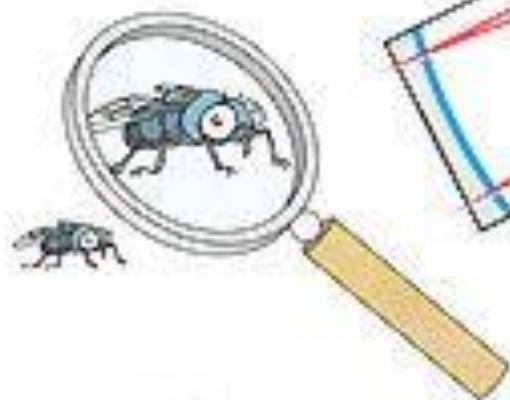
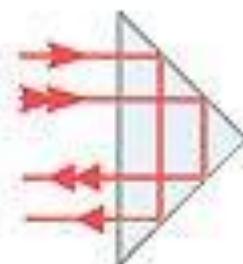
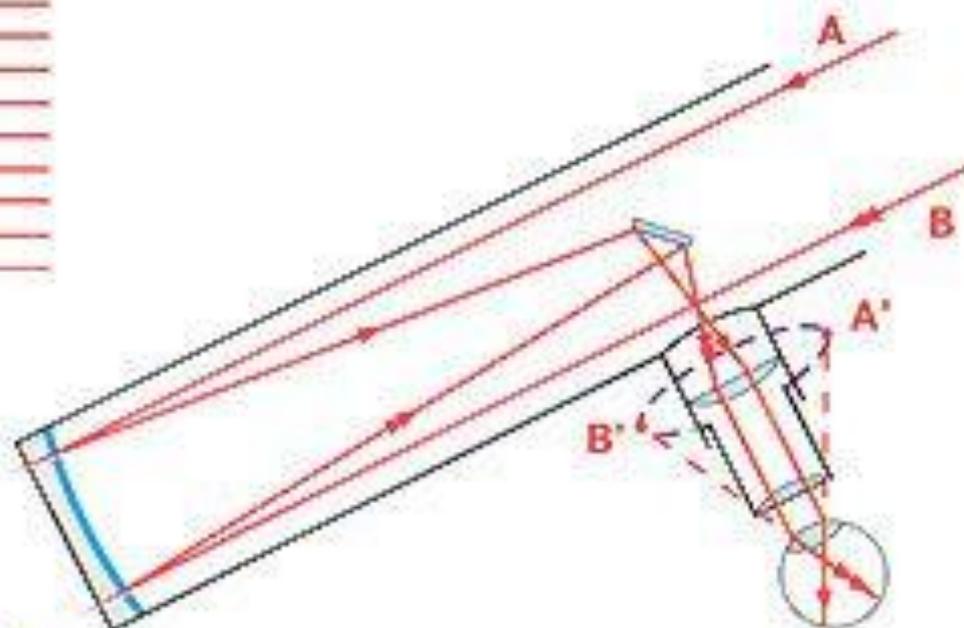
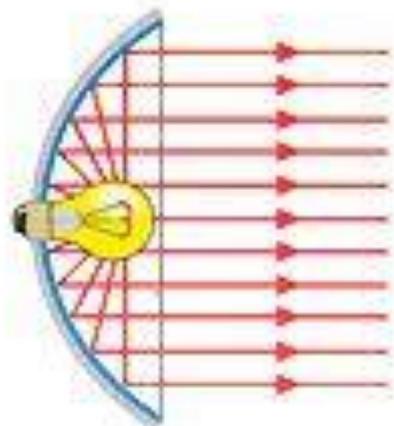


# Оптика

Оптика - раздел физики, в котором изучаются закономерности световых (оптических) явлений, природа света и его взаимодействие с веществом.

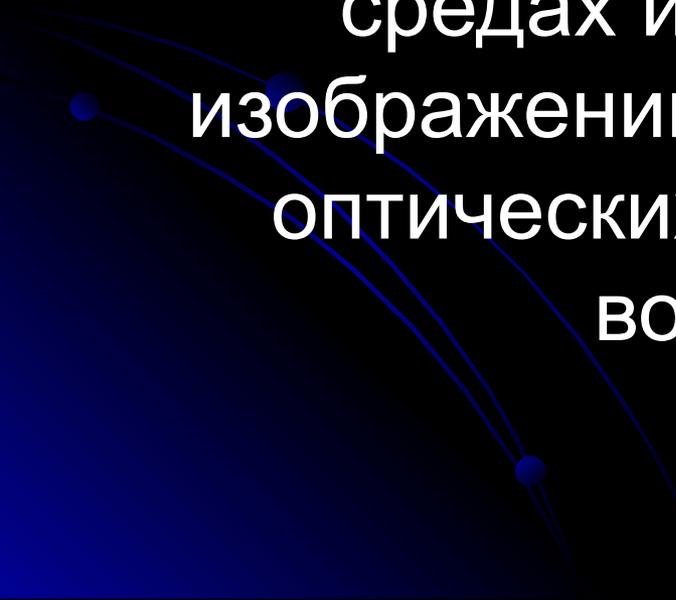
Оптику делят на *геометрическую* и *волновую*.

# Геометрическая оптика



# Геометри́ческая оптика

— раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах и принципы построения изображений при прохождении света в оптических системах без учёта его волновых свойств.



# Разделы геометрической ОПТИКИ

Среди разделов геометрической оптики стоит отметить:

- ➔ расчёт оптических систем в параксиальном приближении.
- ➔ распространение света вне параксиального приближения, формирование каустик и прочих особенностей световых фронтов.
- ➔ распространение света в неоднородных и неизотропных средах (градиентная оптика)
- ➔ распространение света в волноводах и оптоволокне
- ➔ распространение света в гравитационных полях массивных астрофизических объектов, гравитационное линзирование.

# Расчет оптических систем в параксильном приближении

*Параксильные ( нулевые ) лучи* -лучи, идущие бесконечно близко к главной оптической оси или под весьма малыми углами к ней, и образующие на всех оптических поверхностях бесконечно малые углы падения и преломления.

*Можно сказать, что параксиальным лучом будет луч, проходящий внутри бесконечно узкого цилиндра, окружающего оптическую ось системы.*

# *Параксиальное приближение*

в геометрической оптике — рассмотрение только параксиальных лучей.

Применимо во многих оптических приборах и существенно упрощает теоретические расчеты.

# Законы геометрической ОПТИКИ

➤ Закон прямолинейного распространения света

➤ Закон независимого распространения лучей

Закон отражения света

➤ Закон преломления света Закон

➤ преломления света (Закон Снелла)

➤ Закон обратимости светового луча.

# Световой луч



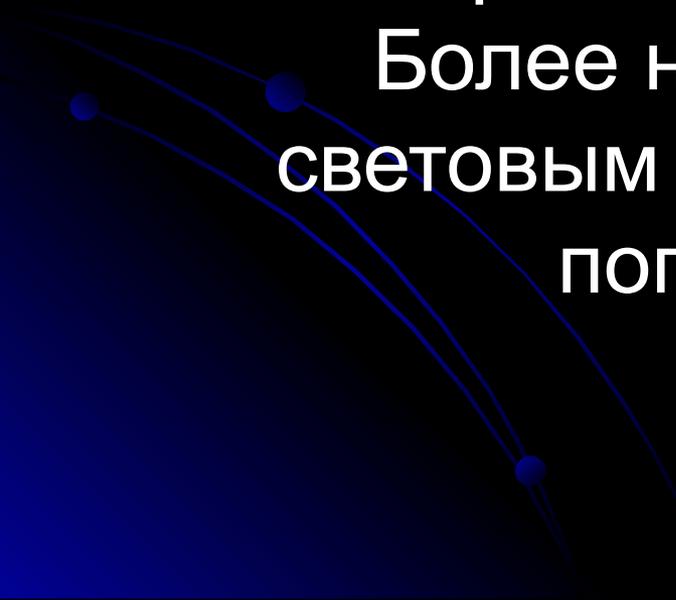
posted at [www.ZEROlayer.ru](http://www.ZEROlayer.ru)

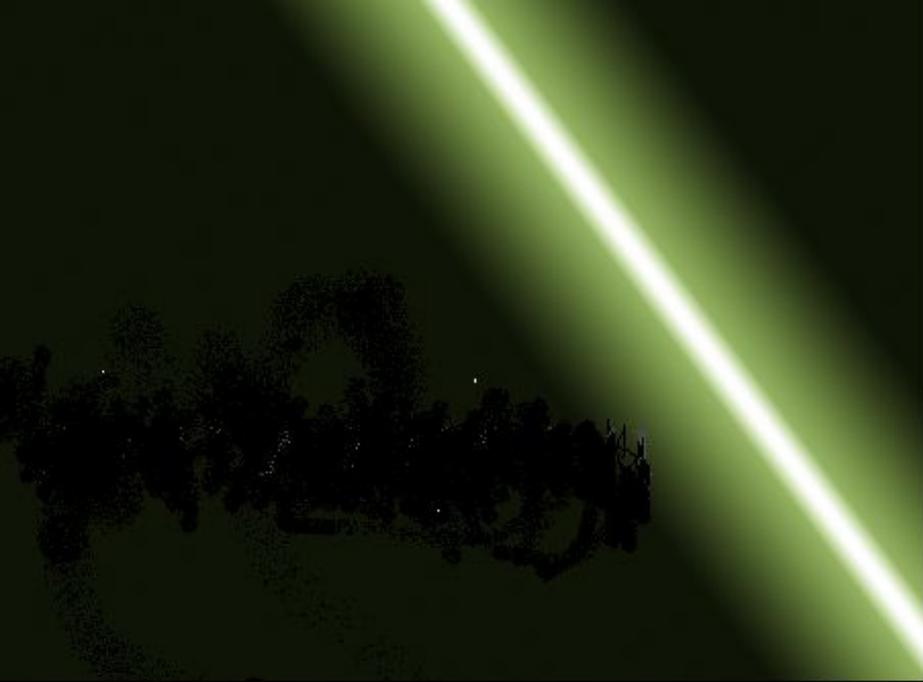


# Световой луч

**Световой луч** в геометрической оптике — линия, вдоль которой переносится световая энергия.

Более наглядно можно назвать световым лучом пучок света малого поперечного размера.





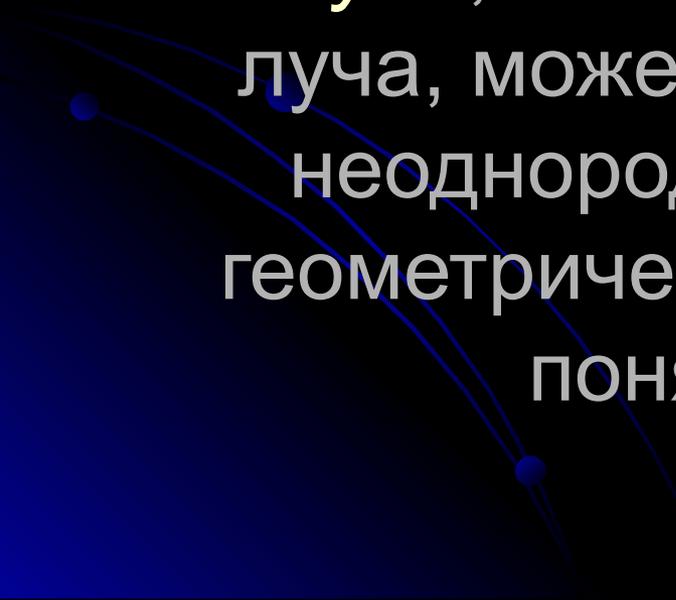
→ Зелёный луч  
См . слайд .

Характерной особенностью светового луча, как и луча геометрического, является его прямолинейность.

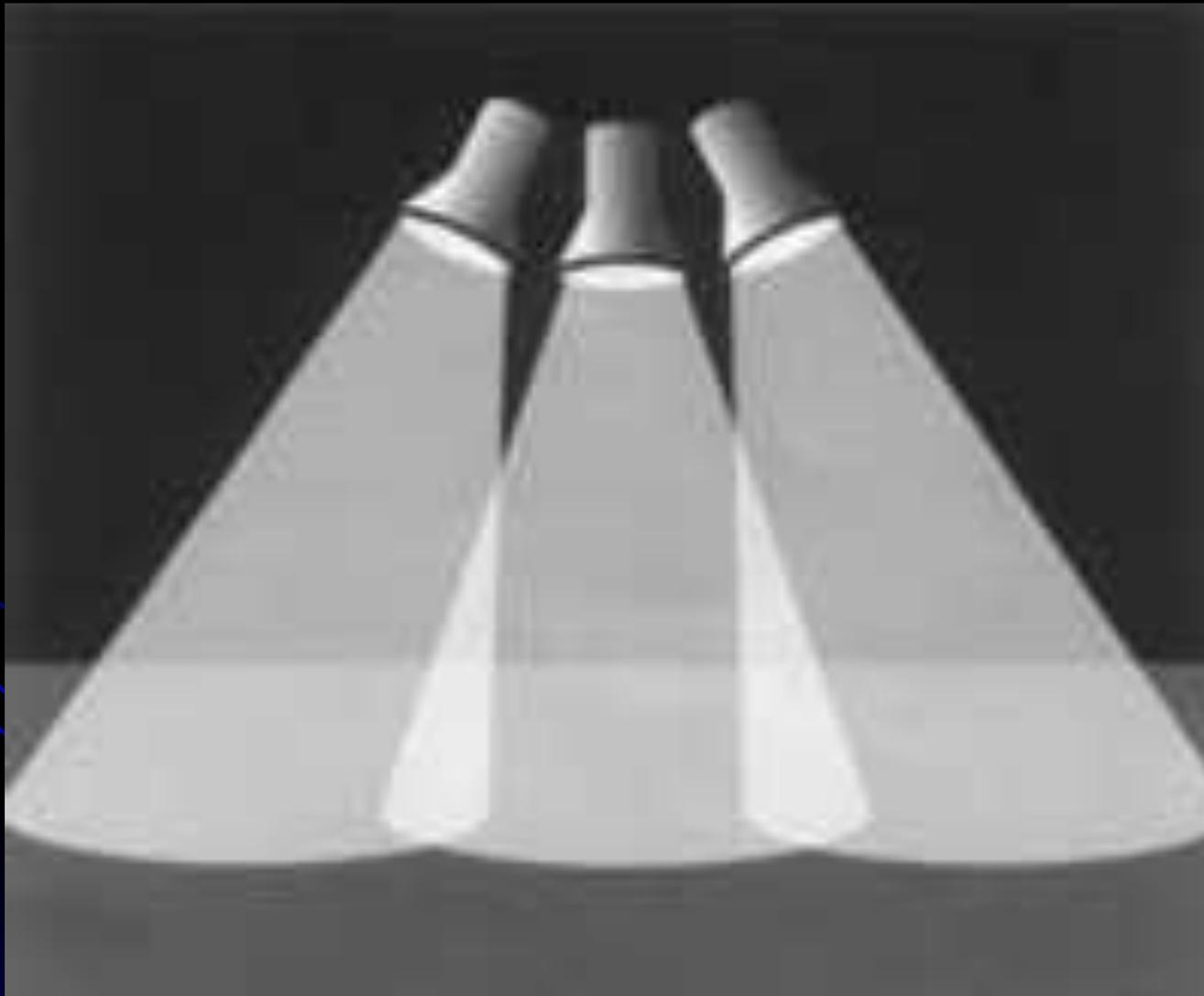
- Однако, между ними есть и принципиальное различие: геометрический луч прямолинеен всегда, а луч света - только в прозрачной однородной среде.

Изображая распространение света на чертежах, световые пучки обычно заменяют лучами.

Световой луч –это линия, указывающая направление распространения энергии в пучке света. *Траектория светового луча*, в отличие от геометрического луча, может быть криволинейной — в неоднородной среде. Луч является геометрической моделью физического понятия *"пучок света"*.



# Световой пучок



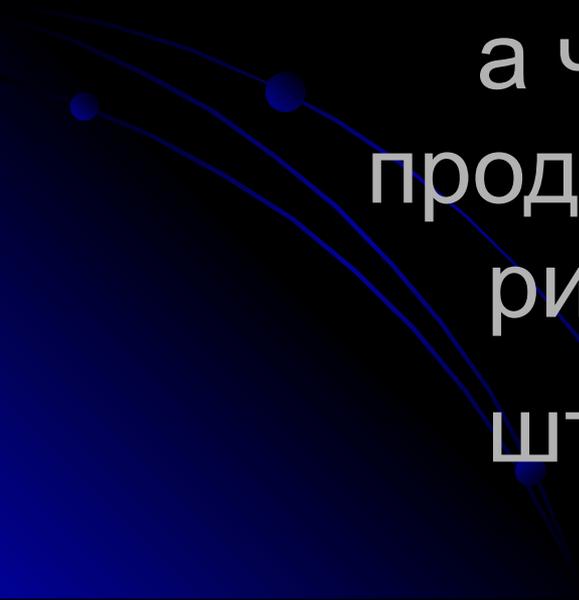
# Световой пучок

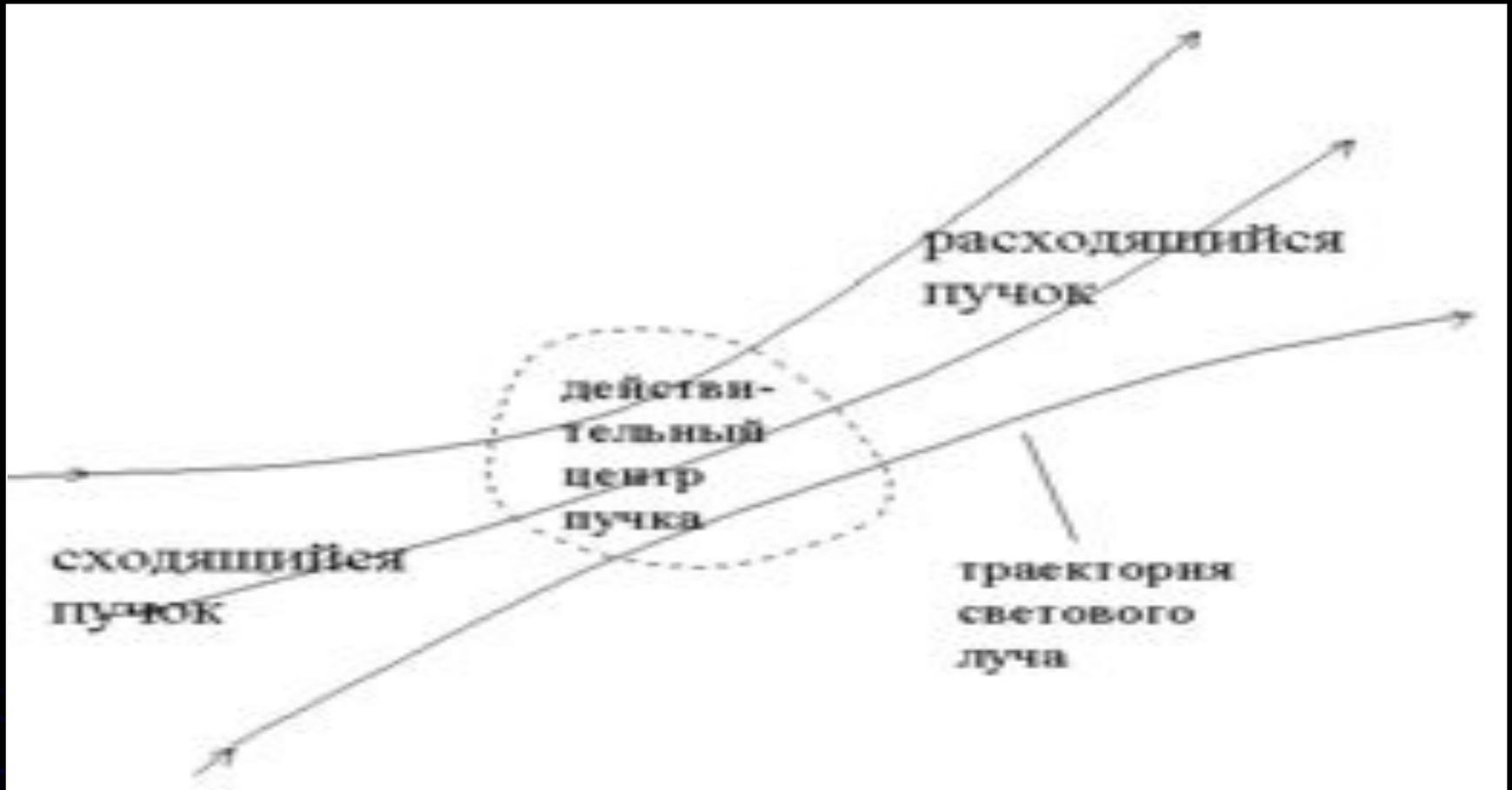
**Световой пучок** — оптическое излучение, распространяющееся по направлению от (или по направлению к) некоторой ограниченной области пространства, называемой **центром** (**вершиной, фокусом**) светового пучка. Пучок называют **расходящимся**, когда излучение распространяется от его центра и **сходящимся**, когда свет идет к центру.

Световой пучок имеет только один центр — либо действительный, либо мнимый.

Через *действительный центр* пучка проходят траектории его лучей,

а через *мнимый центр* - продолжения траекторий (на рисунках обозначаются штрихованной линией).

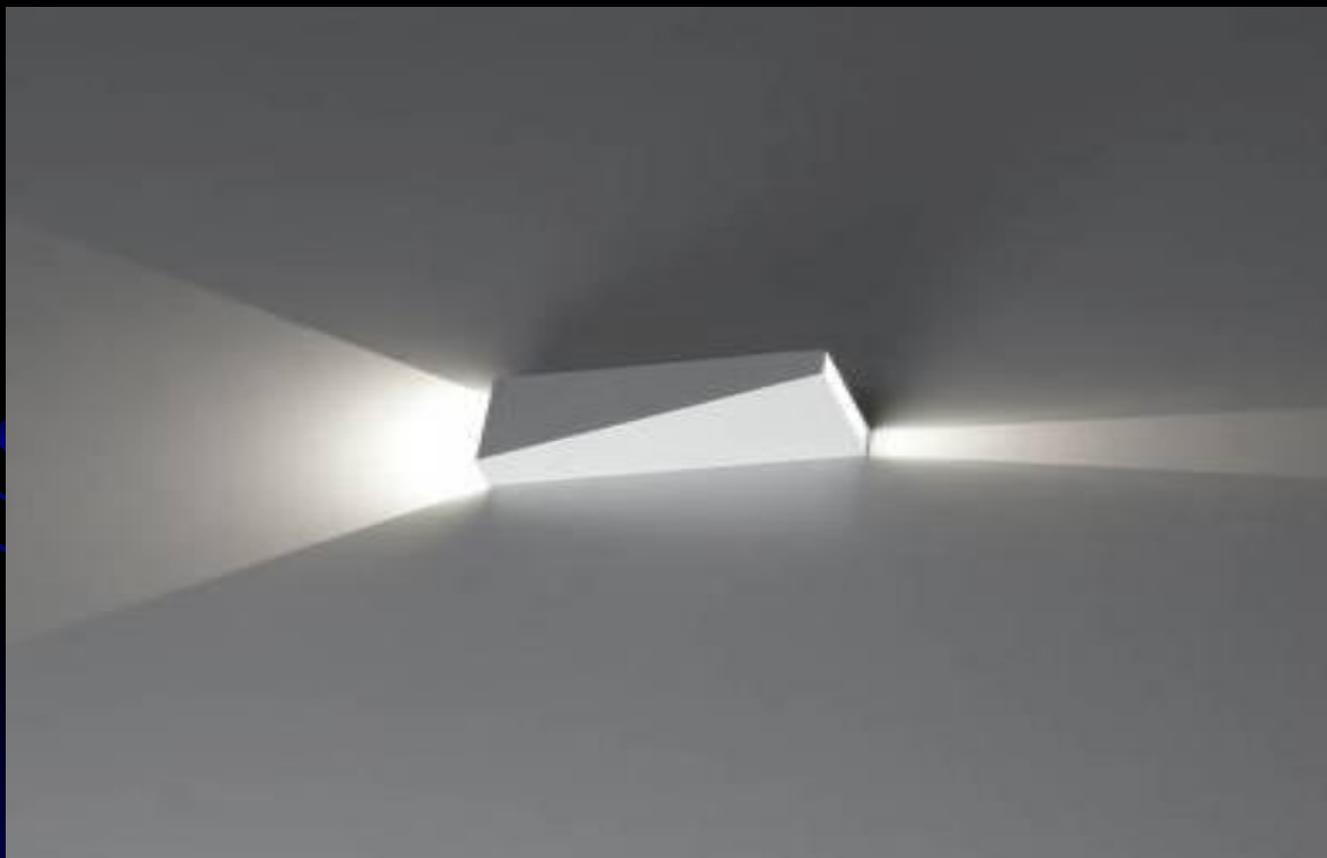




Свет, распространяющийся в прозрачной неоднородной среде, образует два пучка (сходящийся и расходящийся), с общим размытым (не точечным) центром.

