодарю  
за  
внимание!**

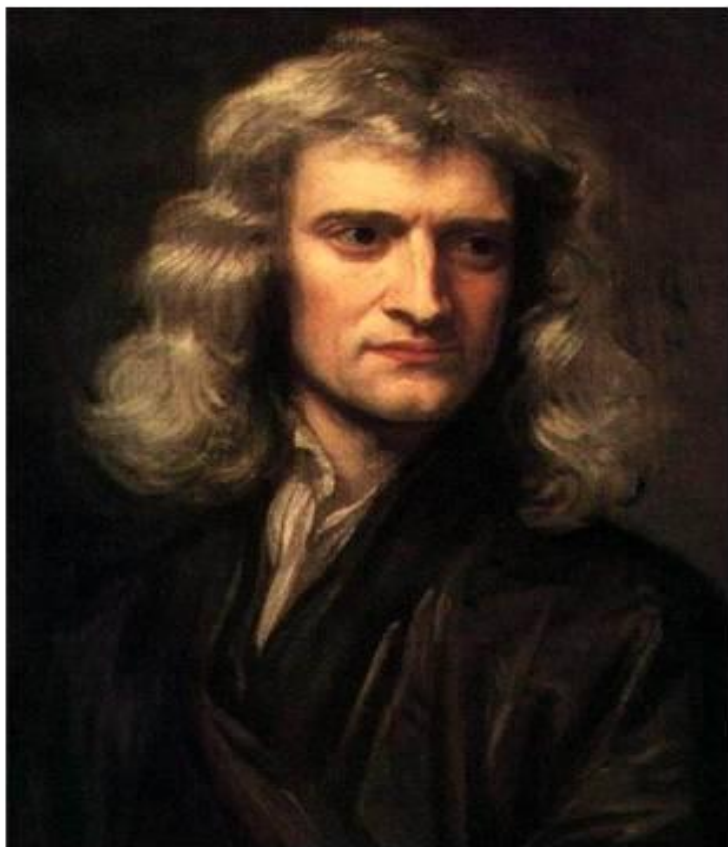




# Проверка знаний



Назовите ученых и их вклад в развитии оптики. Как называется теория каждого. В чем суть теории.



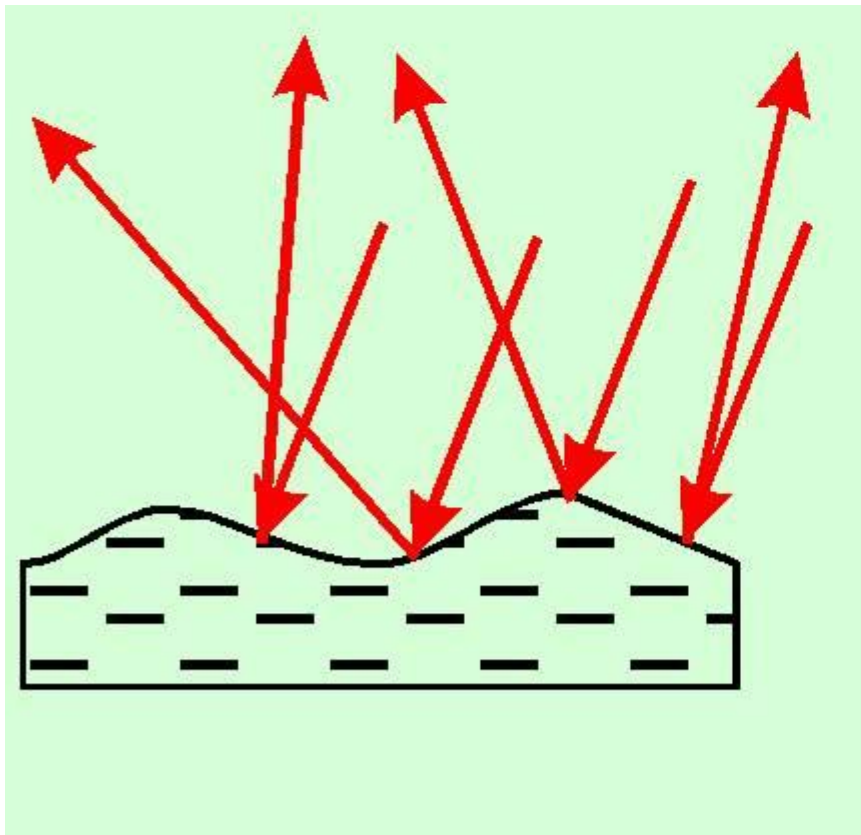
I вариант



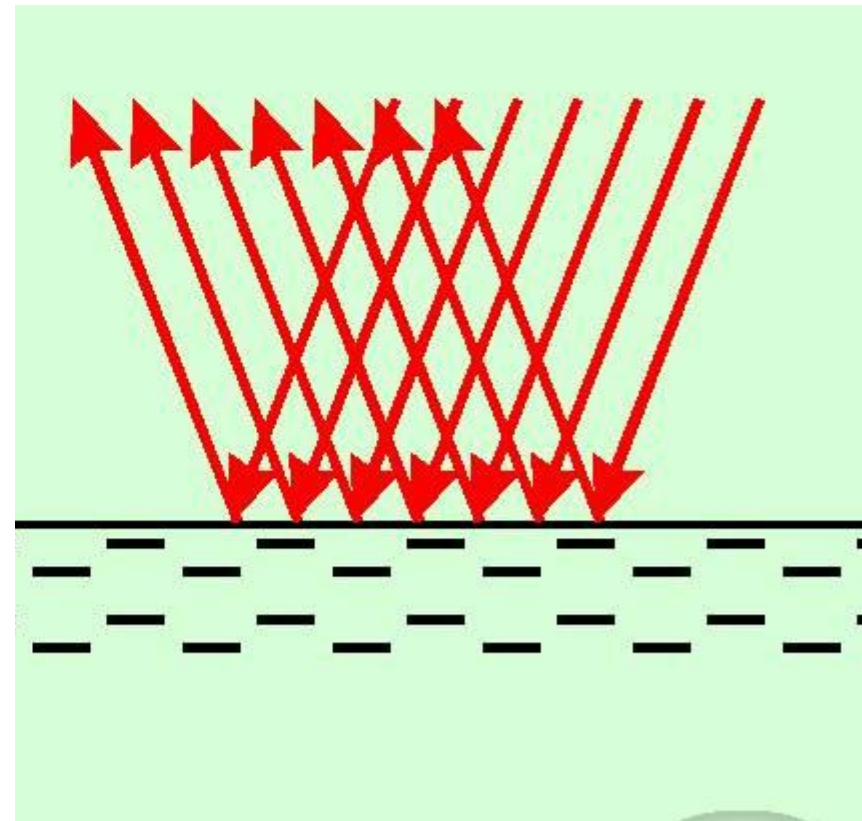
II вариант



Что показано на схеме. Назовите процессы и виды.