В прозрачной среде любой пучок представим в виде совокупности конечного или бесконечного числа световых лучей. Световой пучок в ряде физических явлений может расщепляться на конечное или бесконечное число других пучков. Например, при отражении от границы раздела двух прозрачных сред, пучок (луч) расщепляется на *отраженный* и *преломленный* в определенном соотношении .

# Различия пучка и луча



Пучок в одних случаях можно рассматривать как луч, а в других нет. Понятие луча неприменимо для описания распространения света в сильно рассеивающих средах.

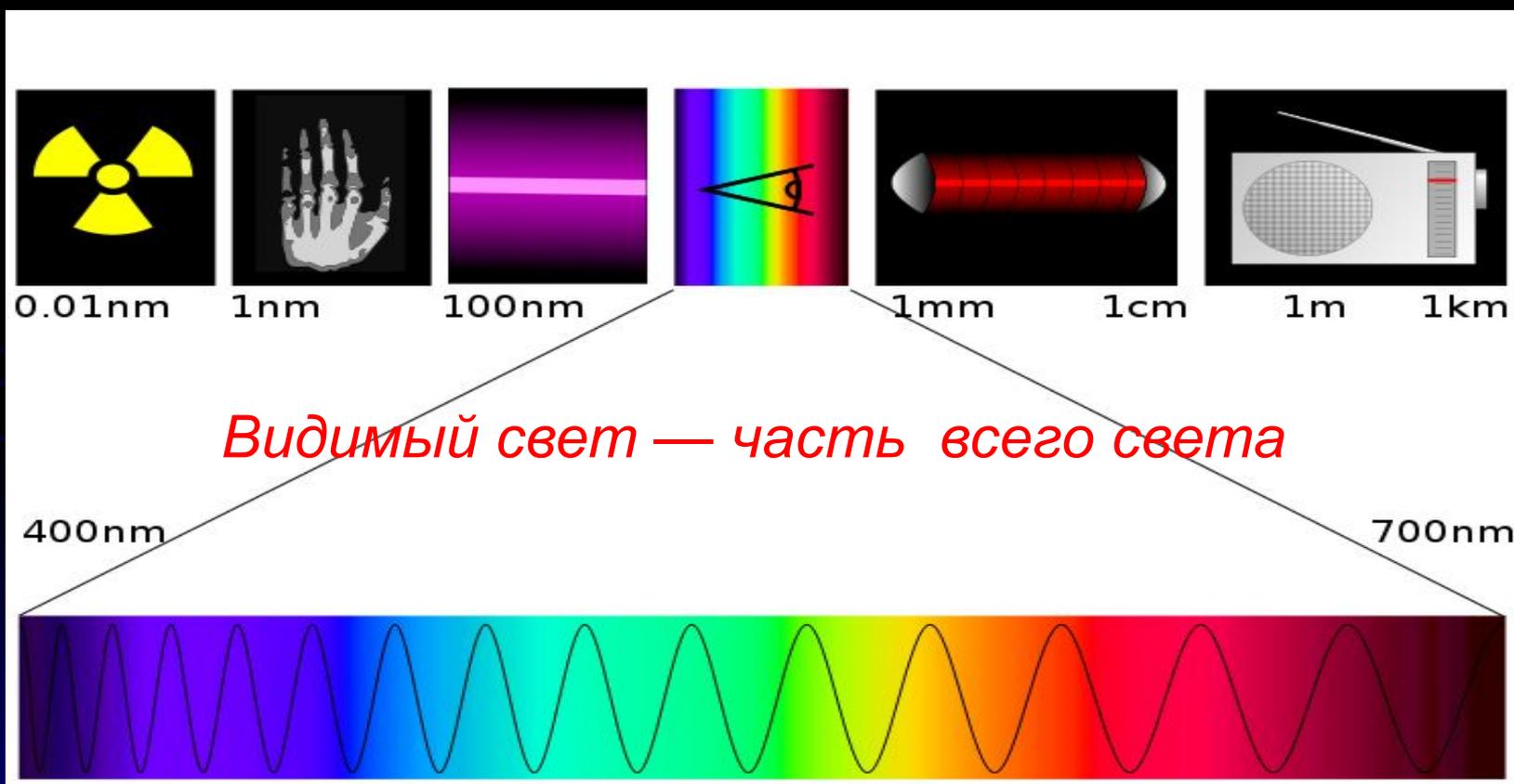
*Будучи предельным случаем пучка, луч теряет некоторые его свойства. Луч не имеет центра, не может быть сходящимся или расходящимся, действительным или мнимым. Световой луч не может состоять из чего-либо; это первичный, не разложимый на более простые элементы объект.*

# Свет

*Свет — электромагнитное излучение, испускаемое нагретым или находящимся в возбуждённом состоянии веществом, воспринимаемое человеческим глазом.*

Под светом понимают не только видимый свет, но и примыкающие к нему широкие области спектра.

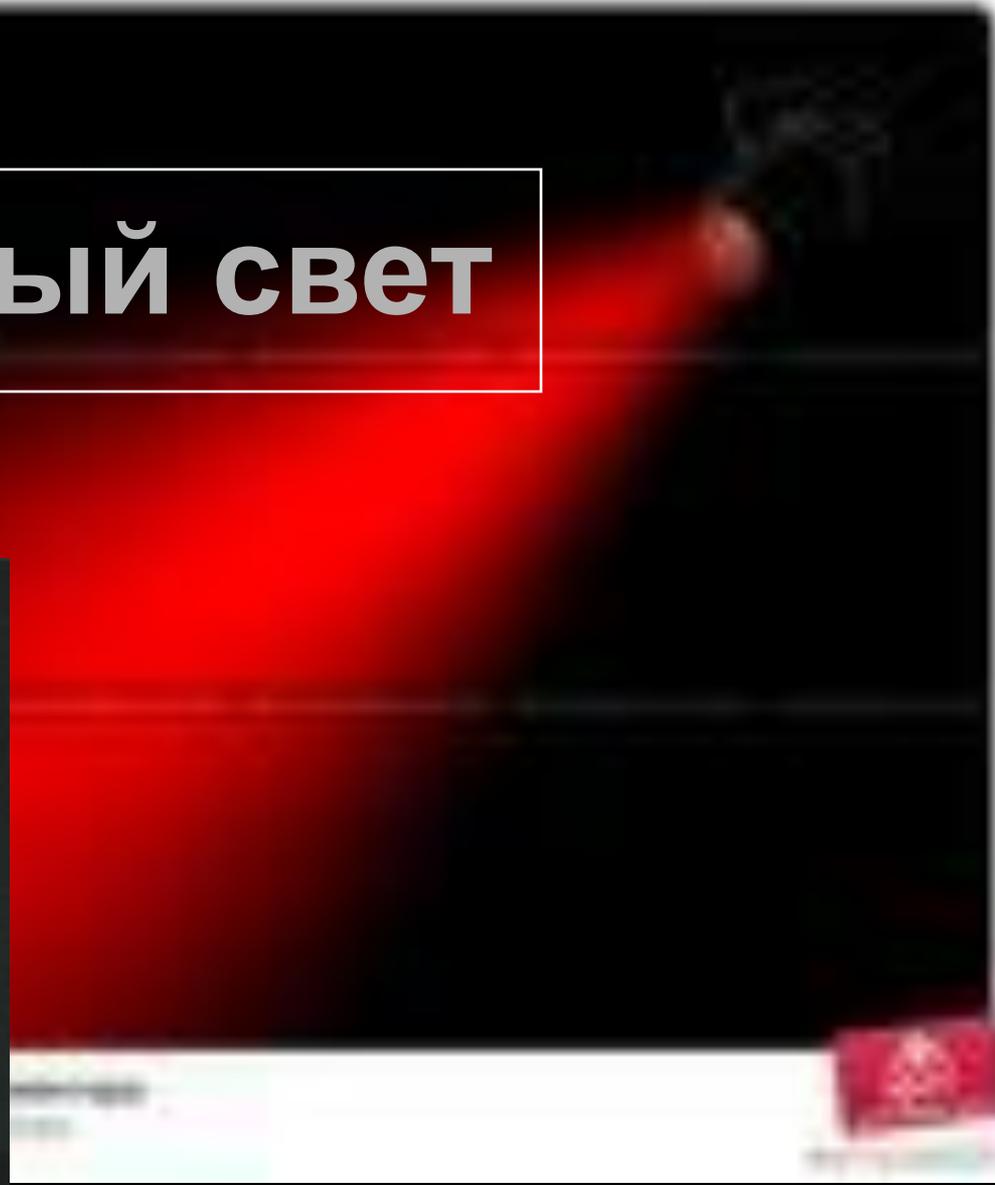
Видимый свет — электромагнитное излучение с длинами волн  $\approx 380\text{—}760$  нм (от фиолетового до красного).



# Лазерный свет

Зона распространения

Падение луча лазера



# Характеристики света



## Естественные



## Искусственные



6000 °C

# Источники света

1500 °C

## Самостоятельные



### Тепловые



### Люминесцирующие

- Экран телевизора
- Лампы дневного света
- Гнилушки
- Светлячки
- Морские рыбы и микроорганизмы



## Отражающие



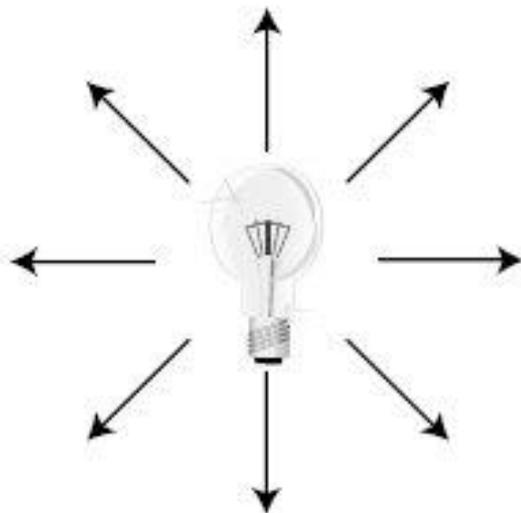
# Типы источников освещения

★ *Направленный источник света*

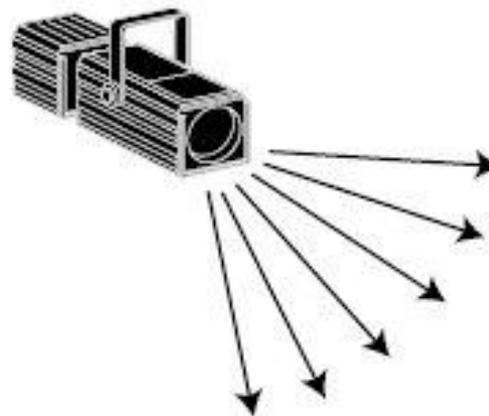
★ *Точечный источник света*

★ *Прожектор*





**Точечный свет**



**Зональный свет**



**Направленный свет**

# Направленный источник света

Направленный источник света - это такой источник освещения, который не имеет никакого места в пространстве, а свет исходит от него в определенном направлении.

- Источники света такого типа находятся в бесконечности и свет от него распространяется в заданном направлении. Идеально подходит для создания равномерного освещения. У источника направленного света, кроме компонента излучения, можно задать только направление.

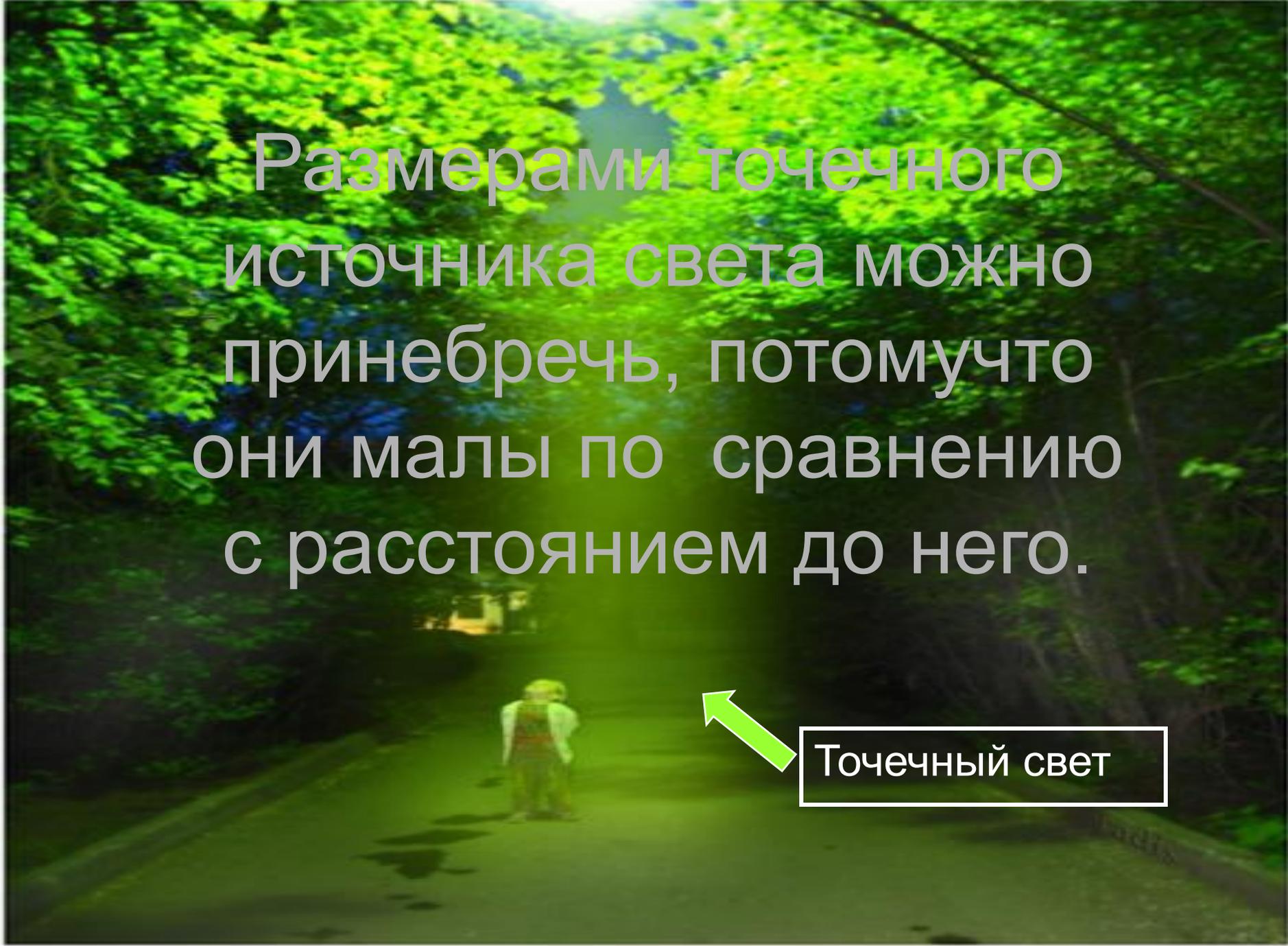
# Точечный источник света

Точечный источник света - это такой источник света, который имеет место в пространстве (точку), но он не светит в каком-то одном заданном направлении, он светит во всех направлениях. Представьте себе светлый огненный шарик, такой же как солонце.

Размерами точечного источника света можно пренебречь, потому что они малы по сравнению с расстоянием до него.

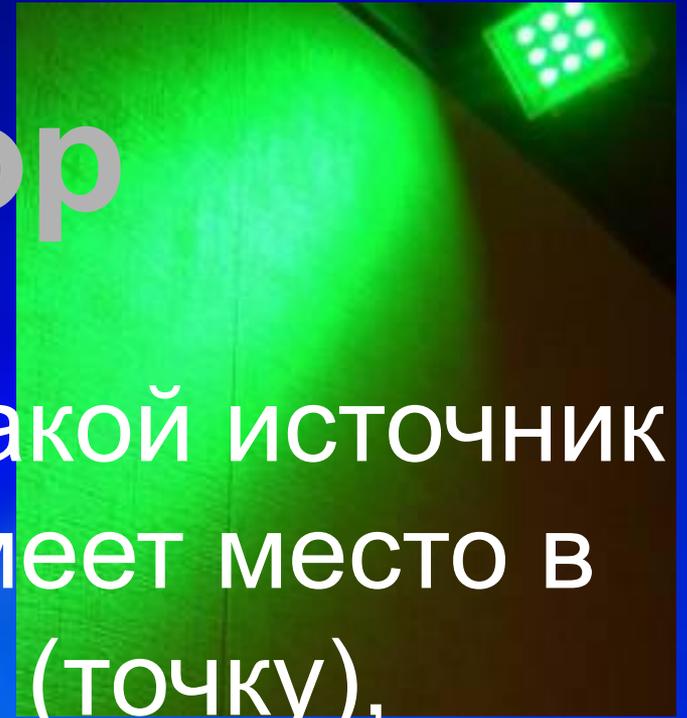


Точечный свет



# Прожектор

Прожектор - это такой источник света, который имеет место в пространстве (точку), направление света и для этого источника задан световой конус (имеет зону освещенности).



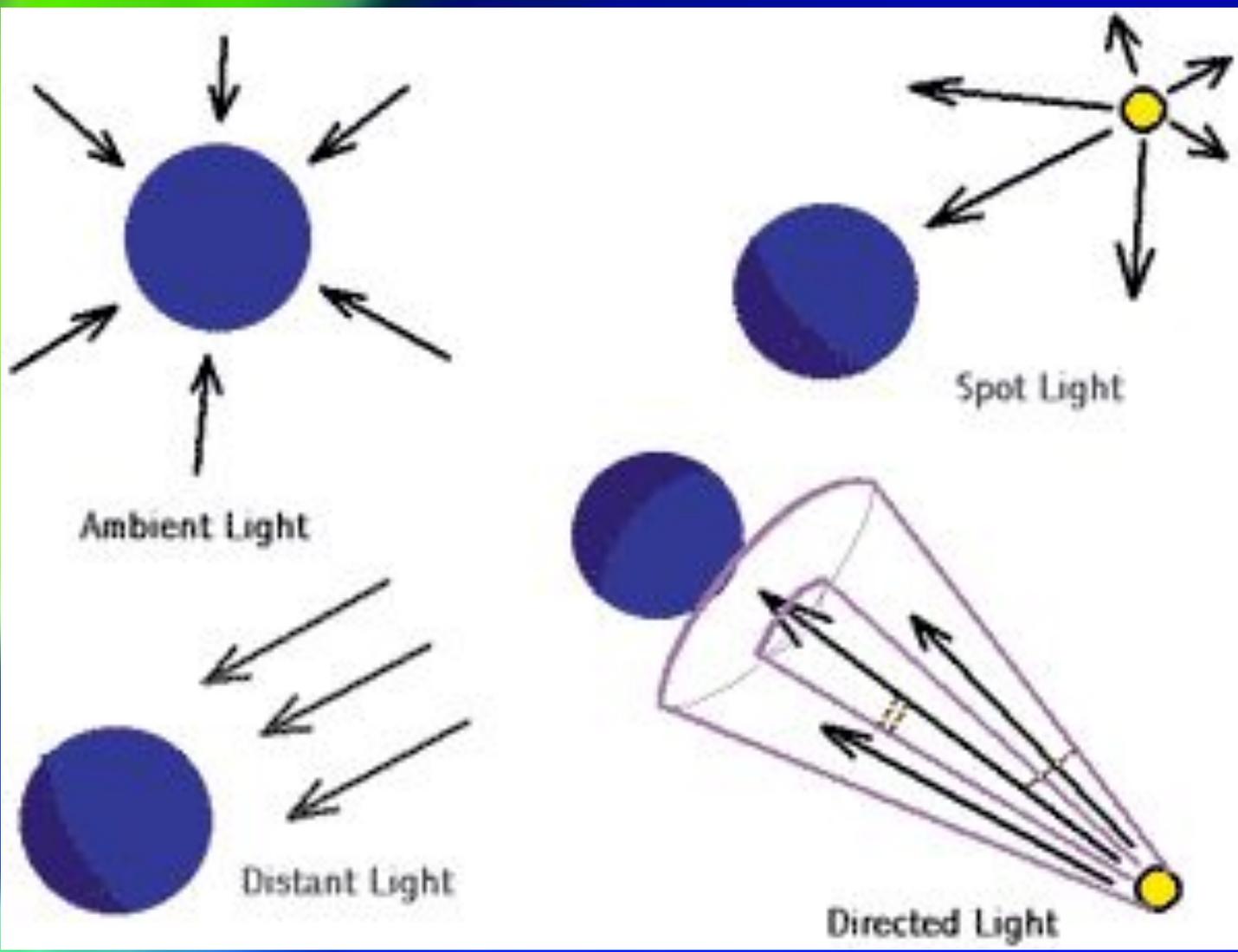
# Световой конус прожектора



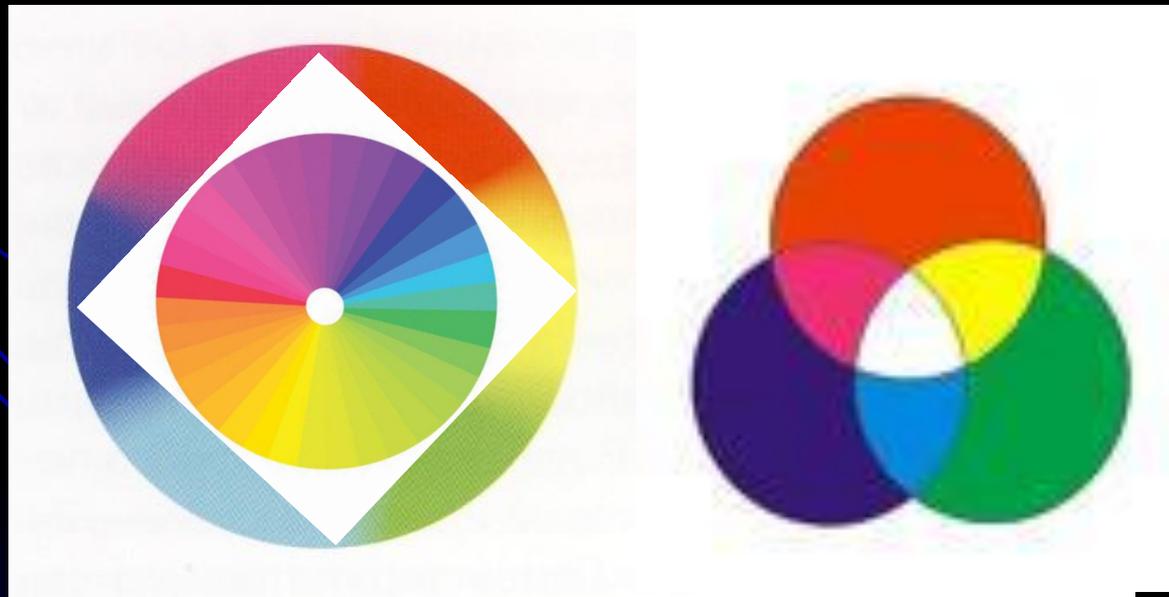
# Характеристики светового конуса прожектора

➤ Угол светового пятна. Определяет конус, в котором интенсивность света максимальна.

➤ Угол зоны освещенности. Определяет конус света с уменьшающейся интенсивностью вокруг светового пятна.



*Все эти различные типы источников света могут иметь их собственные цвета, и Вы можете, конечно, смешивать свет от них на объектах.*





**Законы  
геометрической  
ОПТИКИ**

# Закон прямолинейного распространения света

*В вакууме и однородной среде свет распространяется прямолинейно.*

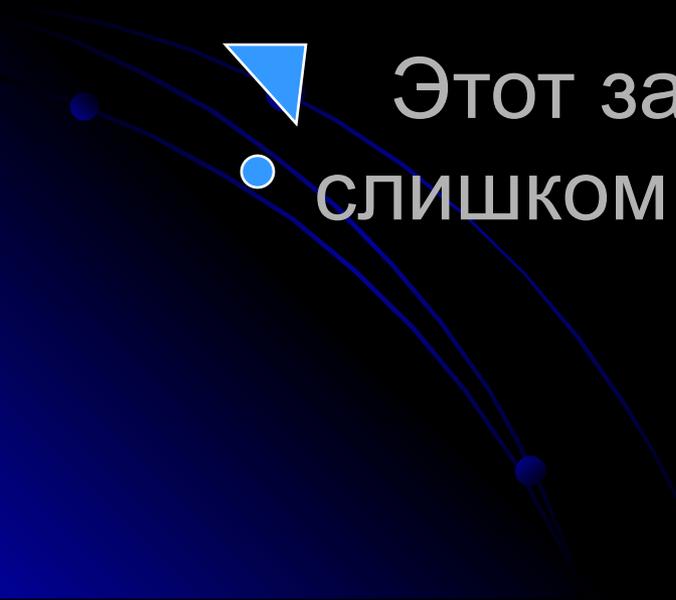
Доказательством этого закона является образование тени и полутени.

⇒ См. слайд 37-3\_

Закон прямолинейного распространения света позволяет определить области тени и полутени от точечных и протяжных источников.

# *Закон независимого распространения лучей*

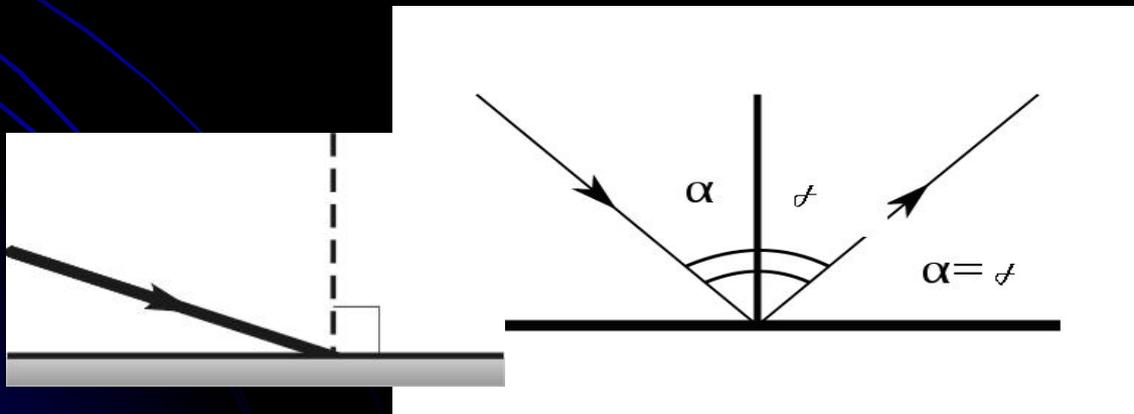
*Лучи при пересечении не  
возмущают друг друга.*

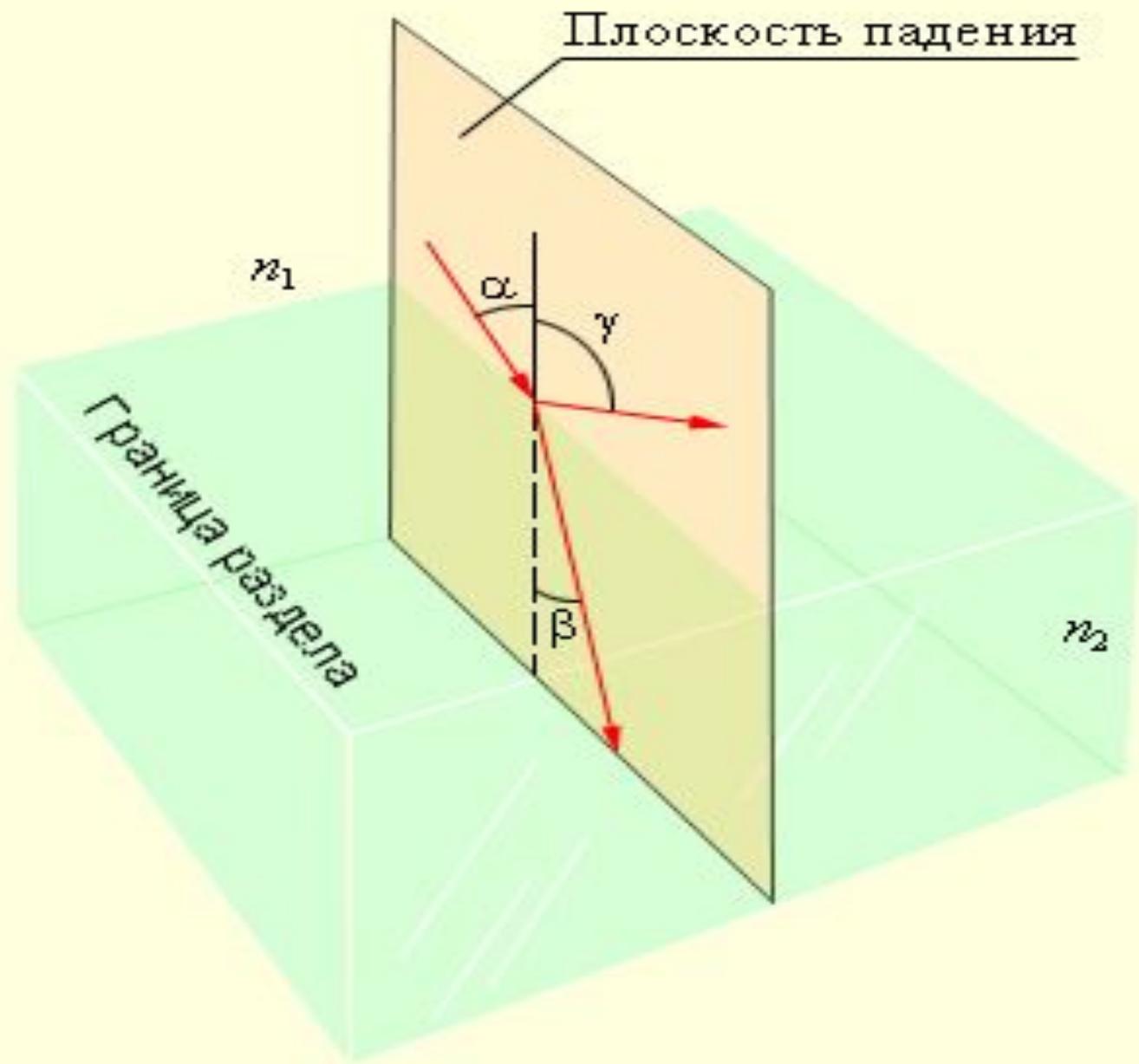


Этот закон справедлив при не  
слишком больших интенсивностях  
света.

# Закон отражения света

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





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

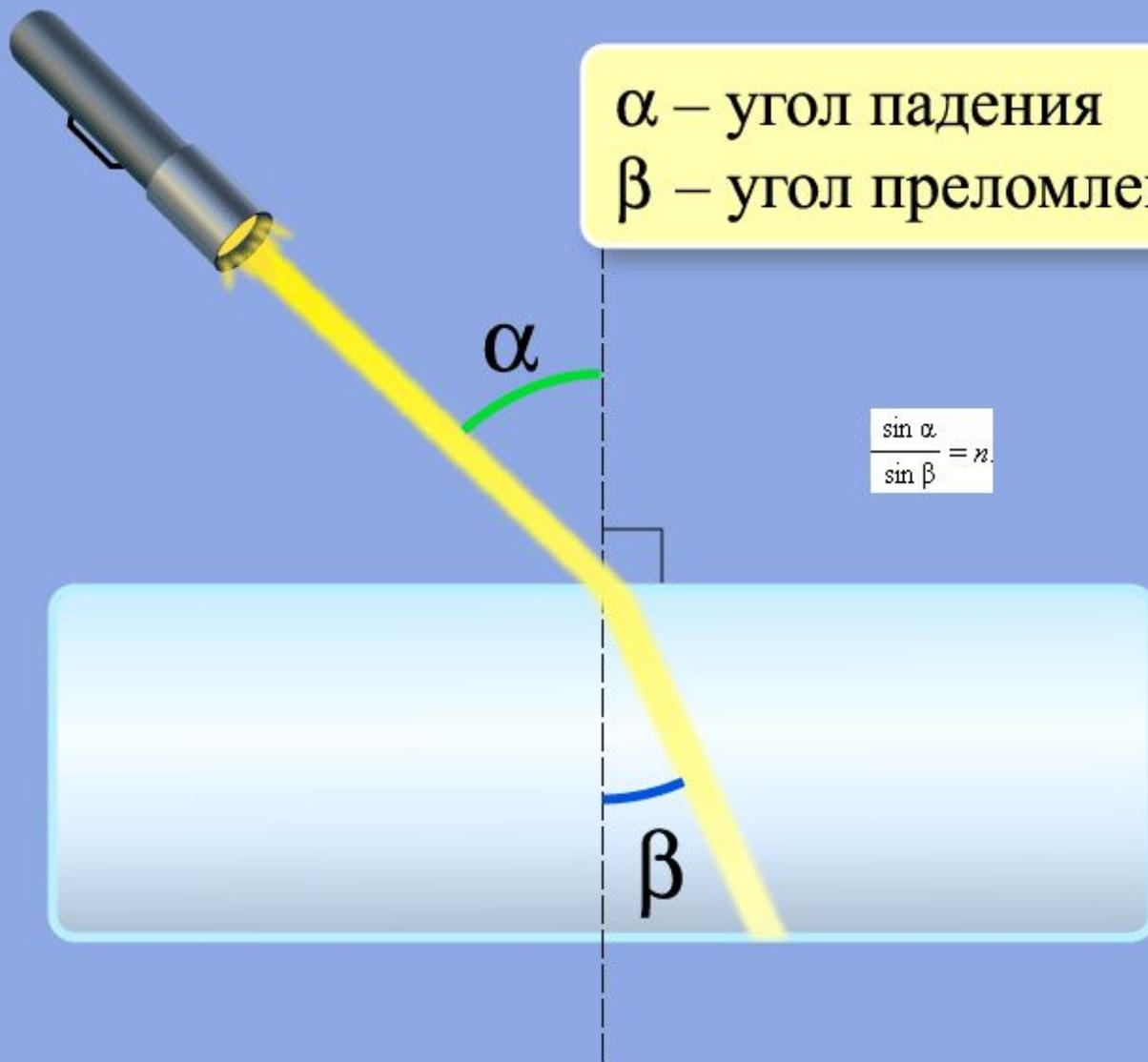
# Закон преломления света (Закон Снелла)

- ◆ Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.
- ◆ Угол падения и угол преломления связаны соотношением  
 **$\sin \alpha / \sin \beta = n.$**
- ◆ есть величина постоянная для двух данных сред.

$\alpha$  – угол падения

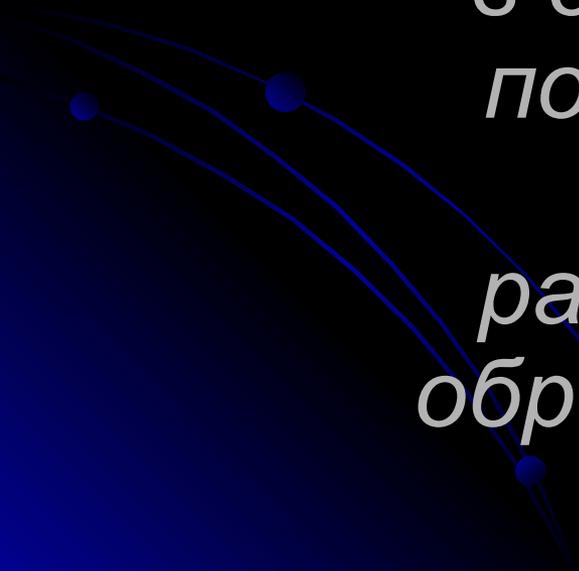
$\beta$  – угол преломления

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



# Закон обратимости светового луча

Луч света,  
распространившийся по  
определённой траектории  
в одном направлении,  
повторит свой ход в  
точности при  
распространении и в  
обратном направлении.

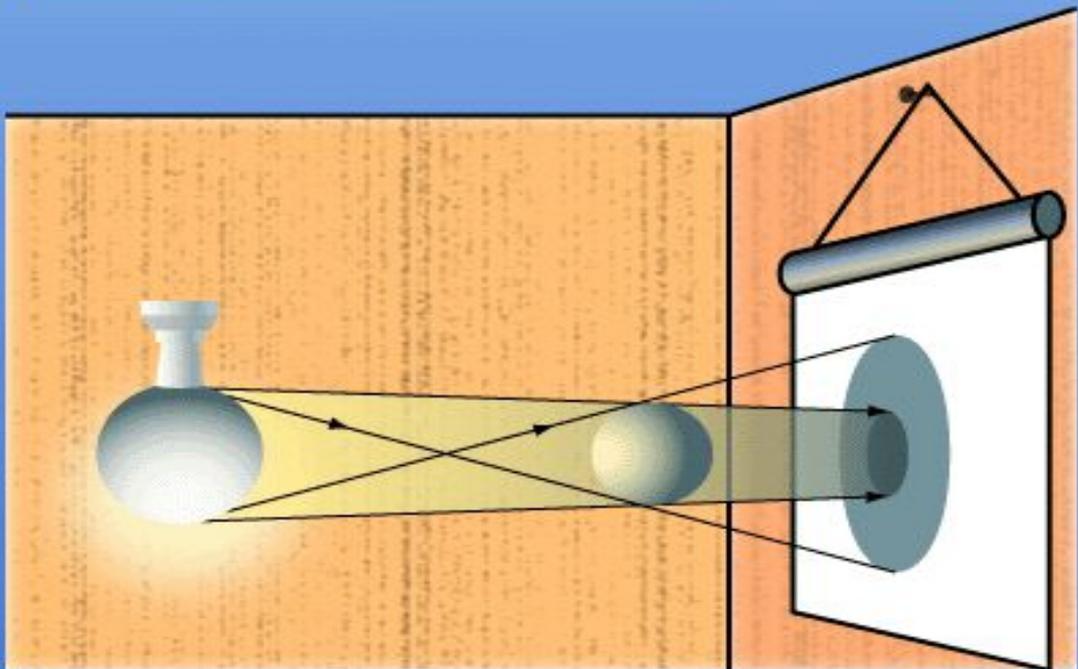
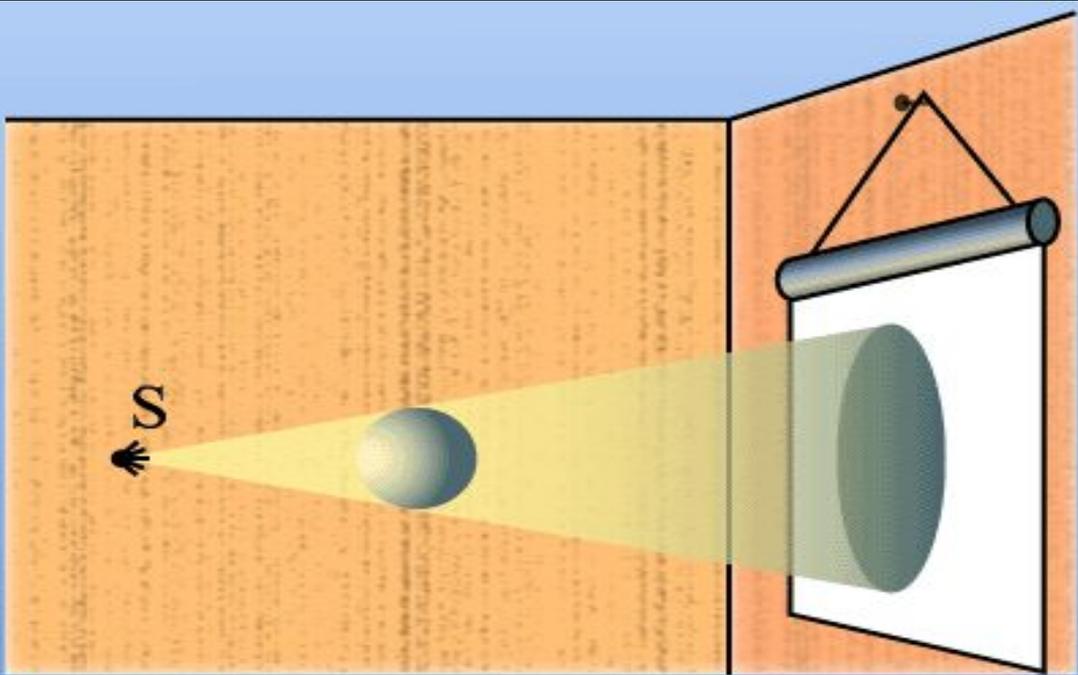


# Принцип Ферма

*– свет распространяется между двумя точками по такому пути, которому соответствует наименьшее время распространения*

Закон отражения является следствием применения принципа Ферма к отражающей поверхности.

# Образование тени полутени



**Тень** — это область пространства, в которую свет не попадает.

**Полутень** — слабо освещенное пространство между областями полной тени и полного света.

Н  
е  
Р  
е  
З  
к  
И  
е

Т  
е  
Н  
и

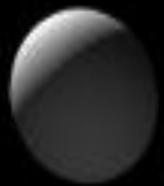
Нерезкие тени создаются при больших размерах источника света или, если источник находится близко к предмету .

А



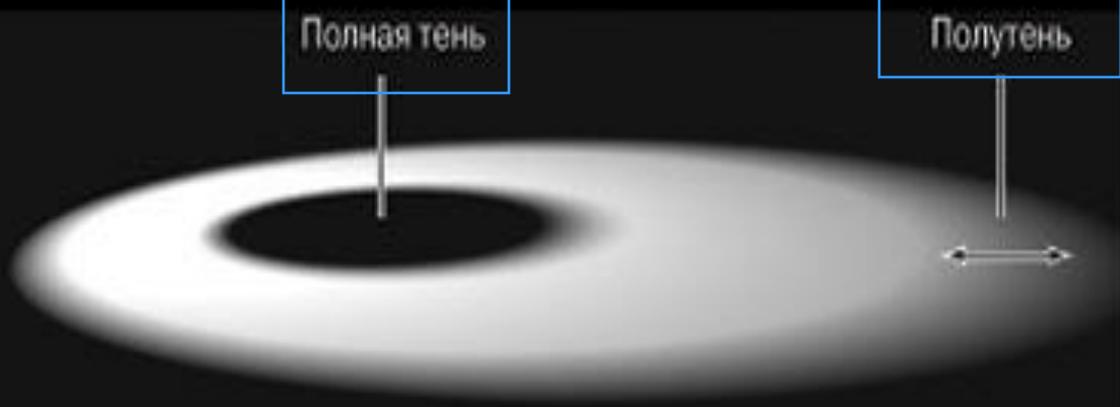
Разграничительная линия  
(полутень)

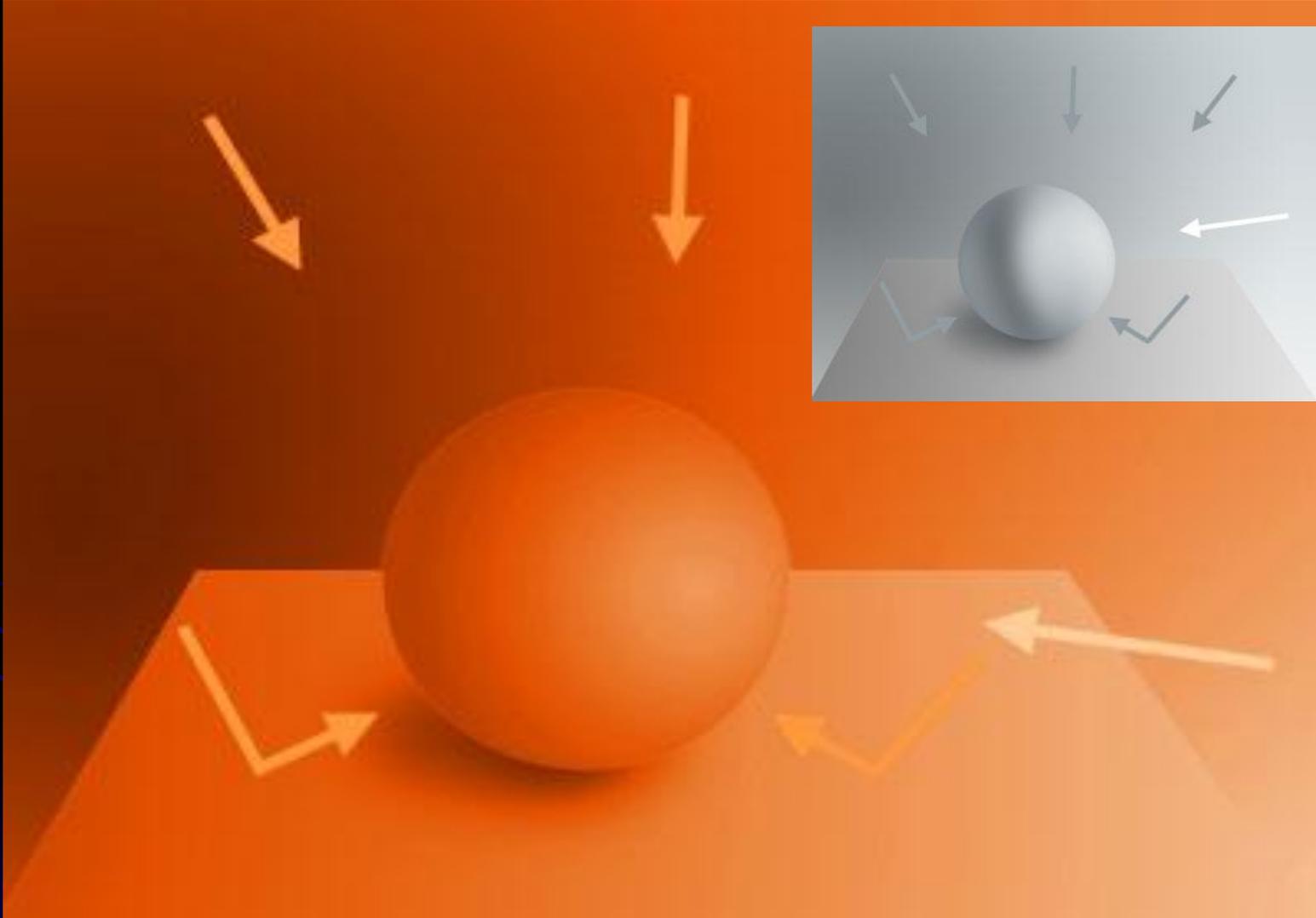
В



Полная тень

Полутень





*Если три небесных тела выстраиваются по прямой в указанном порядке, может произойти:*



***солнечное затмение:***

Солнце - Луна – Земля



***лунное затмение:***

Солнце - Земля – Луна

# Солнечное затмение



*Солнечное затмение – природное явление, которое происходит, когда Луна попадает между наблюдателем и Солнцем, загораживая (затмевая) его.*

*Полное солнечное затмение не может продолжаться более 8 минут.*

*Солнце и Луна -  
единственные небесные  
тела на земном  
небосводе, которые  
имеют видимые  
невооруженным глазом  
размеры.*



Вид из зоны А



Вид из зоны В



Вид из зоны С

# Природа солнечного затмения



Земля движется вокруг Солнца в одной плоскости, а Луна вокруг Земли - в другой, плоскости эти не совпадают. Плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости эклиптики на  $5,2^\circ$ , а диаметры солнечного и лунного дисков близки к  $0,5^\circ$ . Поэтому часто во время новолуний Луна проходит либо выше Солнца, либо ниже.