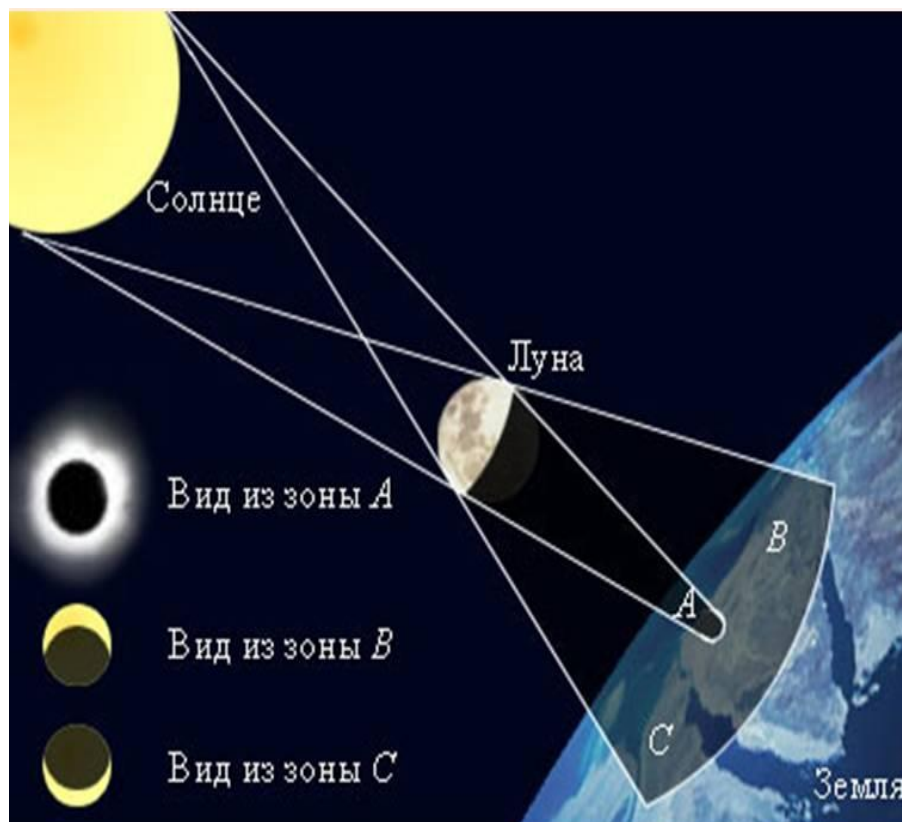


I вариант



II вариант

Какие физические явления вы видите? Назовите закон оптики, подтверждающий это явление. Дайте формулировку закона.



I вариант



II вариант

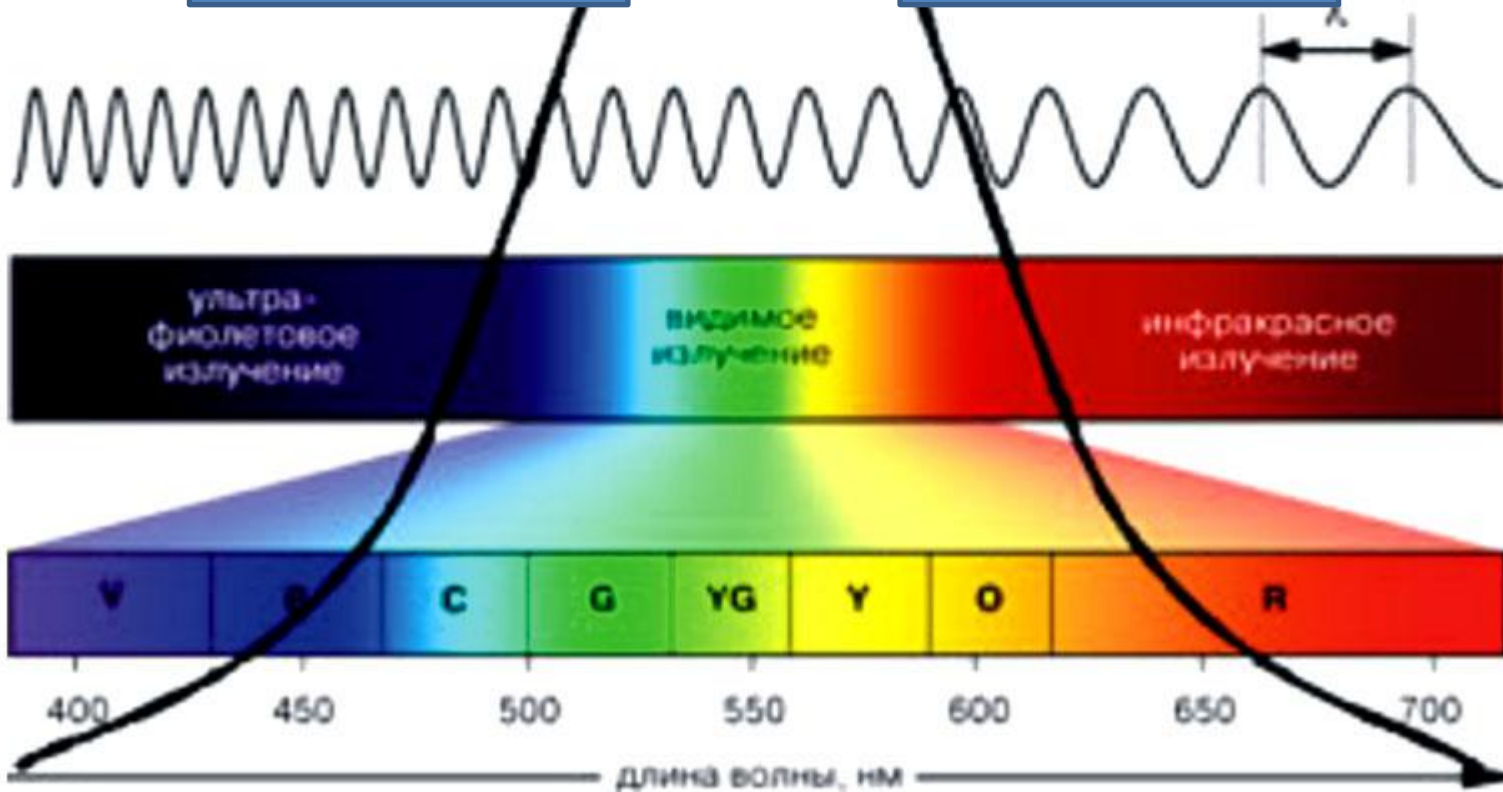
На основании схемы дайте определения  
ПОНЯТИЯМ:

СВЕТ

ЦВЕТ

I вариант

II вариант



# Вопрос

Какие лучи наиболее сильно преломляются?

Какой, по цвету, световой луч имеет наибольшую скорость?

- А) голубой,
- Б) синий,
- В) оранжевый,
- Г) красный,
- Д) фиолетовый,
- Е) желтый,
- Ж) зеленый.



- А) синий,
- Б) красный,
- В) фиолетовый,
- Г) оранжевый,
- Д) желтый,
- Е) зеленый,
- Ж) голубой.



# Вопрос



Огибание волнами препятствий называется:

Сложение волн распространяющихся в пространстве называется:

- А) дисперсией,
- Б) преломлением,
- В) интерференцией

- А) дисперсией,
- Б) преломлением,
- В) интерференцией

I вариант

II вариант

# Предмет кажется нам

## белым

- **А.** одинаково отражает все падающие на его лучи;
- **Б.** одинаково поглощает все падающие на его лучи;
- **В.** одинаково поглощает и отражает все падающие на его лучи.

I вариант

## черным

- **А.** одинаково отражает все падающие на его лучи;
- **Б.** одинаково поглощает все падающие на его лучи;
- **В.** одинаково поглощает и отражает все падающие на его лучи.

II вариант

Угол падения луча света на зеркальную поверхность равен  $15^\circ$  градусов. Чему равен угол отражения?

А.  $30^\circ$

Б.  $40^\circ$

В.  $15^\circ$

Г.  $45^\circ$

I вариант

Угол между падающим и отраженным лучами равен  $30^\circ$ . Каким будет угол отражения, если угол падения увеличится на  $15^\circ$ ?

А.  $15^\circ$

Б.  $30^\circ$ ;

В.  $45^\circ$ ;

Г.  $0^\circ$

II вариант

Какими должен быть угол, падения  
светового луча, чтобы отражённый луч  
составлял с падающим угол



I вариант –  $50^\circ$



II вариант –  $80^\circ$ .

А)  $20^\circ$ ;

Б)  $25^\circ$ ;

В)  $40^\circ$

Г)  $100^\circ$



Как меняется скорость света при  
переходе из:

воздуха в стекло

ВОДЫ В ВОЗДУХ

А) уменьшается;  
Б) увеличивается;  
В) не меняется.

I вариант

II вариант

**СПАСИБО**



**ЗА**

**ВНИМАНИЕ!**

1. Скорость распространения света в первой среде 225 000 км/ч, а во второй — 200 000 км/с. Луч света падает на поверхность раздела этих сред под углом  $30^\circ$  и переходит во вторую среду (рис. 111). Определите угол преломления луча и показатель преломления второй среды относительно первой.

Дано:

$$v_1 = 225\,000 \text{ км/с}$$

$$v_2 = 200\,000 \text{ км/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$n_{21} = ?$$

$$\beta = ?$$

Решение:

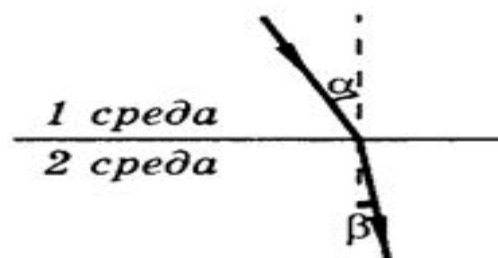


Рис. 111

Вторая среда оптически более плотная, так как скорость света в ней меньше, чем в первой. Следовательно,  $\beta < \alpha$ .

$$\text{По определению } n_{1,2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta};$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_{12}}; \beta = \arcsin \left( \frac{\sin \alpha}{n_{12}} \right).$$

Физический смысл относительного показателя преломления:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Отсюда:

$$n_{21} = \frac{225\,000 \text{ км/с}}{200\,000 \text{ км/с}} = 1,125.$$