## Что такое солнечное затмение

- Затмение Солнца происходит только в новолуние
- Тень от Луны в новолуние обычно падает мимо Земли
- Два раза в год Луна пересекает плоскость эклиптики (тень Луны падает на поверхность Земли)

## Виды затмений



**Частное** – Солнце затмевается не полностью

**Кольцевое** – не закрытым остается краевая зона Солнца

**Полное** – диск Солнца закрывается полностью

**Гибридное** – в зависимости от места нахождения наблюдателя, можно увидеть \*

Видимый путь Луны  
на небе не  
совпадает с тем  
путем, по которому  
движется Солнце.

Эти пути  
пересекаются в двух  
противоположных  
точках, которые  
называются **узлами**  
**лунной орбиты**.

Вблизи этих точек  
пути Солнца и Луны  
близко подходят  
друг к другу.

И только в том случае,  
когда новолуние  
происходит вблизи  
узла, оно  
сопровождается  
затмением.



## Если в новолуние Солнце и Луна

будут находиться почти  
точно в узле, затмение  
будет **полным** или  
**кольцеобразным**.

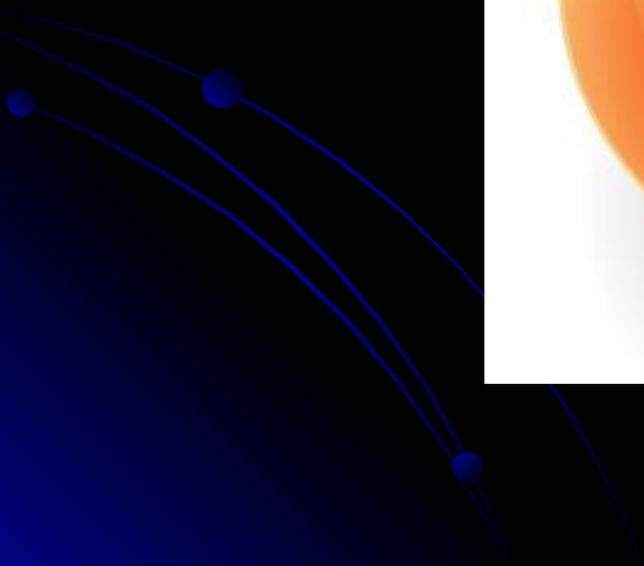
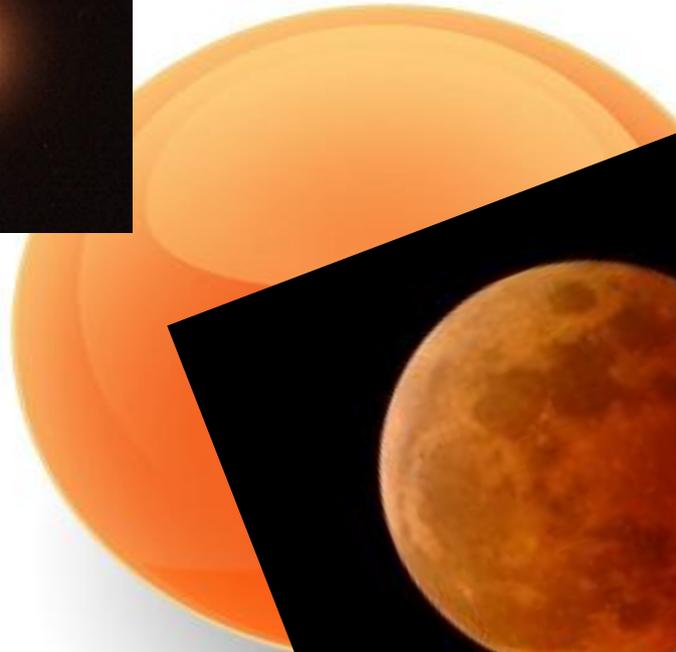
Если Солнце в момент новолуния окажется на некотором расстоянии от узла, то центры лунного и солнечного дисков не совпадут и Луна закроет Солнце лишь частично. Такое затмение называется **частным**.

Узлы лунной орбиты находятся на линии Земля-Солнце раз в полгода, поэтому затмения происходят с полугодовым интервалом.

Луна перемещается среди звезд с запада на восток. Поэтому закрытие Солнца Луней начинается с его западного, т. е. правого, края. Степень закрытия называется в астрономии **фазой затмения**.

Вокруг пятна лунной тени располагается область полутени, где затмение бывает частным. Для наблюдателя, который будет находиться вблизи края **поперечника области полутени**, лишь незначительная доля солнечного диска покроется Луной, затмение может вообще пройти незамеченным.

# Лунное затмение



***Лунное затмение*** — затмение, которое наступает, когда Луна входит в конус тени, отбрасываемой Землёй.



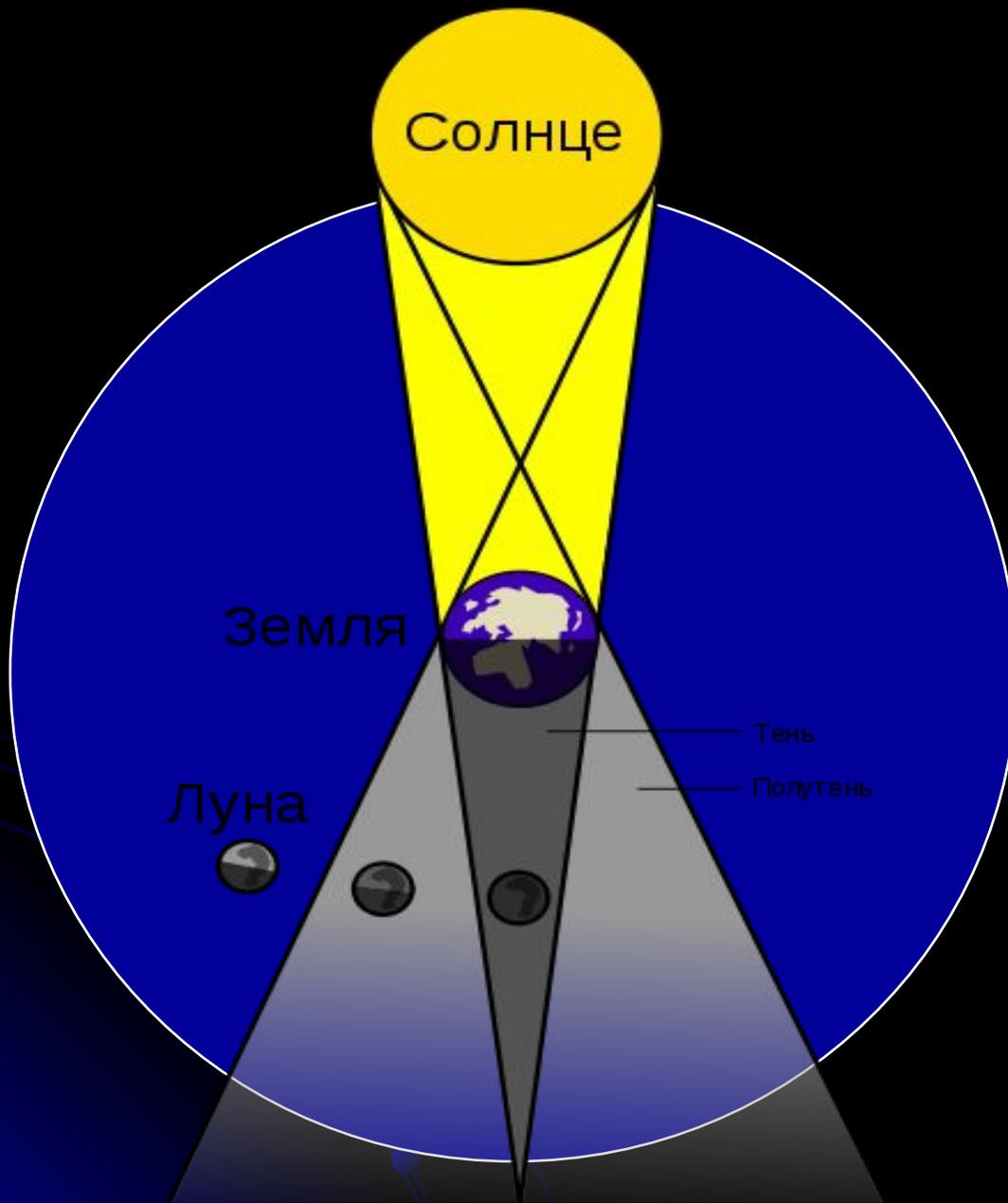
*Вид Луны при лунном затмении*

# Фазы лунного затмения





Во время затмения (даже полного) Луна не исчезает полностью, а становится тёмно-красной. Этот факт объясняется тем, что Луна даже в фазе полного затмения продолжает освещаться. Солнечные лучи, проходящие по касательной к земной поверхности, рассеиваются в атмосфере Земли и за счёт этого рассеяния частично достигают Луны. Поскольку земная атмосфера наиболее прозрачна для лучей красно-оранжевой части спектра, именно эти лучи в большей мере достигают поверхности Луны при затмении, что и объясняет окраску лунного диска.



*Лунное затмение может наблюдаться на половине территории Земли (там, где на момент затмения Луна находится над горизонтом). Вид затенённой Луны с любой точки наблюдения одинаков. Максимальная теоретически возможная продолжительность полной фазы лунного затмения составляет 108 минут.*

Лунное  
затмение

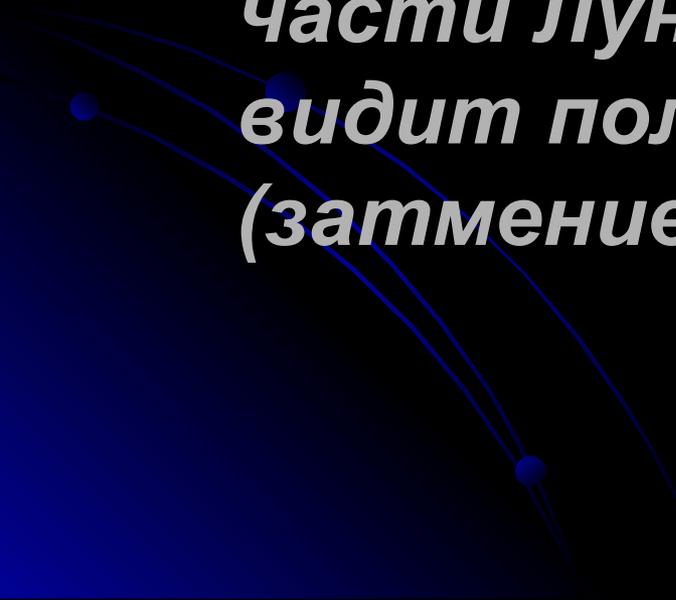
Полное

Полутеневое

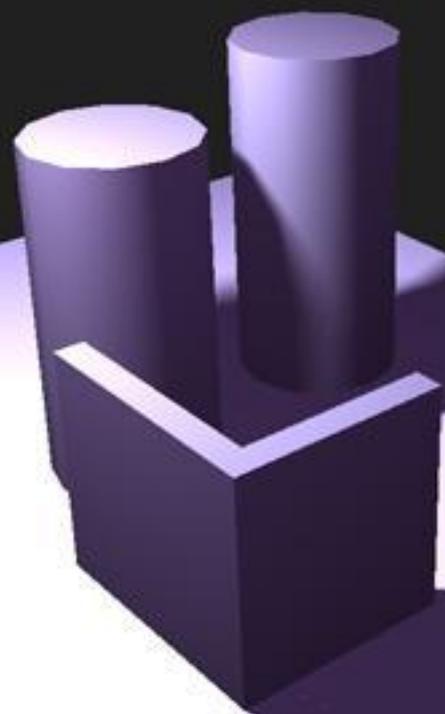
Частное



***Наблюдатель, находящийся на Луне, в момент полного (или частного, если он находится на затемнённой части Луны) лунного затмения видит полное солнечное затмение (затмение Солнца Землёй).***



84.18 fps (1280x74), XMP0G818 (3245)  
HAL (pure hw vp): NVIDIA GeForce 7600 G



```
plane.x  
cyl1.x  
cyl2.x  
*x
```

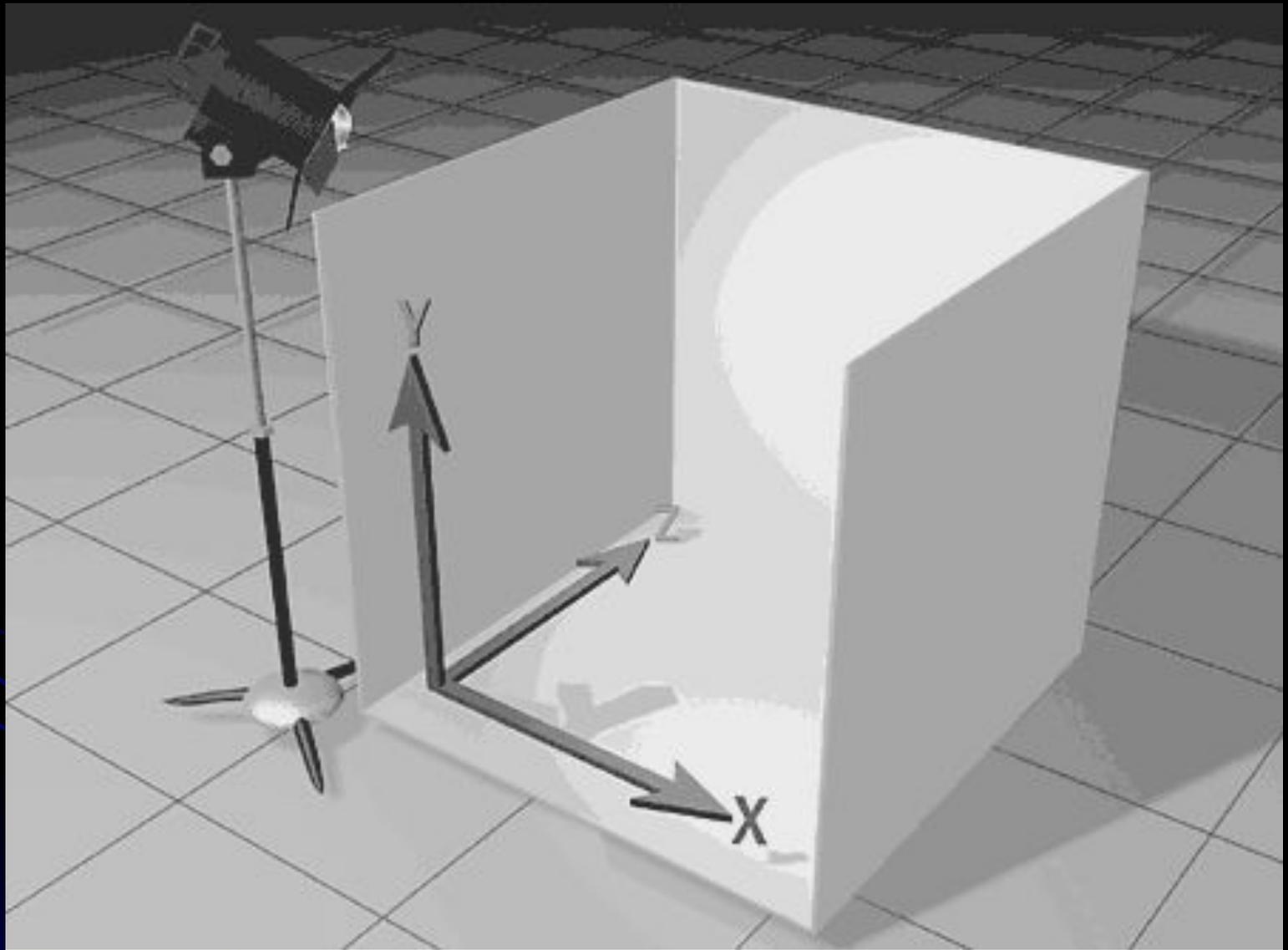
add remove  
load save load scene

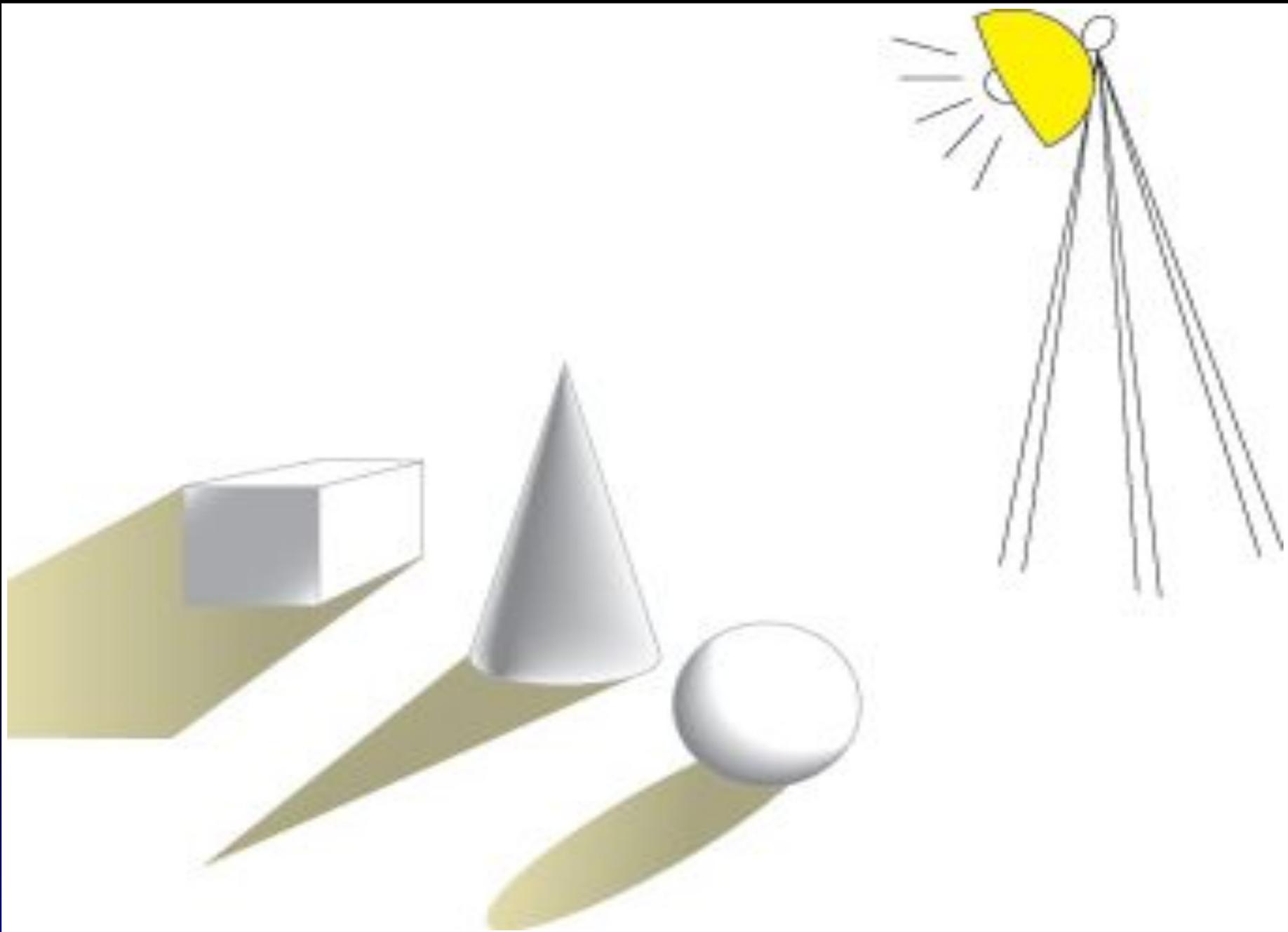
Н  
Е  
Р  
Е  
З  
К  
И  
Е

т  
е  
н  
и

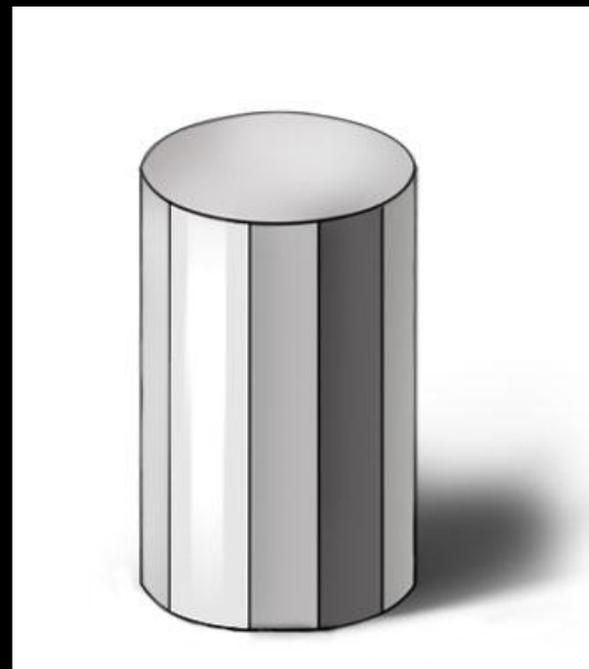
В  
С  
Т  
Е  
Р  
Е  
О  
М  
Е

т  
р  
и  
и





# ... И В ИСКУССТВЕ



# Зеркало

*- стеклянное или металлическое тело с отражающей поверхностью, которая отполирована так, что ее неровности не превышают долей длины волны (электромагнитной или звуковой).*

В современном зеркале на полированную поверхность наносят тонкий слой металла (Ag, Al и др.) или многослойные диэлектрические покрытия, достигая высокого коэффициента отражения волн.

# Виды зеркал

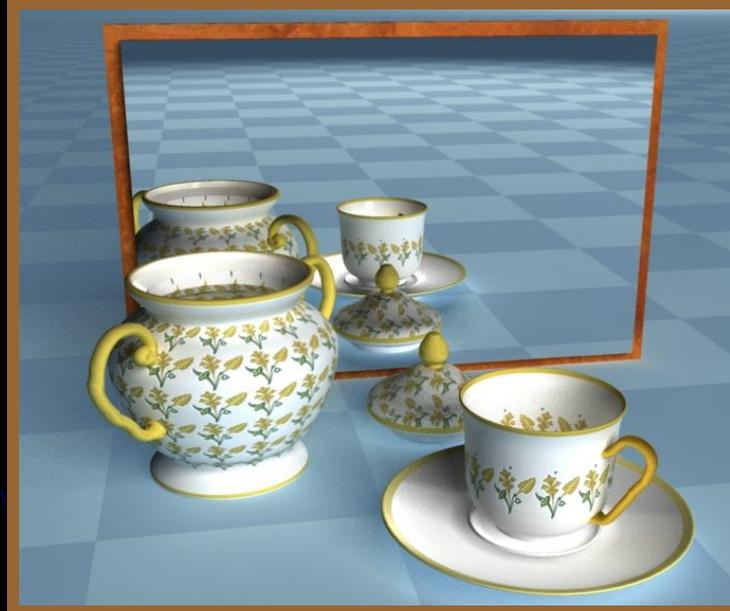


Плоское  
зеркало

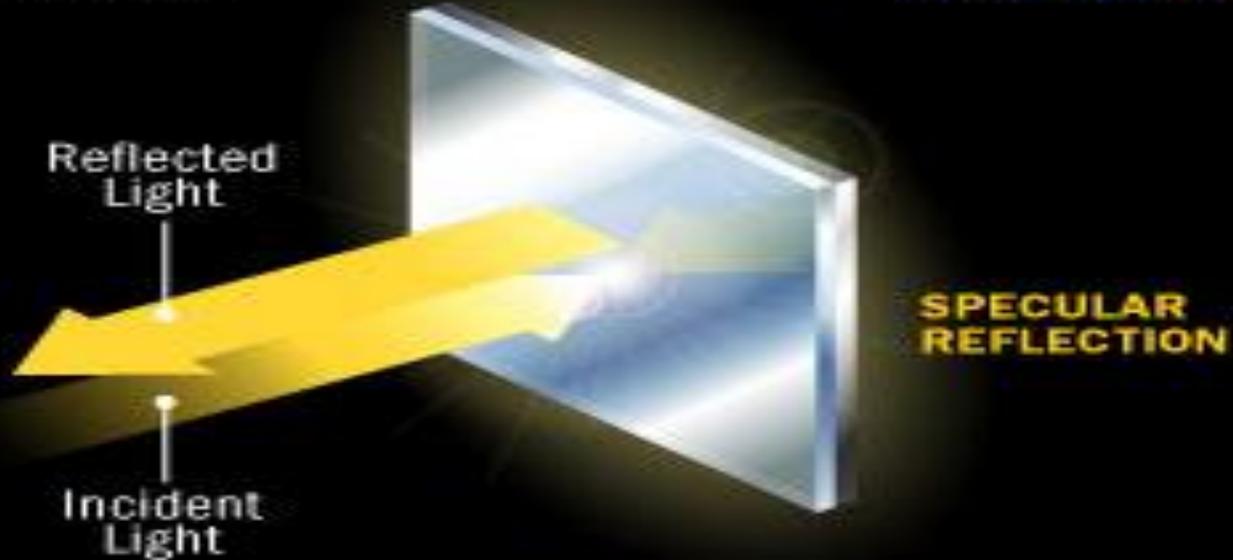
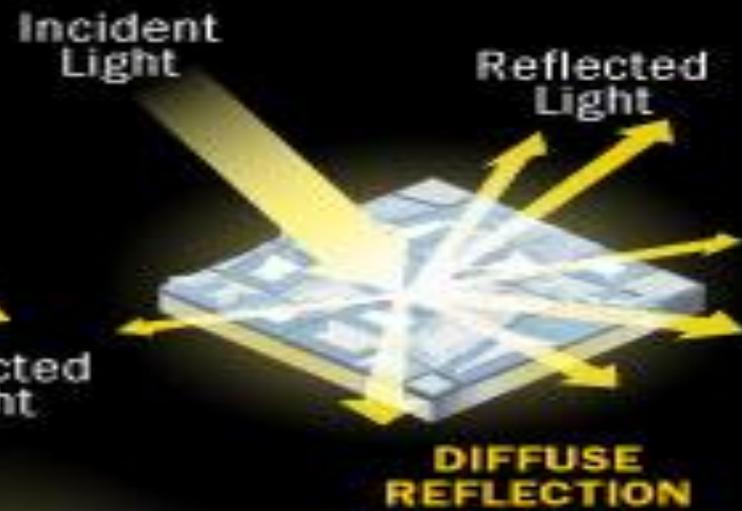
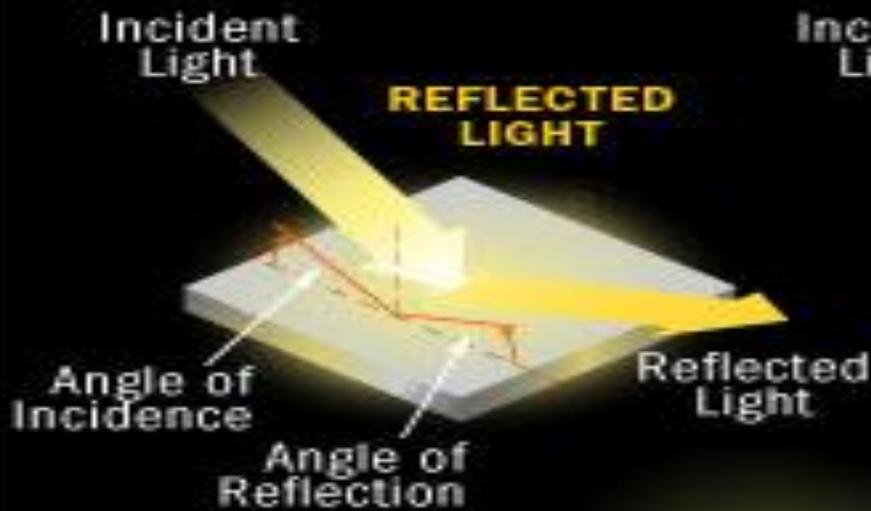


Выпуклое  
зеркало

Вогнутое  
зеркало



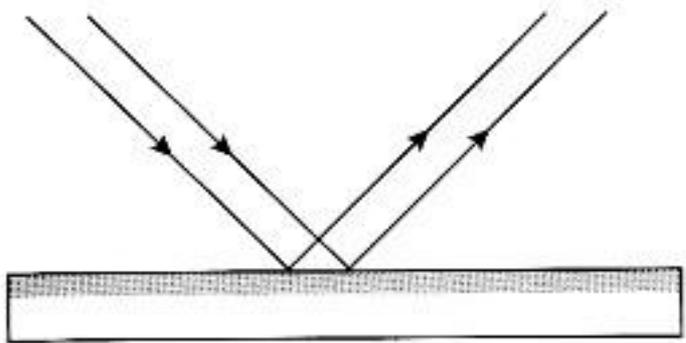
# Действие зеркал



# Отражение света

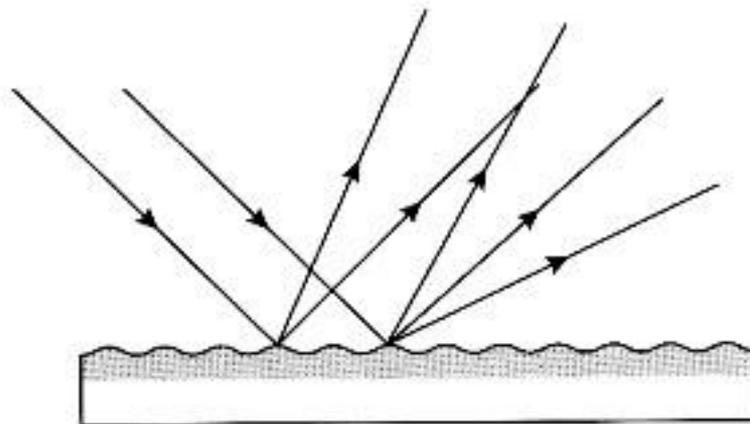
*– явление ,которое заключается в том, что при падении света из первой среды на границу раздела со второй средой взаимодействие света с веществом приводит к появлению световой волны, распространяющейся от границы раздела обратно в первую среду.*

# Виды отражений :



Зеркальное

Диффузное  
(рассеянное)



# Зеркальное отражение

Если параллельный пучок лучей после отражения остается параллельным, то такое отражение называют *зеркальным*.

*Зеркальное отражение в воде*

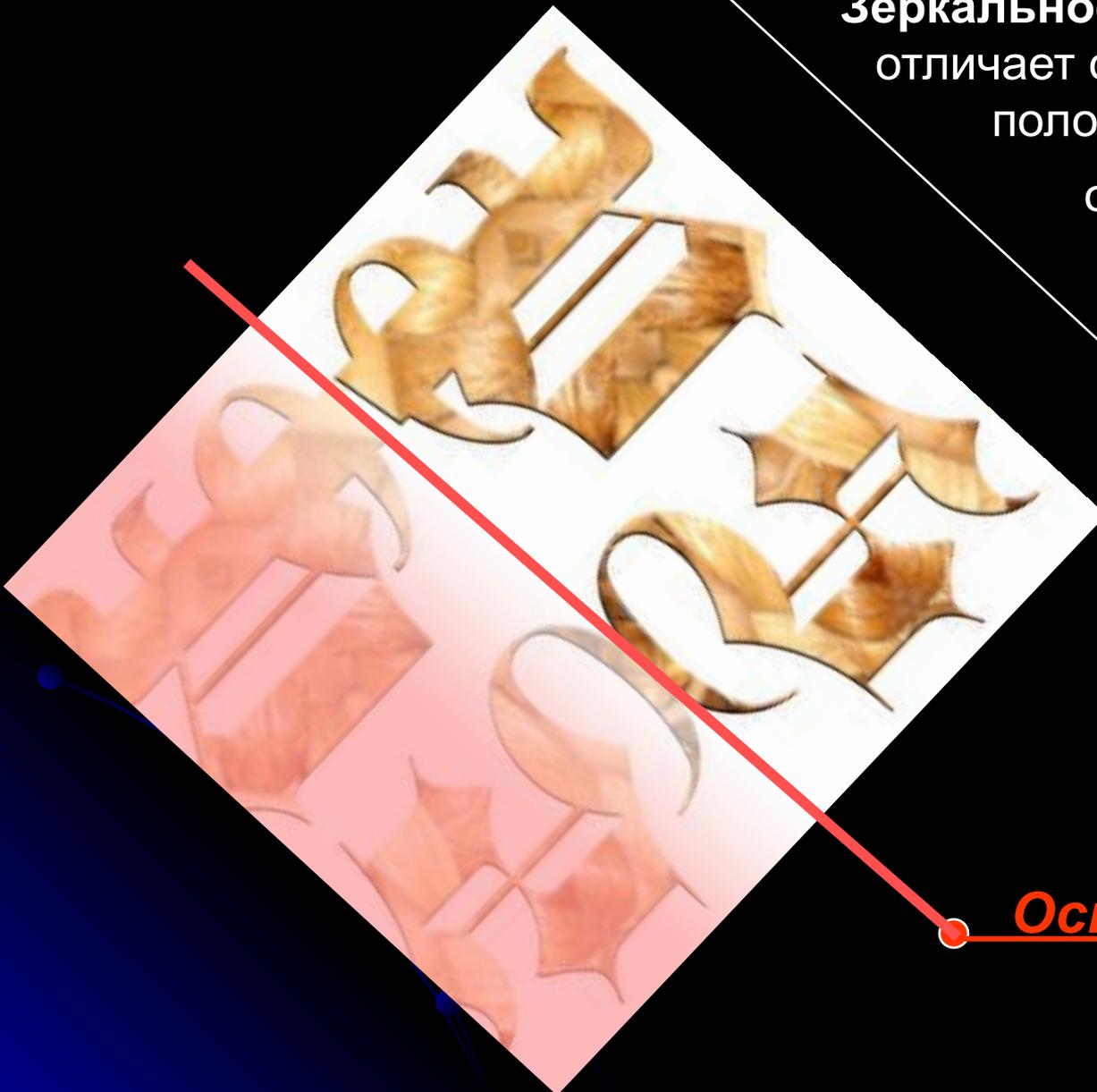


**Зеркальное Отражение света**  
отличает определённая связь  
положений падающего и  
отражённого лучей :

✦ *отражённый луч  
лежит в  
плоскости,  
проходящей  
через падающий  
луч и нормаль к  
отражающей  
поверхности;*

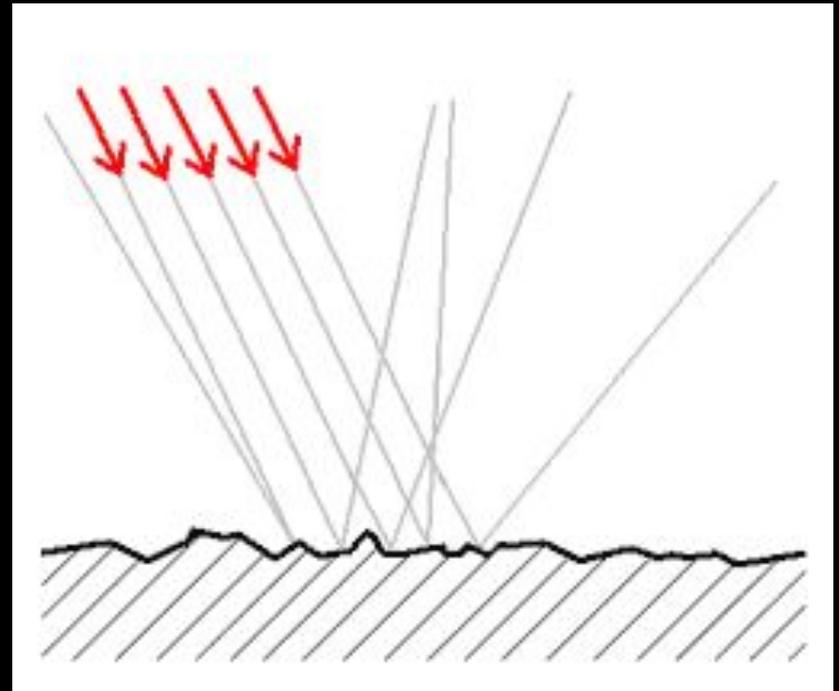
✦ *угол отражения  
равен углу падения*

**Ось симметрии**



# Диффузное отражение

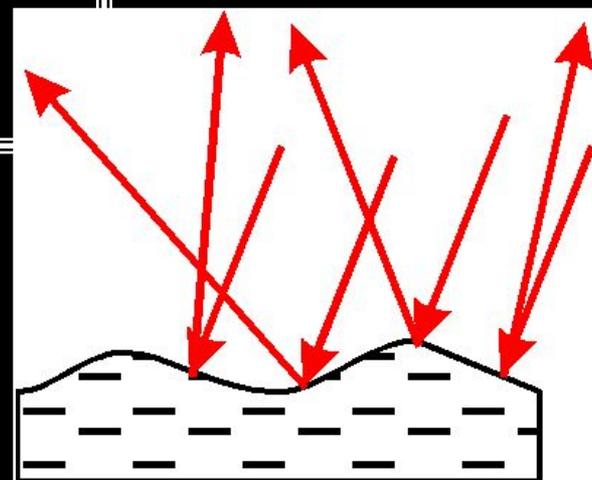
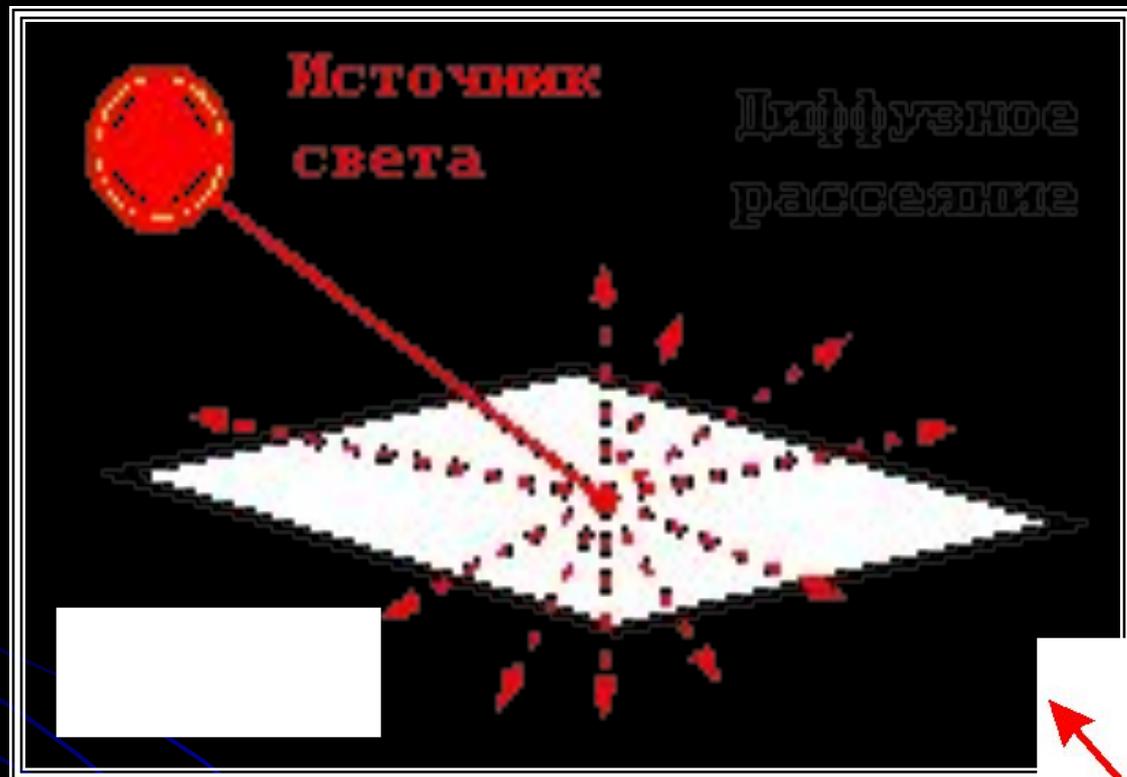
Если параллельный пучок лучей после отражения не остается параллельным и лучи отражаются по всем направлениям, то такое отражение называют *диффузным* (*рассеянным*).



*Именно благодаря диффузному отражению света становятся видимыми окружающие нас тела.*

*Диффузное отражение имеет место в том случае, когда размеры неровностей соизмеримы с длиной световой волны или превышают ее (шероховатые и матовые поверхности) и расположение неровностей беспорядочно.*

# отражение

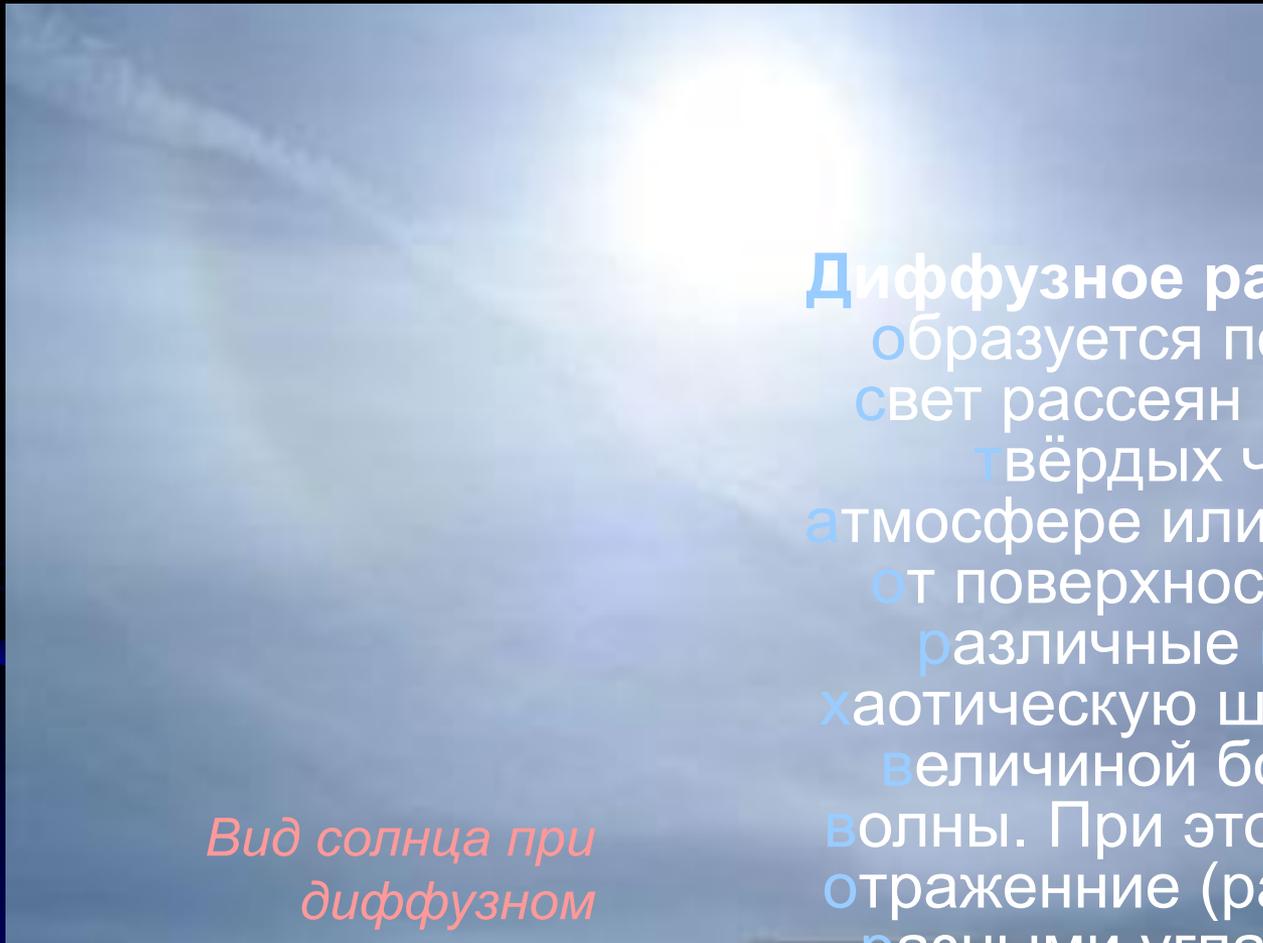


Диффузное

# Диффузное рассеяние света

Диффузное рассеяние света образуется после того, как свет рассеян на молекулах, твёрдых частицах в атмосфере или при отражении от поверхностей имеющих различные неровности, хаотическую шероховатость с величиной больше длины волны. При этом имеет место отражение (рассеянное) под разными углами падающих лучей света.

*Вид солнца при  
диффузном  
рассеянии лучей  
атмосферой*





*Отражение в 3 сферах*

# Механизм отражения

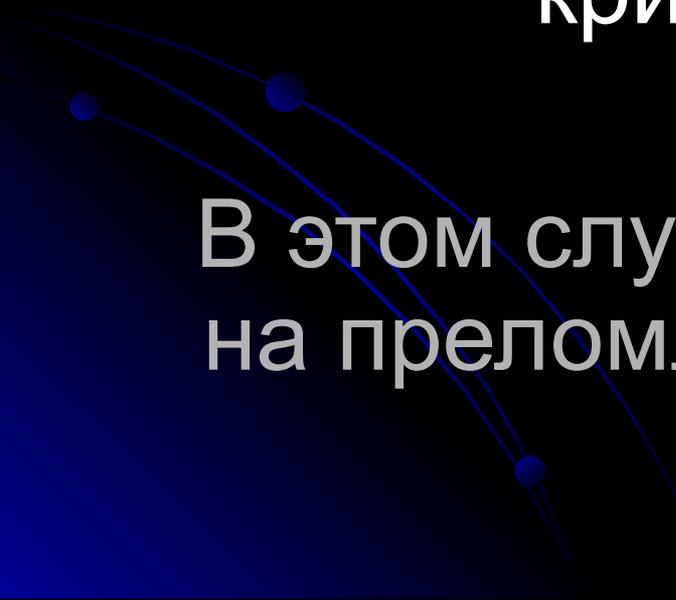
*При попадании электромагнитной волны на проводящую поверхность возникает ток, электромагнитное поле которого стремится компенсировать это воздействие. Это приводит к практически полному отражению света, т.к. ток представляет из себя электромагнитную волну с относительно низкой частотой, что приводит к увеличению проводимости.*

*Т. О., для света окружающие предметы являются проводниками тока проводимости. В зависимости от резонансной частоты колебательных контуров в молекулярной структуре вещества, при отражении излучается волна определённой частоты (определённого цвета). Так предметы приобретают цвет.*

# Неполное внутреннее отражение

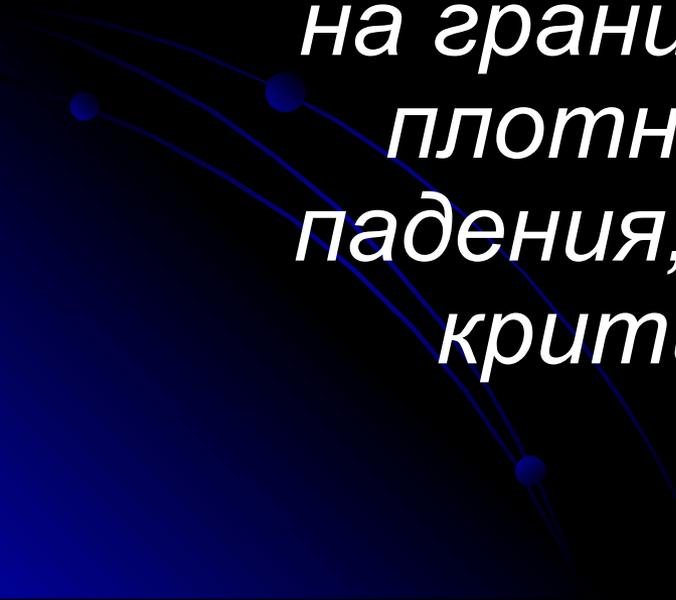
— внутреннее отражение, при условии, что угол падения меньше критического угла.

В этом случае луч раздваивается на преломлённый и отражённый.

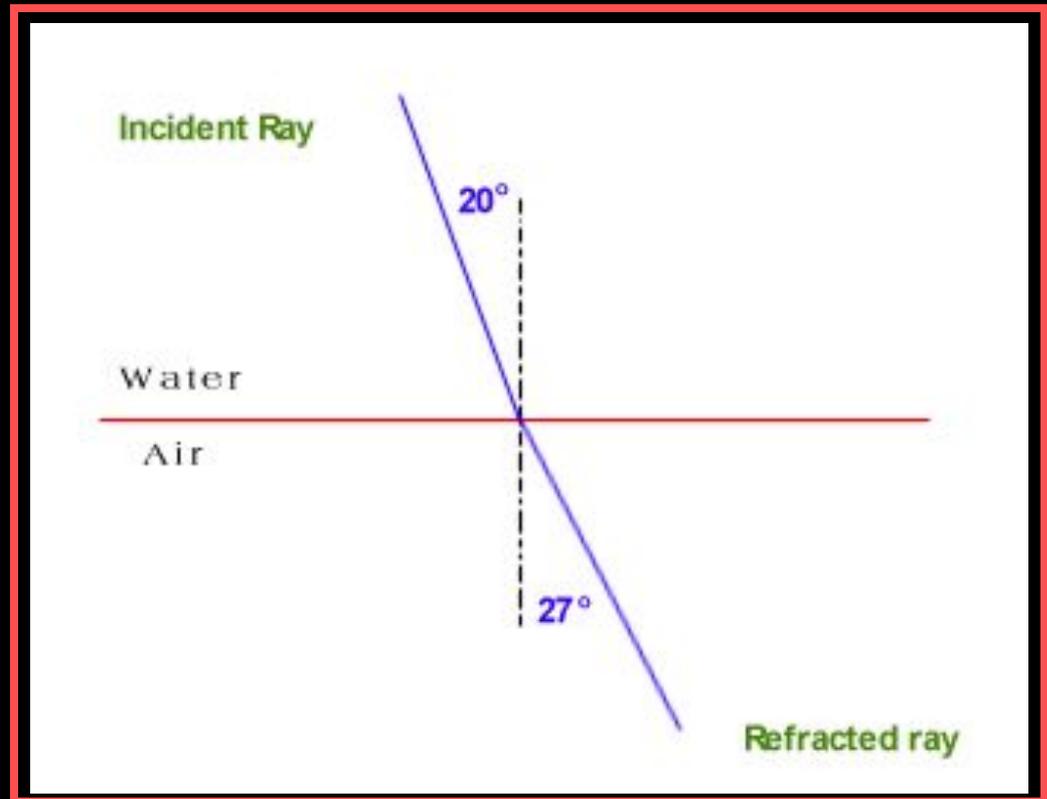


# Полное внутреннее отражение

*– отражение света, падающего из оптически более плотной среды на границу с оптически менее плотной средой под углом падения, большим некоторого критического значения .*



При этом падающая волна отражается полностью, и значение коэффициента отражения превосходит его самые большие значения для полированных поверхностей.



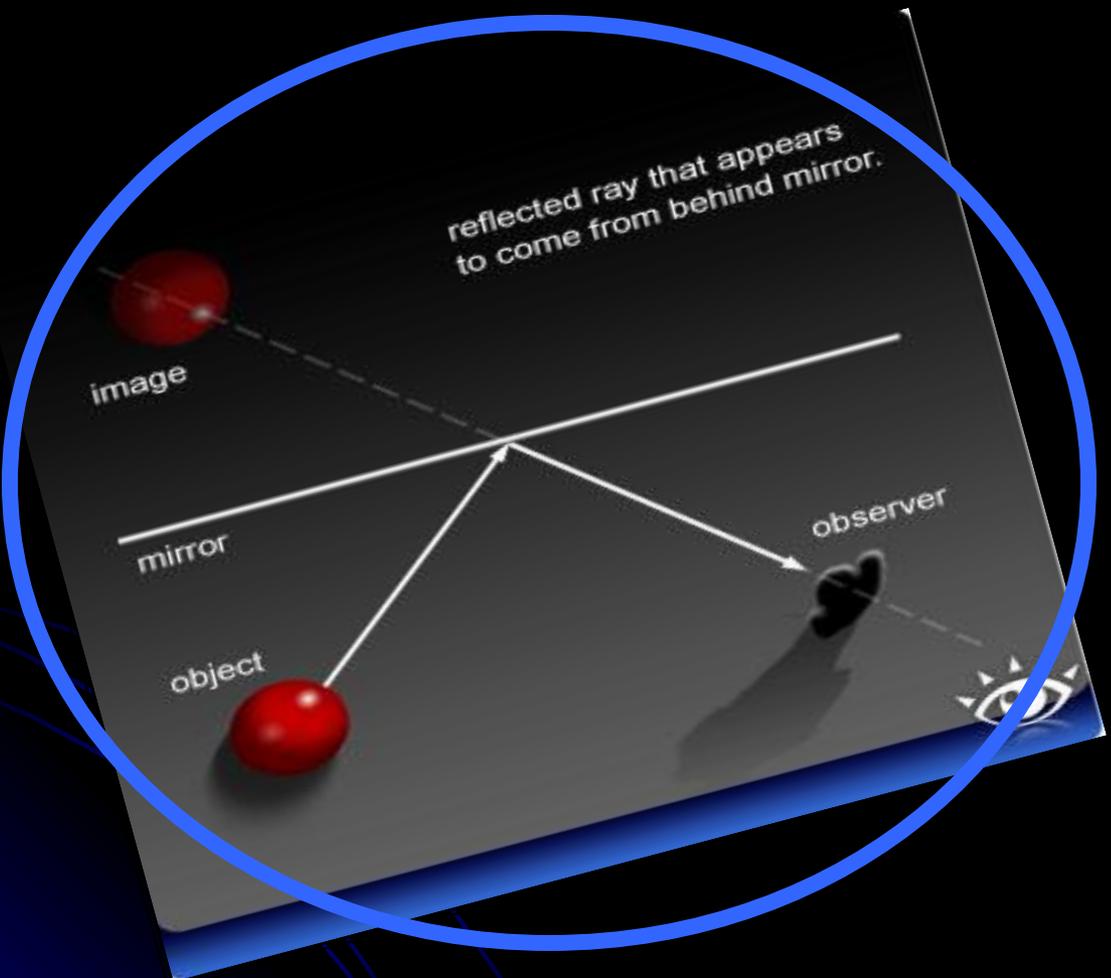
*Коэффициент отражения при полном внутреннем отражении не зависит от длины волны.*



# Плоское зеркало

# В ПЛОСКОМ зеркале Построение

## Построение

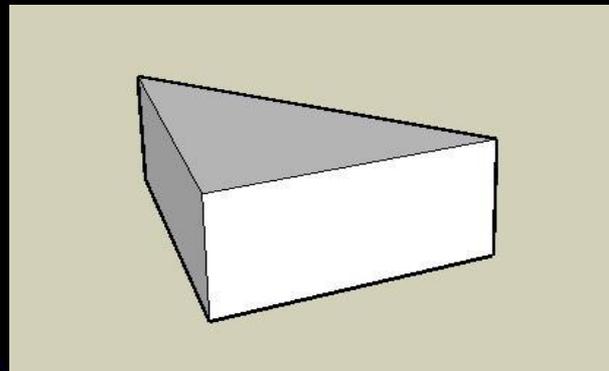


# Призма

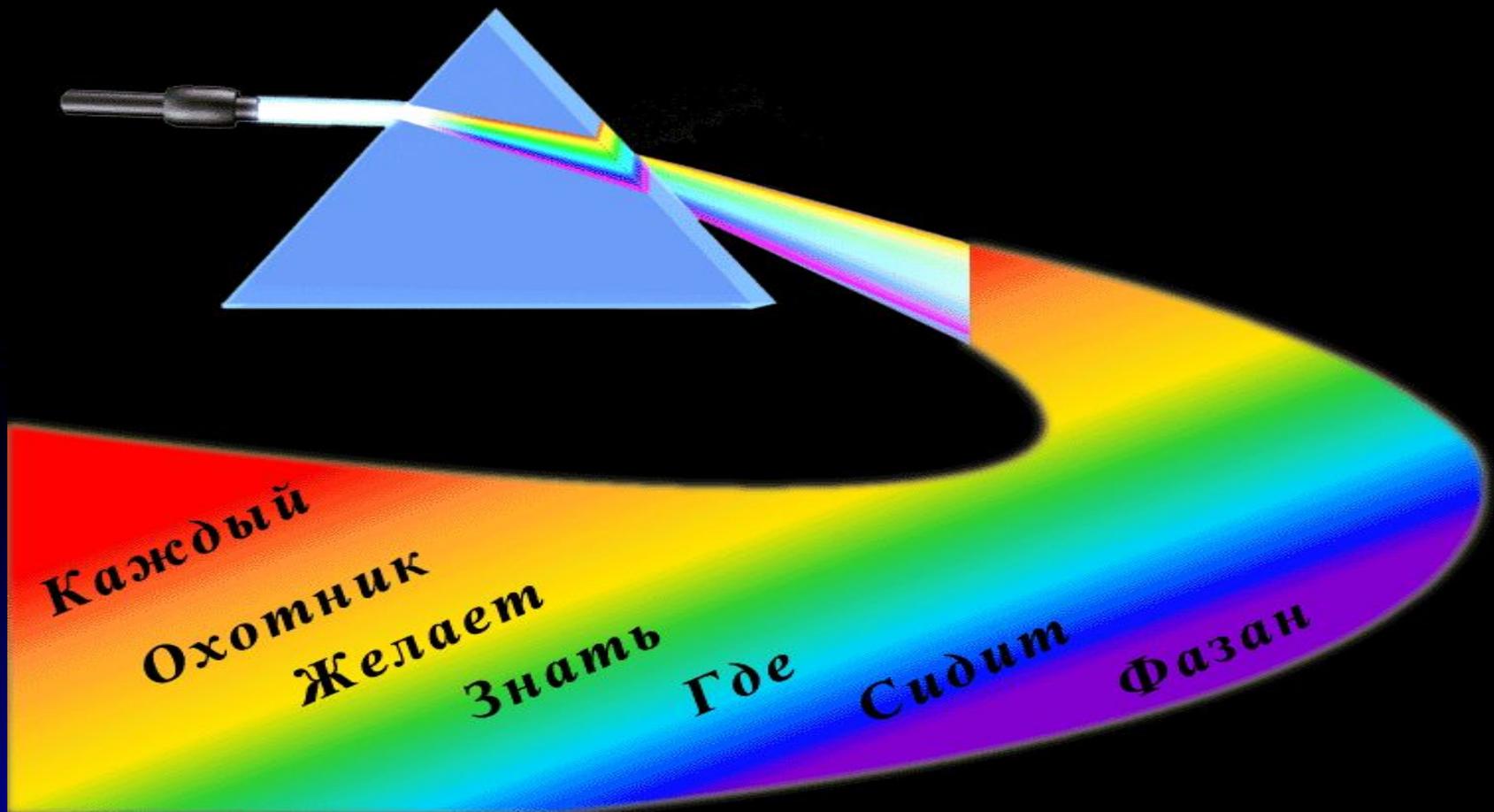
**Призма** – многогранник, основания которого параллельны и представляют собой многоугольник.

*Используется для изменения направления распространения света*

Наиболее простая и часто используемая – **треугольная призма**, в сечении которой треугольник.

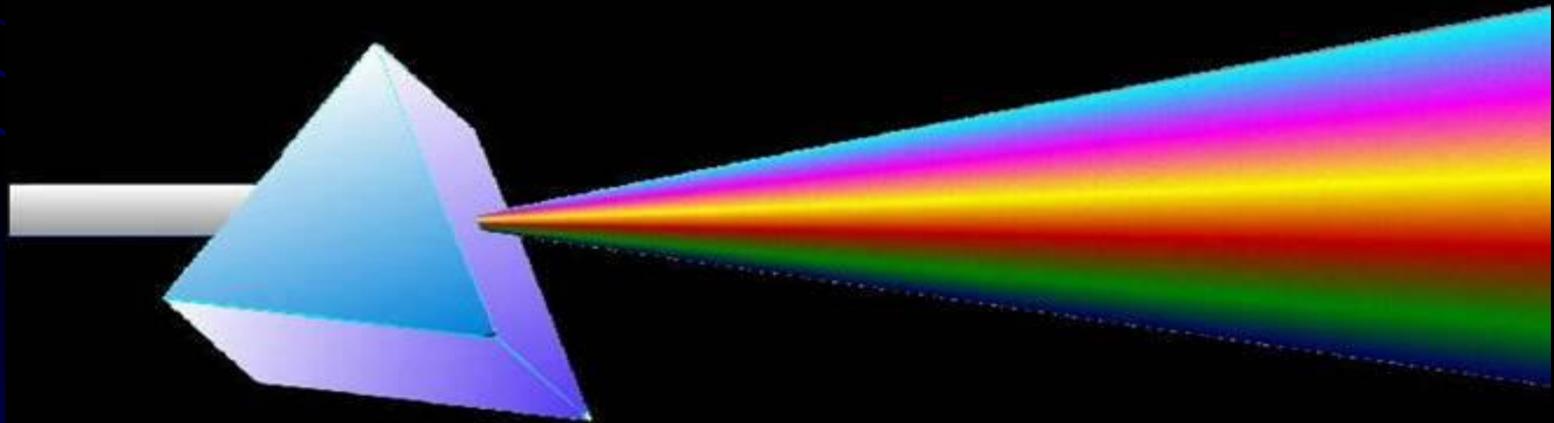


# Ход лучей в треугольной призме



При прохождении лучей сквозь призму они отклоняются к основанию призмы . Может также наблюдаться *явление полного внутреннего отражения* .

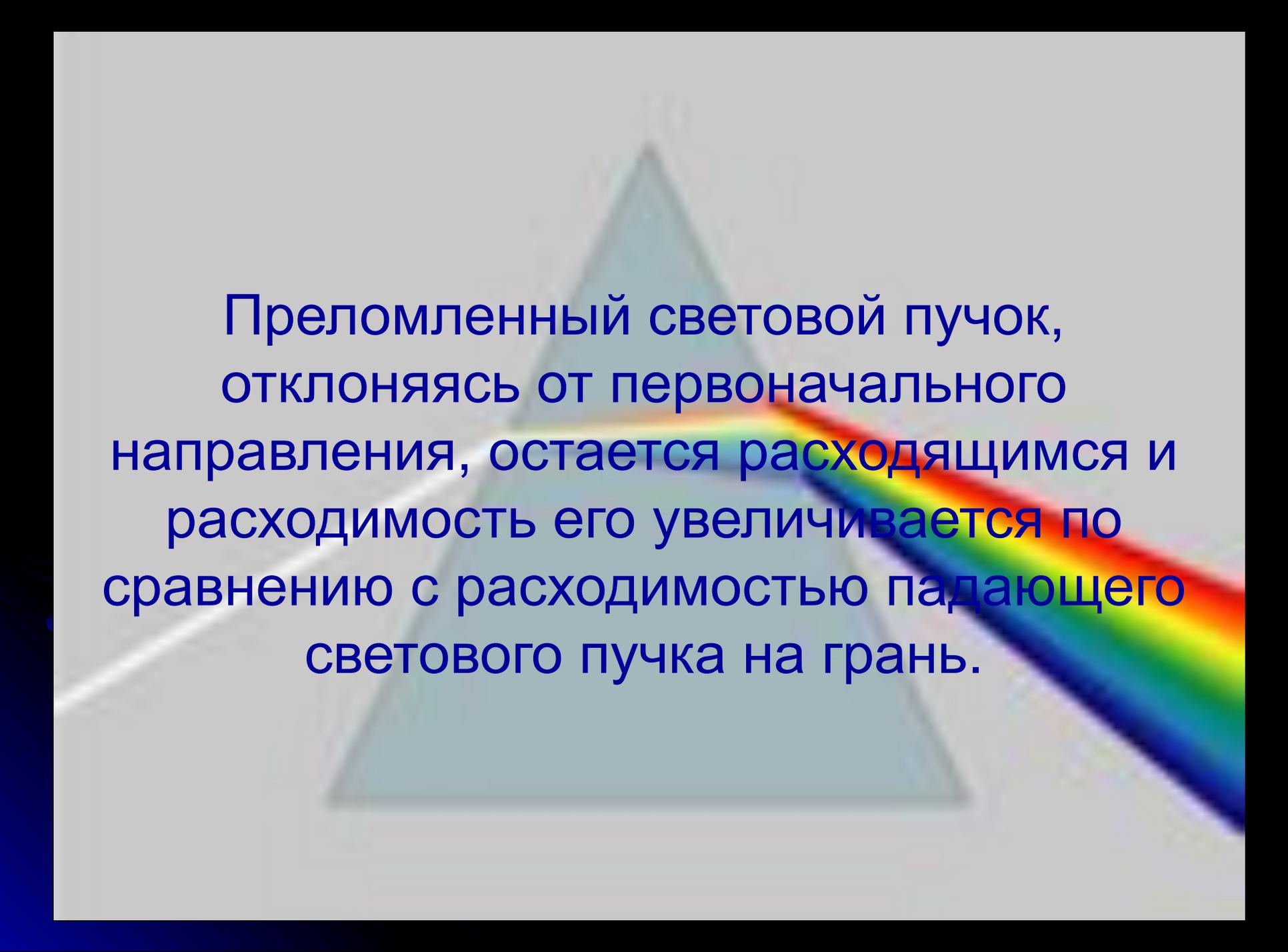
Кроме того, для белого света наблюдается *явление дисперсии света* – его разложение на цвета :



# Преломляющее действие стеклянной треугольной призмы.

*При прохождении призмы луч(или  
световой пучок) дважды испытывает  
преломление:*

- ⇒ первый раз при переходе из воздуха в  
стекло ,
- ⇒ второй раз - из стекла в воздух.



Преломленный световой пучок, отклоняясь от первоначального направления, остается расходящимся и расходимость его увеличивается по сравнению с расходимостью падающего светового пучка на грань.

# Расходимость светового пучка при выходе из призмы зависит от:

- ✘ *Положения источника света перед призмой.*
  - ✘ *Угла , называемого преломляющим углом призмы.*
  - ✘ *Рода вещества призмы.*
  - ✘ *Цветности светового пучка, входящего в призму.*
- 

# Опыт Ньютона. Открытие дисперсии света

Дисперсия света была экспериментально открыта Ньютоном около 1672 года, хотя теоретически достаточно хорошо объяснена значительно позднее.



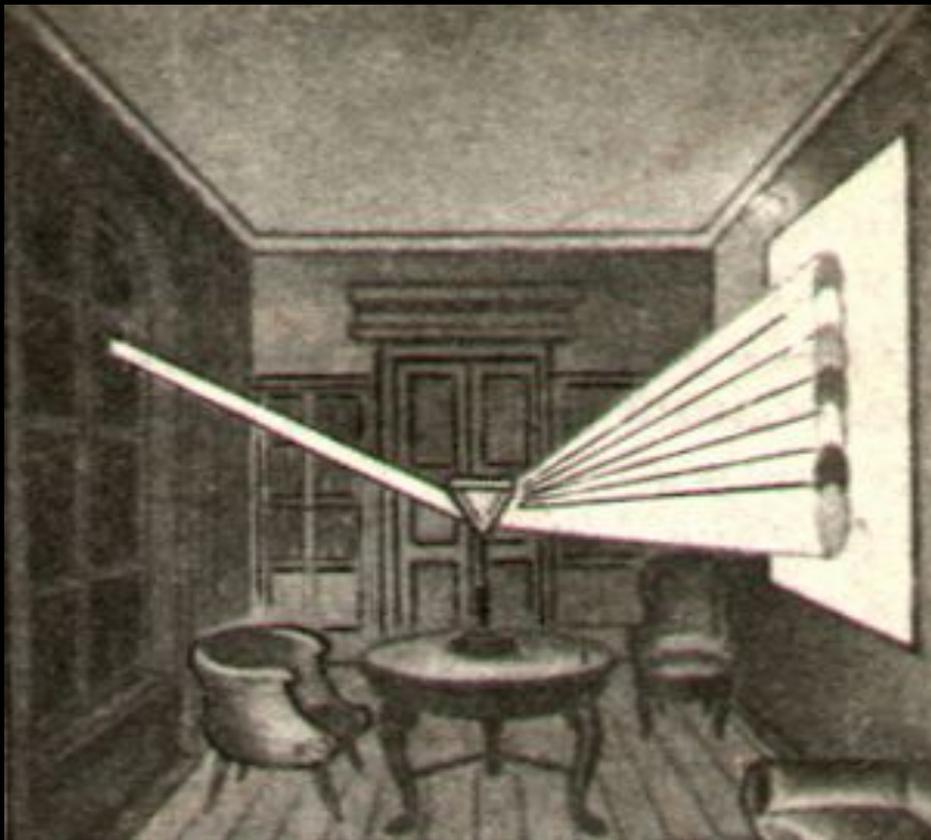
**Дисперсия света** (разложение света) — это явление зависимости абсолютного показателя преломления вещества от длины волны (или частоты) света



*цветов, каких до того никто даже не подозревал» (слова из надписи на надгробном памятнике Ньютону).*



*Занимаясь усовершенствованием телескопов, Ньютон обратил внимание на то, что изображение, даваемое объективом, по краям окрашено. Он заинтересовался этим и первый «исследовал разнообразие световых лучей и проистекающие отсюда особенности*



*Падая на стеклянную призму, он преломлялся и давал на противоположной стене удлиненное изображение с радужным чередованием цветов.*

*Основной опыт Ньютона* был гениально прост. Ньютон направил на призму световой пучок малого поперечного сечения. Пучок солнечного света проходил в затемненную комнату через маленькое отверстие в ставне.

*Если внимательно присмотреться к прохождению света через треугольную призму, то можно увидеть, что разложение белого света начинается сразу же, как только свет переходит из воздуха в стекло.*



**Следуя многовековой традиции,  
согласно которой радуга считалась  
состоящей из семи основных  
цветов, Ньютон тоже выделил семь  
цветов:**



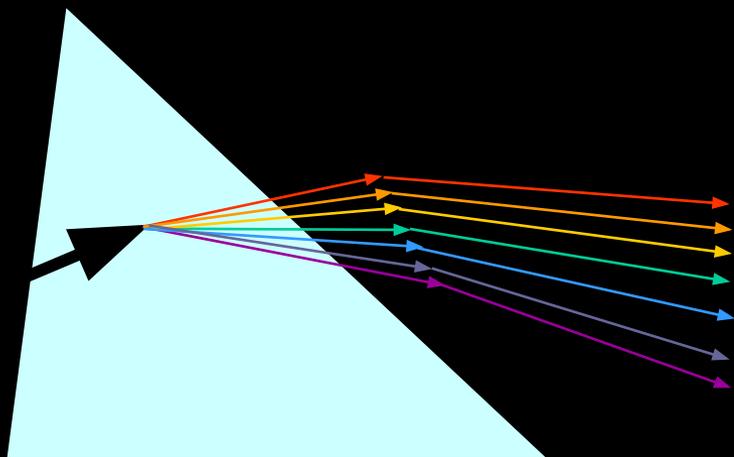
**фиолетовый,  
синий,  
голубой,  
зеленый,  
желтый,  
оранжевый  
и красный.**

*Саму радужную полоску  
Ньютон назвал спектром.*



# Результаты опыта свидетельствуют о том, что:

- ★ *белый свет - сложный, он состоит из лучей разного цвета. Цвет определяется частотой волны;*
- ★ *показатель преломления вещества призмы  $n$  зависит от цвета лучей;*  
 $(n_{\text{ф}} > n_{\text{кп}});$
- ★ *скорость света зависит от цвета лучей;*  
 $(v_{\text{ф}} < v_{\text{кп}}).$



Красный



спектр



Белый свет

Фиолетовый

$\lambda$

f



# Радуга



РА – СВЕТ

ДУ-

отвернуться

ГА- идти



Древнее слово

РАДУГА переводится

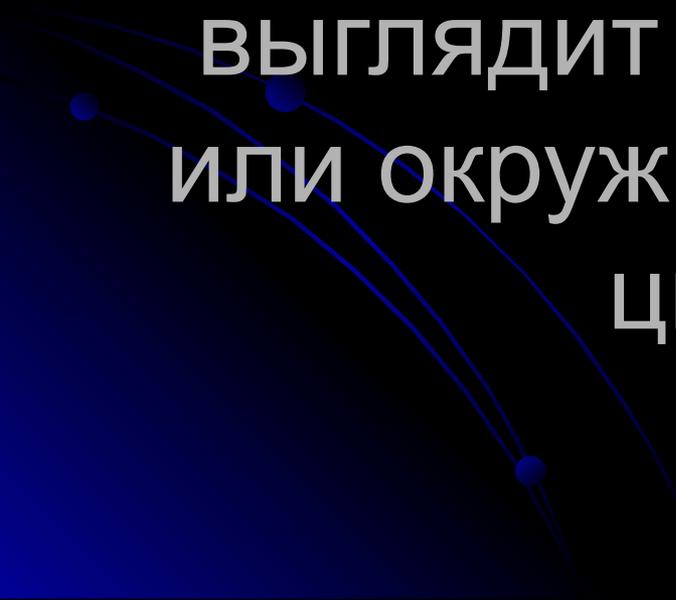
как отвернувшийся

(преломленный) луч

света.



***Радуга*** — атмосферное оптическое и метеорологическое явление, наблюдаемое обычно после дождя или перед ним. Оно выглядит как разноцветная дуга или окружность, составленная из цветов спектра.



Центр окружности, описываемой радугой лежит на прямой, проходящей через этот центр, наблюдателя и Солнце — потому для наблюдателя Солнце всегда находится за его спиной, и одновременно видеть Солнце и радугу без использования зеркал невозможно. Для наблюдателя на земле радуга обычно выглядит как дуга, часть окружности, и чем выше точка зрения наблюдателя — тем радуга полнее (с горы или самолёта можно увидеть и полную окружность). Когда Солнце поднимается выше 43 градусов над горизонтом, то радуга с поверхности Земли не видна.



# "Огненная радуга"

«Огненная радуга» — относительно редкий оптический эффект в атмосфере, выражающийся в возникновении горизонтальной радуги, локализованной на фоне лёгких, высоко расположенных перистых облаков.

О  
Г  
Н  
Е  
Н  
Н  
А  
Я

Н  
а  
ф  
о  
н  
е

Р  
А  
Д  
У  
Г  
А

п  
е  
р  
ь  
е  
в  
ы  
х

О  
Б  
Л  
А  
К  
О  
В



# Феномен проявляется при определённых условиях:

-  *Солнце должно быть выше 58 градусов над горизонтом;*
-  *в небе должны находиться перистые облака;*
-  *плоские шестиугольные кристаллы льда в облаках должны располагаться горизонтально.*

# ...Из истории Оптики

**ОПТИКА**

**Античность**

Средние века  
и эпоха  
возрождения

**17 Век**

*Оптика* – та наука, которая уже в древности была связана с практическими нуждами. Греческие геометры, приступив к исследованию оптических явлений, в том числе атмосферной оптики, обнаружили видимую прямолинейность распространения света: подсказкой здесь послужили отбрасываемые предметами тени. Затем учение о свете было включено в систему линейной геометрии; были разработаны геометрические методы образования изображения как от плоского, так и от кривого зеркала - исследования, которые они называли катоптрикой (наука об отражении лучей от зеркальных поверхностей). Методика прослеживания луча для нахождения изображения, впервые серьезно изученная во времена Пифагора, широко используется при оптических расчетах и в наши дни.

# АНТИЧНОСТЬ



**Греки придавали термину “оптика” более узкое значение, чем мы: для них это была наука о природе света и зрения, то есть то, что мы сейчас называем физической и физиологической оптикой.**

**Примерно с V в. до н. э. греческие философы начали в своих теориях касаться истинного способа распространения света. Открытые в античности основные оптические эффекты определили развитие как фундаментальной, так и прикладной оптики и легли в основу количественных оптических исследований средних веков.**

# Древние исследователи

- Пифагор
- Эвдокс
- Эмпедокл
- Аристотель
- Архимед
- Аристарх Самосский

- Евклид
- Аполлоний Пергский
- Гиппарх
- Клеомед
- Герон Александрийский
- Птолемей

В эпоху поздней античности  
оптическими исследованиями  
занимались Герон  
Александрийский и

Птолемей.

Клавдий Птолемей



Клавдий Птолемей — одна из крупнейших фигур в науке позднего эллинизма.

Он исследовал преломление света на границе воздух-вода и воздух-стекло. В 130 г. н.э. Птолемей описал первые действительно точные диоптрические измерения в воде, но не смог обнаружить закономерность, связывающую способность к преломлению с величиной угла, на который отклоняется свет. Птолемей поставил специальный опыт с целью исследовать закон преломления. Он взял диск, по которому вокруг центра вращались две линейки - указатели А и В. Этот диск Птолемей наполовину погружал в воду и перемещал верхнюю линейку до тех пор, пока она не казалась продолжением нижней, находящейся в воде. Вынув затем диск из воды, он определял углы падения и преломления. Однако, хотя эксперимент Птолемея и был поставлен правильно и он получил достаточно хорошие численные значения для углов падения и преломления, истинного закона он установить не сумел.

# СРЕДНИЕ ВЕКА И ЭПОХА ВОЗРОЖДЕНИЯ



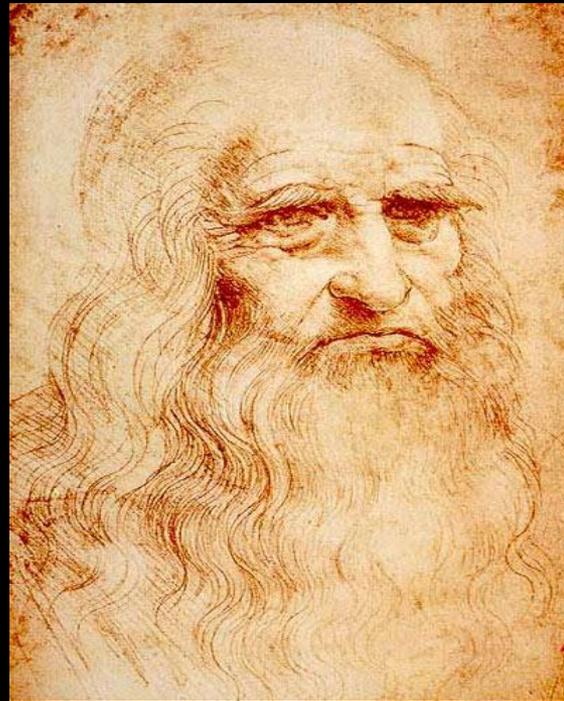
Возрождение античного знания и дальнейшее развитие науки началось в арабском мире. Арабы сделали немало в области многих наук, в том числе и в оптике.

В Европе единственным важным достижением за это время было изобретение в XIII в. очков, тогда же появились первые серьезные исследования по оптике.

# Очки



Начиная с конца XV века происходит резкий сдвиг оптики в практическую область, во многом благодаря трудам *Леонардо да Винчи.*



- Главным в жизни Леонардо была, конечно, живопись. Эта наука - мать перспективы, т. е. „учения о зрительных линиях”. Леонардо серьезно интересовался оптикой, поскольку практические вопросы, связанные с оптикой, были близки к живописи. В процессе познания он всегда придавал исключительное значение глазу и зрению, всему тому, что относится к миру образов.
- Леонардо в своем творчестве хотел быть “Мастером и Богом” природы, он хотел научиться создавать то же впечатление, которое создает живая природа. Для этого надо познать сущность вещей, уловить то, что скрывается за внешней оболочкой. Чтобы понять все тонкости игры света, он должен понять, что такое свет, световые лучи, законы распространения света, строение глаза, природу и механизм зрения. Но главной была наука о живописи, в которой Леонардо видел смысл жизни. Искусство создает новый мир, и художник в этом подобен богу.

В оптических исследованиях Леонардо проявилась идея союза науки и практики. Он ставил и решал задачи построения хода лучей в глазе, рассматривал вопросы аккомодации и адаптации глаза, давал научное объяснение действия линз, зеркал и очков, ставил вопросы аберраций и создавал рисунки каустических поверхностей, приводил результаты первых фотометрических исследований, описывал технологии изготовления линз и зеркал. Особо важными представляются объяснения Леонардо да Винчи перевернутых изображений, даваемых камерой-обскурой, поскольку в те годы это был единственный пример действительного оптического изображения. Изучение бинокулярного зрения привело Леонардо к созданию около 1500г. стереоскопа, он изобрел ряд осветительных устройств, в том числе ламповое стекло, мечтал о создании телескопа из очковых линз. В 1509г. им была предложена конструкция станка для шлифовки вогнутых зеркал, подробно описано изготовление параболических поверхностей.

Леонардо обнаружил разницу между распространением звуковых и световых волн, исследовал отражение и преломление звуковых волн, эхо, скорость звука и факторы, определяющие степень громкости. В результате он создал некую перспективу звука, подобную законам оптической и изобразительной перспективы.

*Дело Леонардо продолжил итальянский математик, физик и астроном*

## Франческо Мавролик.

В первой части своего оригинального исследования по оптике Мавролик рассматривал вопросы геометрической оптики: прямолинейное распространение света, его отражения от плоских, сферических, цилиндрических и конических зеркал; во второй части - преломление света, явление *радуги*, строение глаза, механизм зрения и принцип действия *очков*. Ему принадлежит заслуга в объяснении причин дальнозоркости и близорукости.

Исследуя прозрачные тела, ограниченные сферическими поверхностями (т.е. линзы), Мавролик установил, что выпуклые линзы являются собирающими, а вогнутые – рассеивающими.

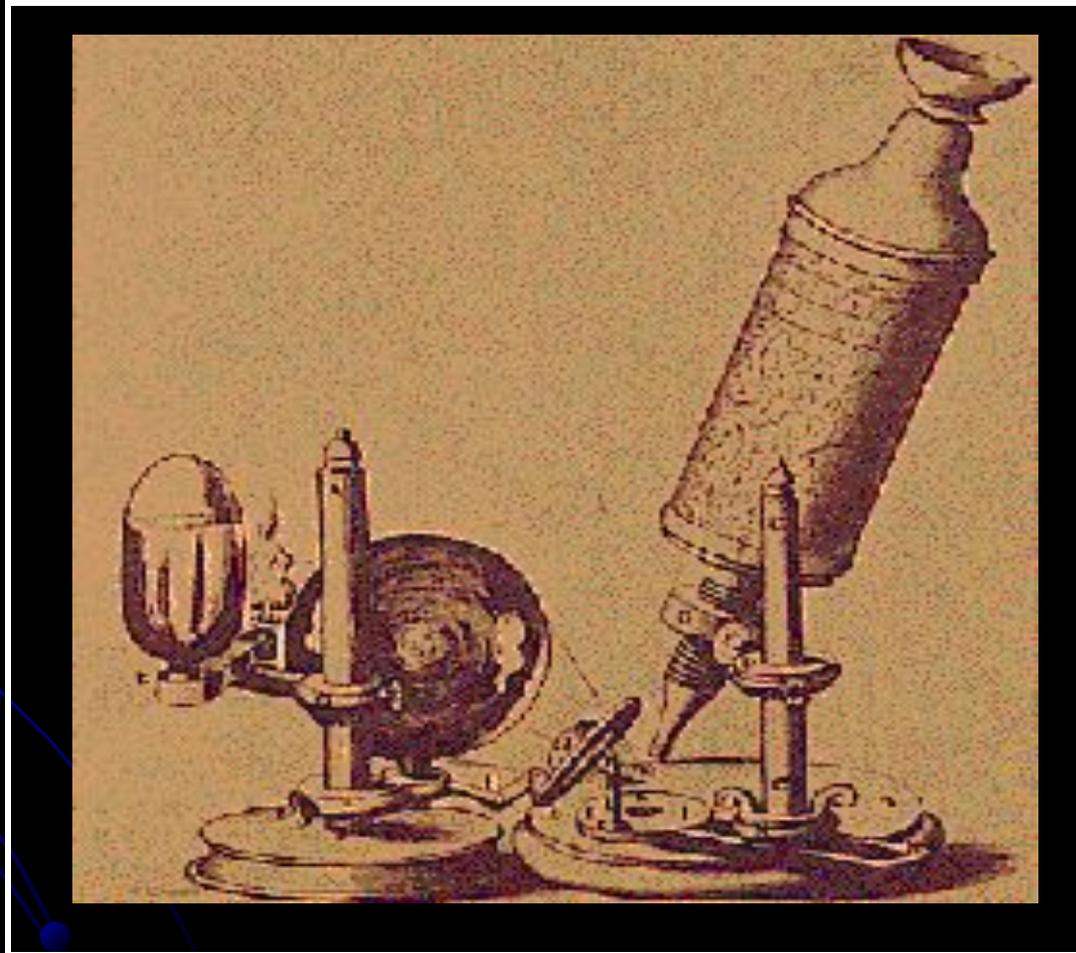
Дело, начатое Леонардо да Винчи и Мавроликом, было продолжено их соотечественником Джованни Баттиста де ла Порта. Он усовершенствовал *камеру-обскуру*, добавив собирающую линзу, и выдвинул идею *проекционного фонаря*. Вскоре де ла Порта делает попытку построения хода лучей в линзах и даже приводит оптическую систему телескопа, однако вопрос о его приоритете в изобретении зрительной трубы является недоказанным. Первая зрительная труба появилась на рубеже XVI и XVII веков в Голландии, о чем сообщил в 1608г. очков дел мастер Липперсгейм. Известие о его изобретении побудило Галилея через год в Падуе построить свой *телескоп* и тем самым положить начало современной астрономии. Разработке собственно теории этого инструмента и практике его применения мы обязаны прежде всего Галилео Галилею и Иоганну Кеплеру.

# Исследователи Средних веков и эпохи возрождения

- ал-Хорезми
- Альхазен
- Аверроэс
- Авиценна
- ал-Бируни
- Роджер Бэкон
- Вителло
- Леонардо да Винчи
- Мавролик
- Де Ла Порта

- Липперсгейм
- Галилей
- Торричелли
- Фонтана
- Левенгук
- Кеплер
- Браге
- Снеллиус
- Декарт

# XVII BEK

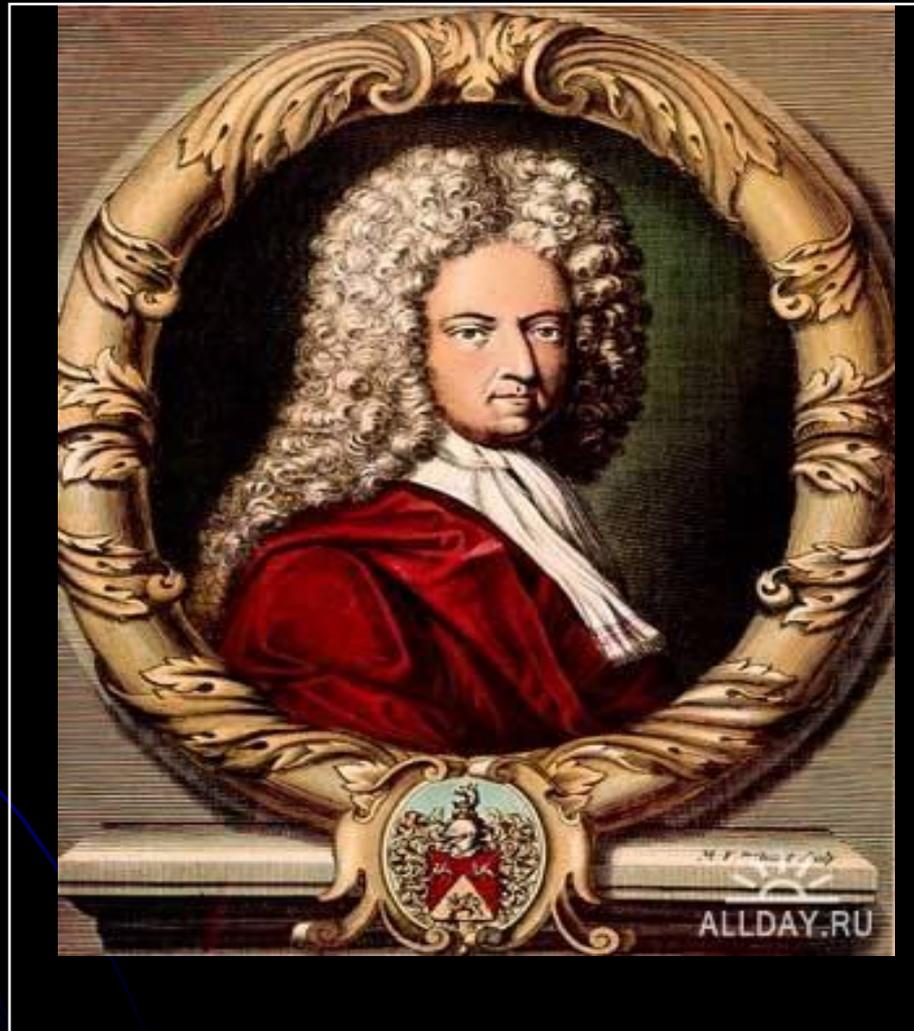


Характерные черты 17 века - любовь к эксперименту, классификациям, а также строгий и сухой рационализм.

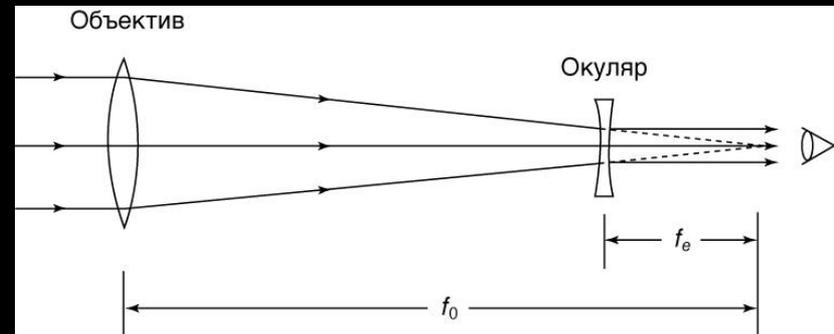
Новая наука имела свои фазы развития - критический период рождения, первоначальный рост и период интеллектуальной зрелости. Это были фазы научной революции. Этот процесс сопровождался сменой картины мира - от иерархической Вселенной Аристотеля до мировой механики Ньютона. Борьба против старой картины мира вынуждала Кеплера и Галилея критиковать ее со всех сторон. Бэкон и Декарт ознаменовали собой новый век в науке. Следующим этапом было торжество и повсеместное распространение новой науки.

# Галилео Галилей

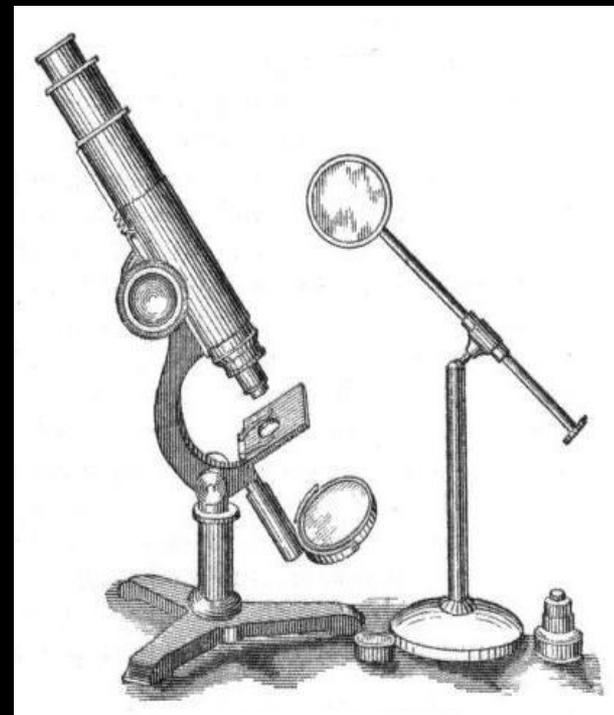
(1564-1642)



Прогресс в развитии всех прикладных оптических исследований в значительной мере связан с именем Галилея. Прогресс в развитии всех прикладных оптических исследований в значительной мере связан с именем Галилея и послужил могучим стимулом к созданию разнообразных конструкций телескопов и других оптических приборов. Путем логических рассуждений он пришел к выводу о необходимости сочетания выпуклой и вогнутой линзы для получения искомого эффекта увеличения. Он первым понял, что качество изготовления линз для очков и для зрительных труб должно быть совершенно различным. Галилей усовершенствовал технологию изготовления линз, что позволило ему создать инструмент, увеличивающий в 32 раза.



Галилею также принадлежит приоритет в конструировании микроскопа, который он создал, подбирая соответствующее расстояние между линзами, при котором оказывались увеличенными не удаленные, а близкие предметы.



Отметим, что созданные во второй половине XVII в. Левенгуком однолинзовые микроскопы были намного проще и менее качественными.

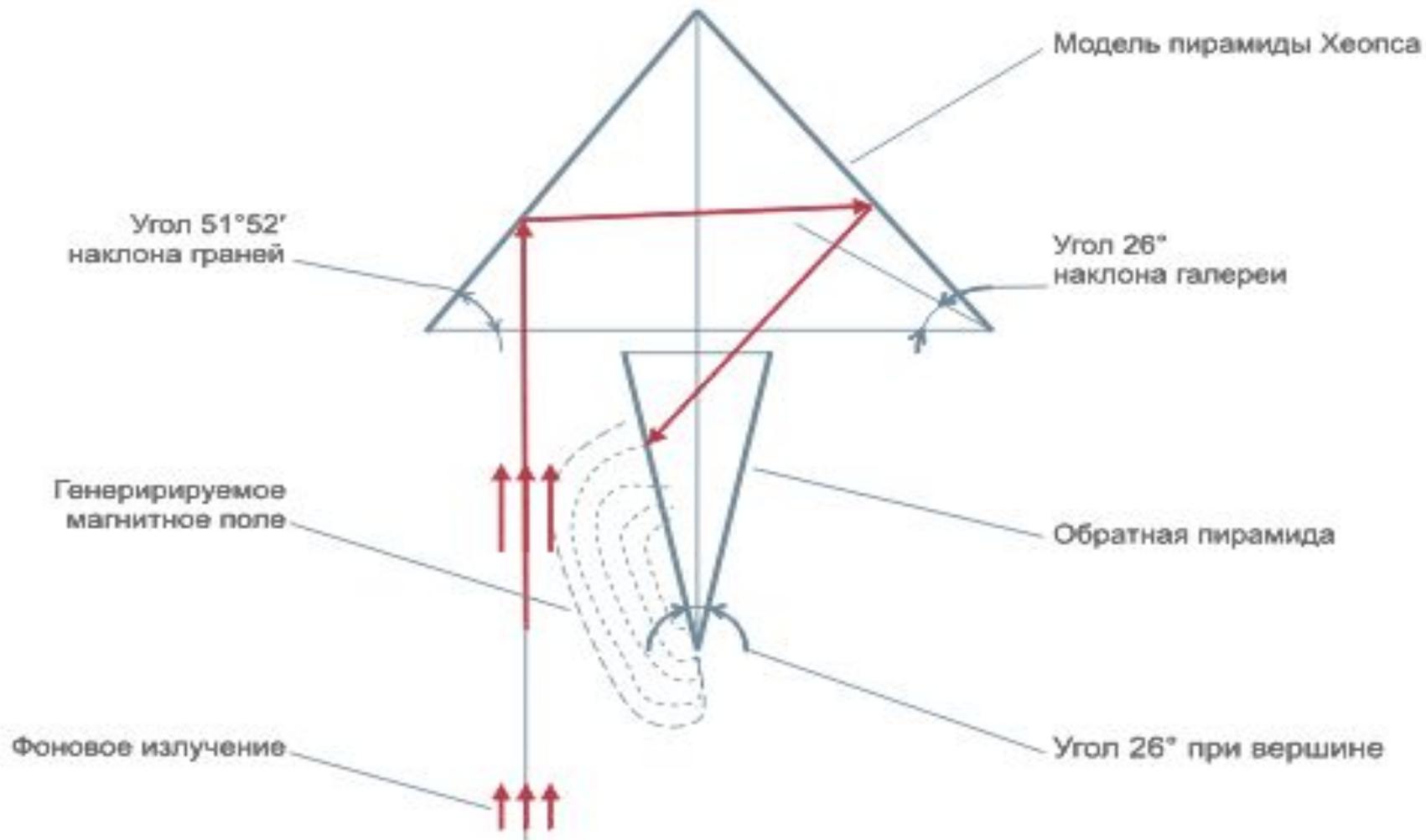
Фундамент современной научной оптики линз заложил выдающийся немецкий астроном [Иоганн Кеплер](#). Помимо интенсивных занятий астрономией, он изобретает зрительную трубу, состоящую из двух положительных линз (телескоп Кеплера) с большим полем зрения и промежуточным перевернутым действительным изображением, в плоскости которого можно располагать визирующее устройство. Это превратило телескоп из инструмента наблюдательного в инструмент измерительный. Он впервые применил камеру-обскуру для наблюдения солнечного затмения, установив, что форма изображения на стенке камеры не зависит от формы отверстия. В первом 10-летию XVII в. Кеплер научно объяснил ряд оптических явлений (отражение, преломление). Он впервые ввел понятие фокуса и дал глубокий анализ механизма зрения. Дальнейшая разработка законов преломления принадлежит [Декарту](#), выводы которого были подтверждены [Ферма](#). Несколько позже [Гримальди](#) открыл явление дифракции.

# Линзы Торричелли

В 1646г. Эванджелистом Торричелли была сделана линза диаметром 83 мм, которая и сейчас относится к классу современной точной оптики.

Кроме изготовления зрительных труб и телескопов, Торричелли занимался конструированием простых микроскопов, состоящих всего из одной крошечной линзы. Именно такие микроскопы получили затем широкое распространение благодаря виртуозности Антони ван Левенгука. Подобно тому как в руках Галилея телескоп обнаружил тайну звезд, микроскоп в руках исследователей 17 века (кроме Левенгука это Мальпиги, Гук и Сваммердам) открыл двери в мир бесконечно малого.

# Модель пирамиды Хеопса



# ... Из биофизики

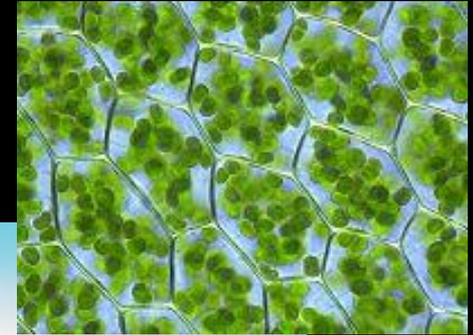
## Фотосинтез

- это процесс образования органических соединений из неорганических веществ с использованием энергии солнечного света.

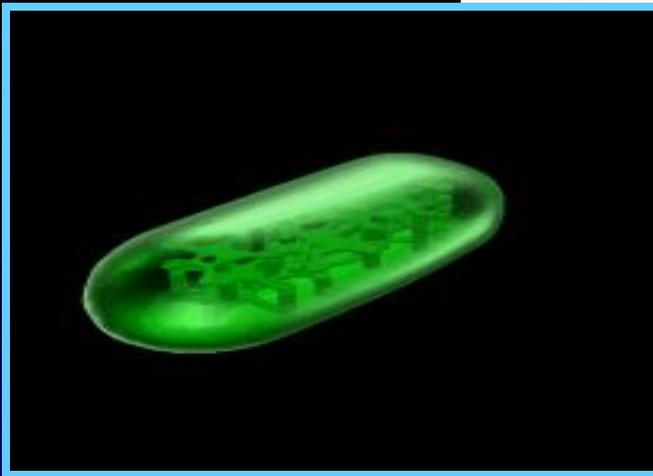


# Фотосинтез

начинается с того, что  
излучаемые солнцем фотоны  
попадают в особые пигментные  
молекулы, находящиеся в  
листе, — молекулы  
хлорофилла



Хлоропласты  
в клетках  
листа



Хлоропласт

# Суммарное уравнение фотосинтеза выглядит так:



Вода + углекислый газ + свет



Углеводы + кислород



*Когда фотон сталкивается с 250-400 молекулами Фотосистемы II, энергия скачкообразно возрастает и передается на молекулу хлорофилла.*

В этот момент происходят **2** химические реакции:

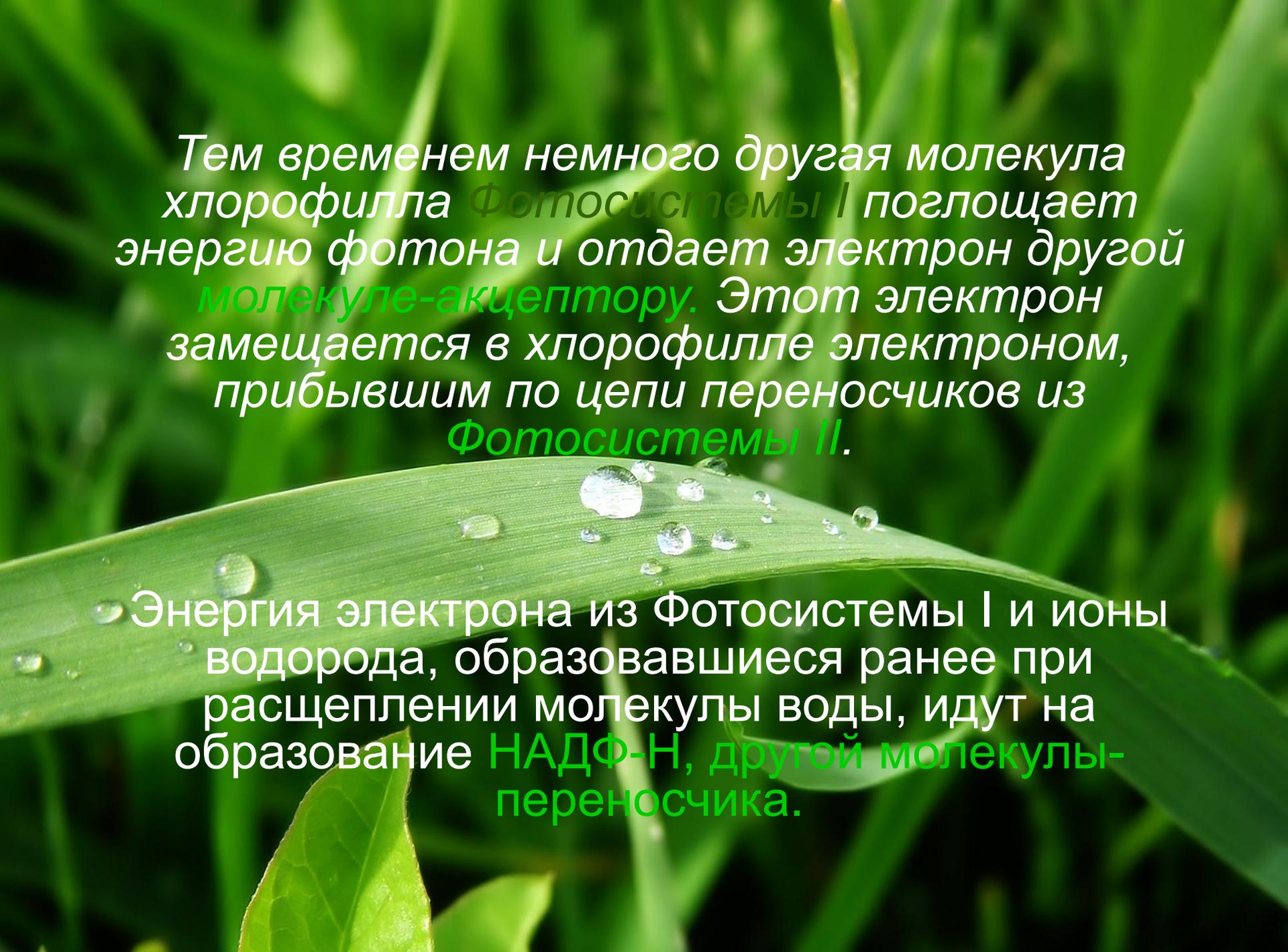
- ♥ молекула хлорофилла теряет два электрона (которые принимает другая молекула, называемая **акцептором электронов**) ;*
- ♥ расщепляется молекула воды.*

*Электроны двух атомов водорода, входивших в молекулу воды, возмещают два потерянных хлорофиллом электрона.*

После высокоэнергетический («быстрый») электрон перекидывают друг другу собранные в цепочку *молекулярные переносчики*.

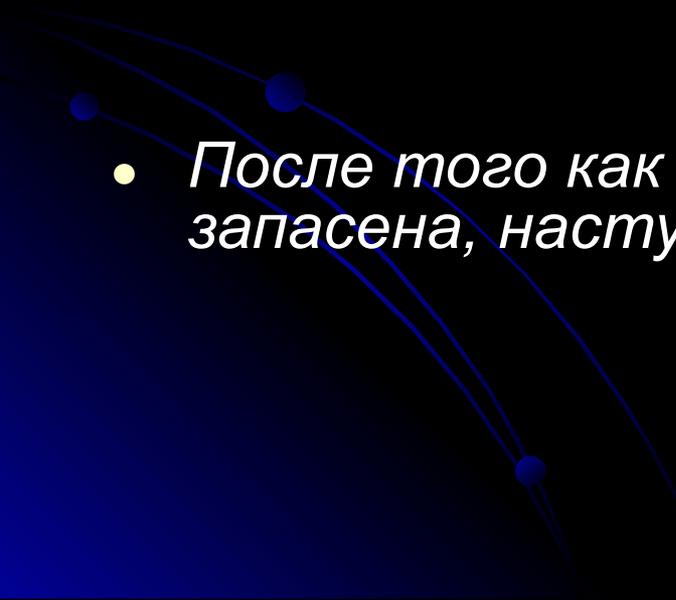
*Фотон* — элементарная частица, квант электромагнитного излучения (в узком смысле — света). Это безмассовая частица, способная существовать только двигаясь со скоростью света. Заряд фотона равен 0.

При этом часть энергии идет на образование *молекулы аденозинтрифосфата (АТФ)*, одного из основных переносчиков энергии в клетке.



Тем временем немного другая молекула хлорофилла Фотосистемы I поглощает энергию фотона и отдает электрон другой молекуле-акцептору. Этот электрон замещается в хлорофилле электроном, прибывшим по цепи переносчиков из Фотосистемы II.

Энергия электрона из Фотосистемы I и ионы водорода, образовавшиеся ранее при расщеплении молекулы воды, идут на образование НАДФ-Н, другой молекулы-переносчика.

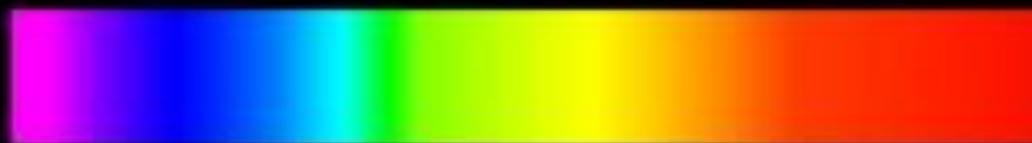
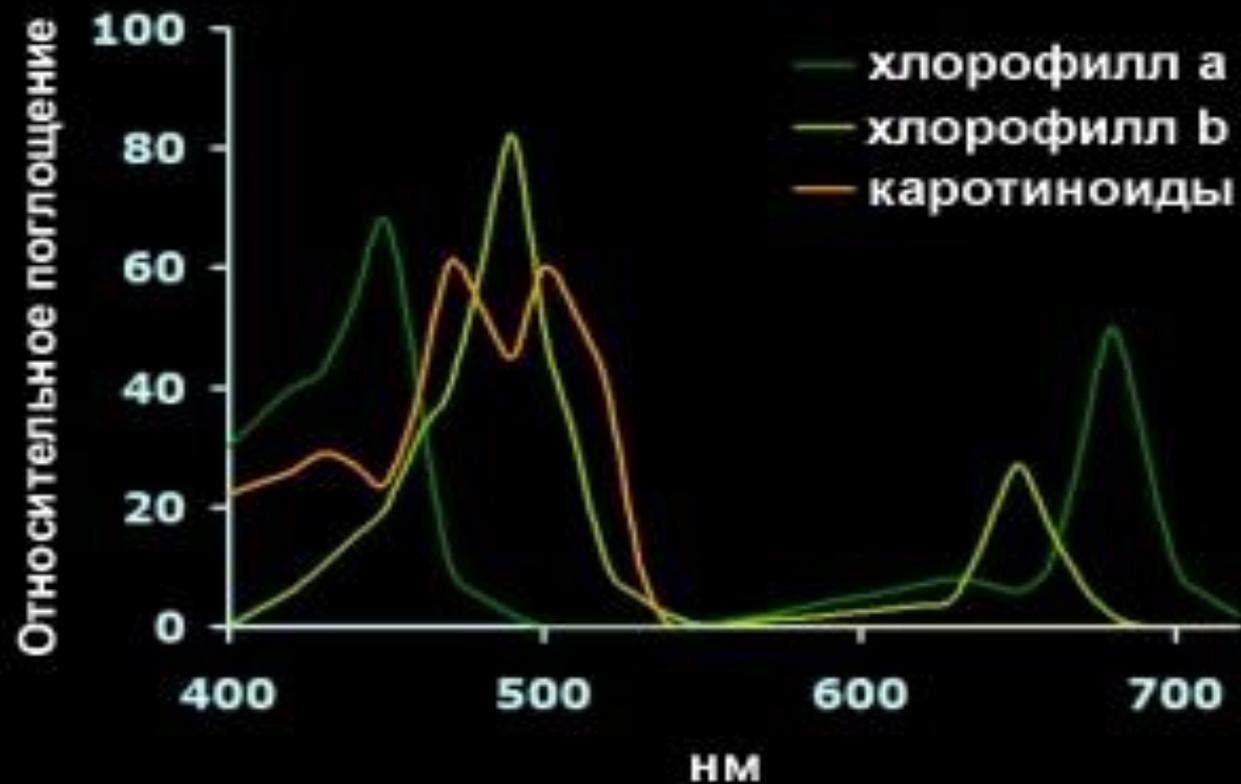
- *В результате процесса улавливания света энергия двух фотонов запасается в молекулах, используемых клеткой для осуществления реакций, и дополнительно образуется одна молекула кислорода.*
  - *( В результате еще одного, значительно менее эффективного процесса с участием одной лишь Фотосистемы I, также образуются молекулы АТФ.)*
  - *После того как солнечная энергия поглощена и запасена, наступает очередь образования углеводов.*
- 



В фотосинтезе используется красно-синий свет, в то время как зеленый свет отражается таким образом, что растения кажутся зелеными, потому что

*зеленый свет не поглощается пигментами растений.*

**Растения захватывают свет посредством пигментов, которые поглощают свет различных цветов, в зависимости от пигмента.**



Все растения имеют *хлорофилл-А*, многие имеют *хлорофилл-В*, в то время как только некоторые имеют *хлорофилл-С*.

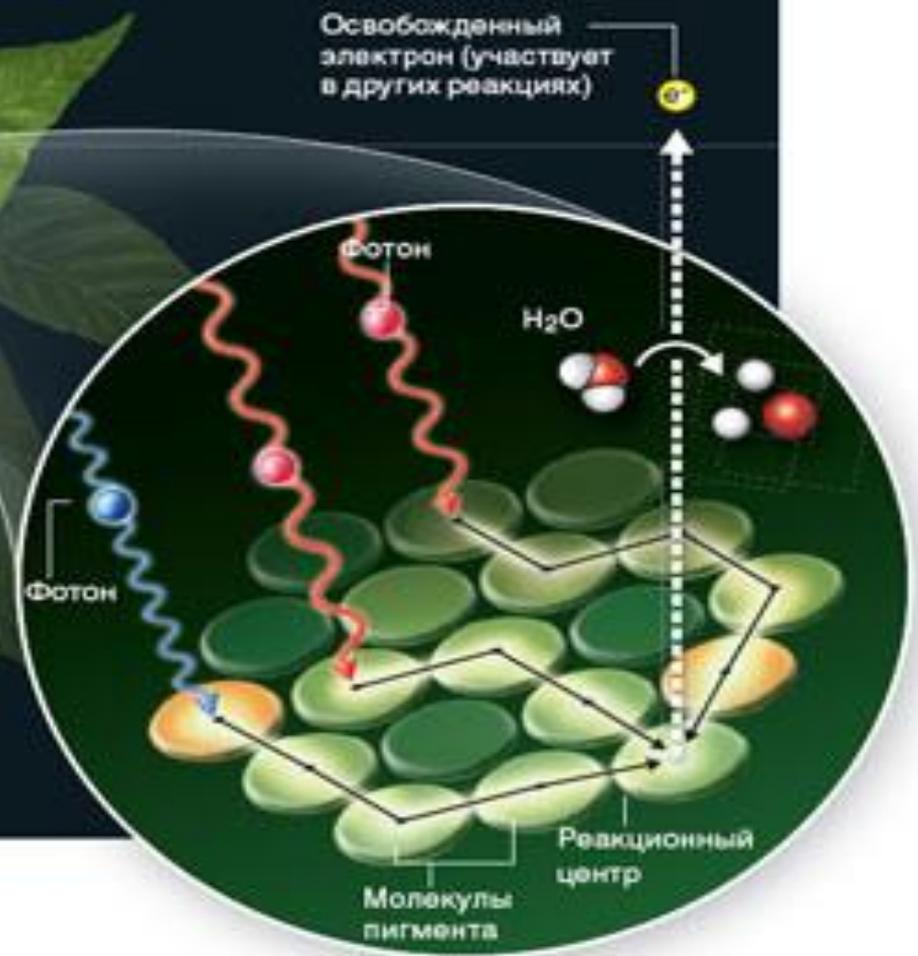
### *Каротиноиды*

- группа пигментов, которые могут поглощать сине-зеленый свет, где хлорофиллы неэффективны (оранжевые каротины, содержащиеся в моркови, не играют никакой роли в поглощении света). Не все высшие растения имеют каротиноиды.

*Эти три хлорофилла имеют очень разные спектры поглощения, т.е., они поглощают свет различных цветов и, могут дополнять друг друга в процессе поглощения света.*



Поглощающие свет пигменты в фотосинтезирующих организмах захватывают фотоны определенных цветов, отражая остальные. Энергия фотона через длинную сеть молекул передается в реакционный центр, который расщепляет воду для получения энергичных электронов, требующихся для биохимических реакций



Освобожденный электрон (участвует в других реакциях)

Фотон

H<sub>2</sub>O

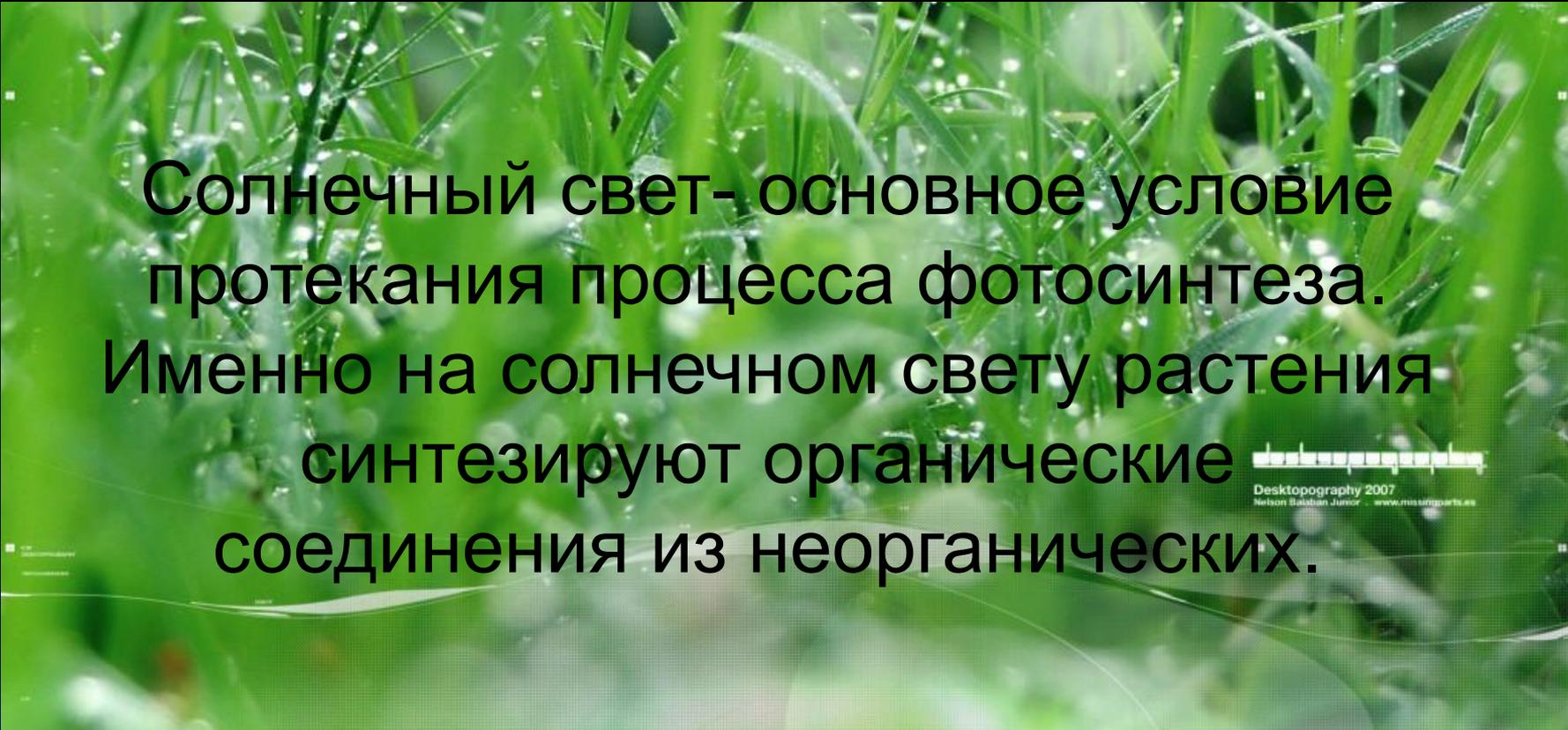
Фотон

Молекулы пигмента

Реакционный центр



# Значение света для процесса *фотосинтеза*



Солнечный свет - основное условие протекания процесса фотосинтеза. Именно на солнечном свете растения синтезируют органические соединения из неорганических.

# Значение фотосинтеза

Фотосинтез – основной источник биологической энергии, фотосинтезирующие автотрофы используют её для синтеза органических веществ из неорганических, гетеротрофы существуют за счёт энергии, запасённой автотрофами в виде химических связей, высвобождая её в процессах дыхания и брожения. Энергия получаемая человечеством при сжигании ископаемого топлива (уголь, нефть, природный газ, торф) также является запасённой в процессе фотосинтеза.

сушу.



# *В заключении...*

Ученый исследует законы Природы  
Не потому, что это приносит пользу;  
он делает это потому, что такое занятие  
доставляет ему радость, а радуется он потому, что  
Природа красива. Если бы это было не так, то  
Природу не стоило Изучать, а если ее не стоило бы  
изучать, то и жизнь не имела бы смысла.



С

п

а

с

и

б

о

з а

в н и м а н и е

