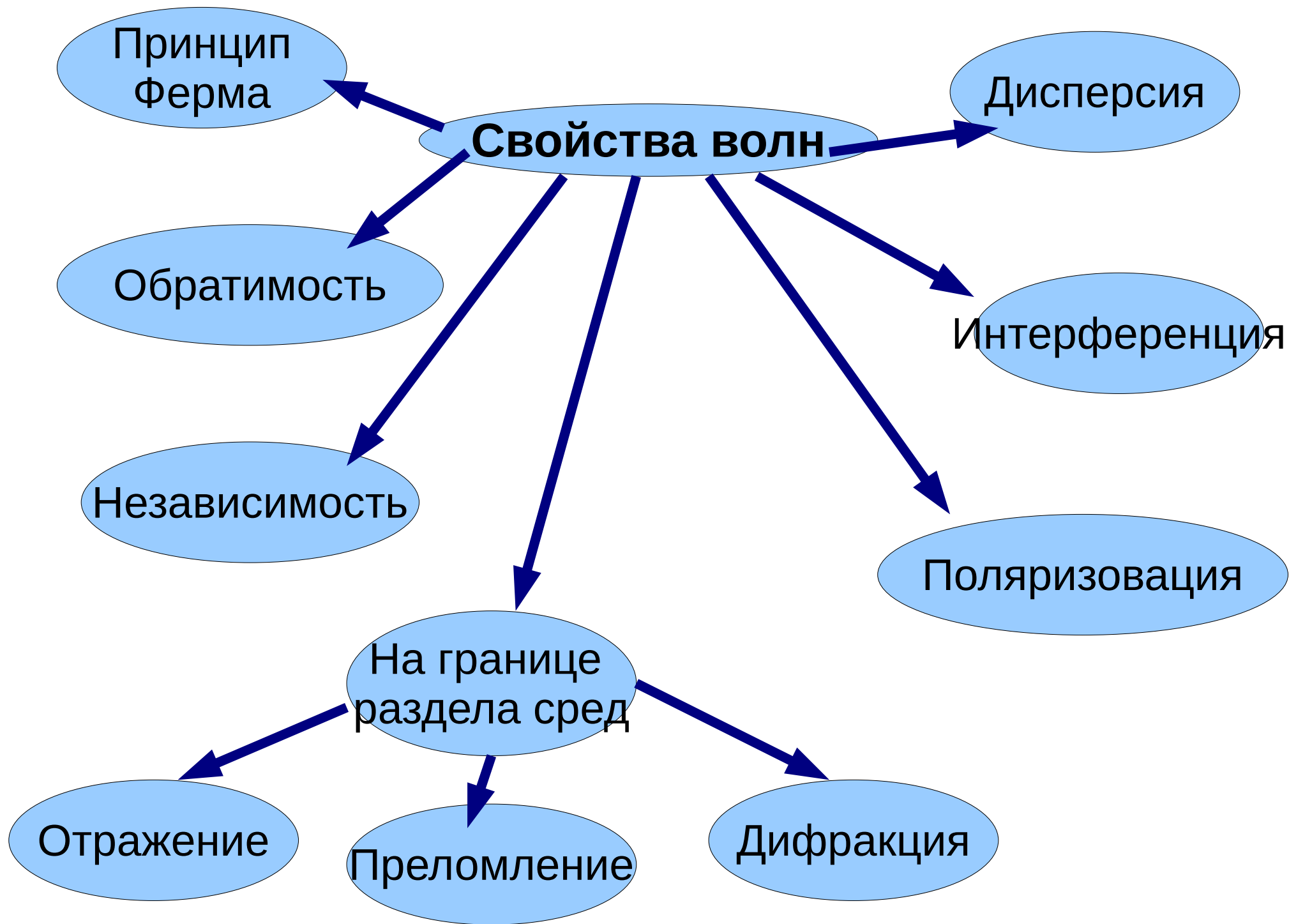


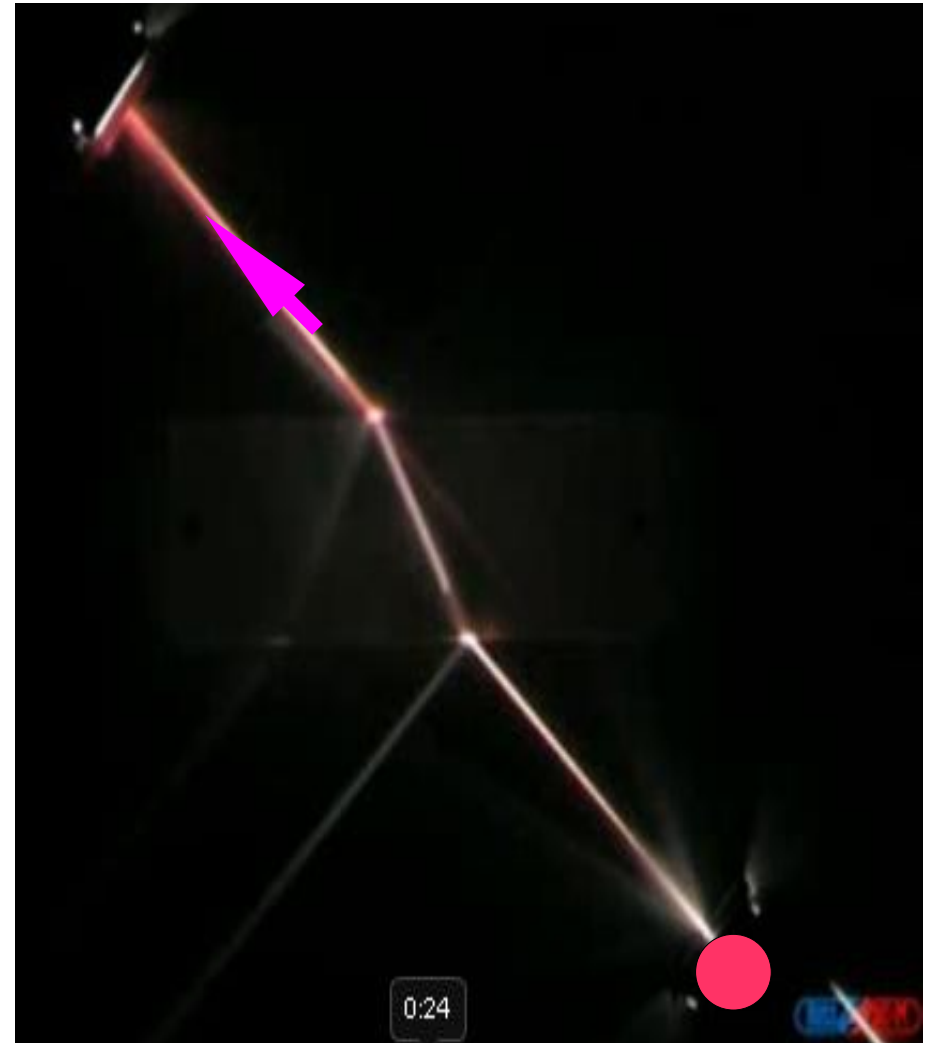
СВОЙ ДАТ

БОИ



# обратимость

Источник



Источник

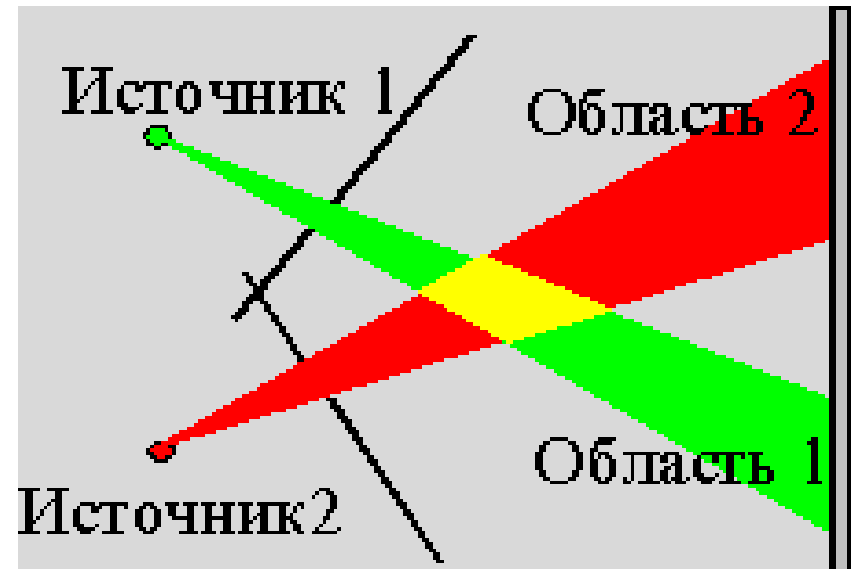
# закон независимости лучей

световые пучки при пересечении **не возмущают** друг друга.

производимое одним пучком действие **не зависит** от наличия других пучков.

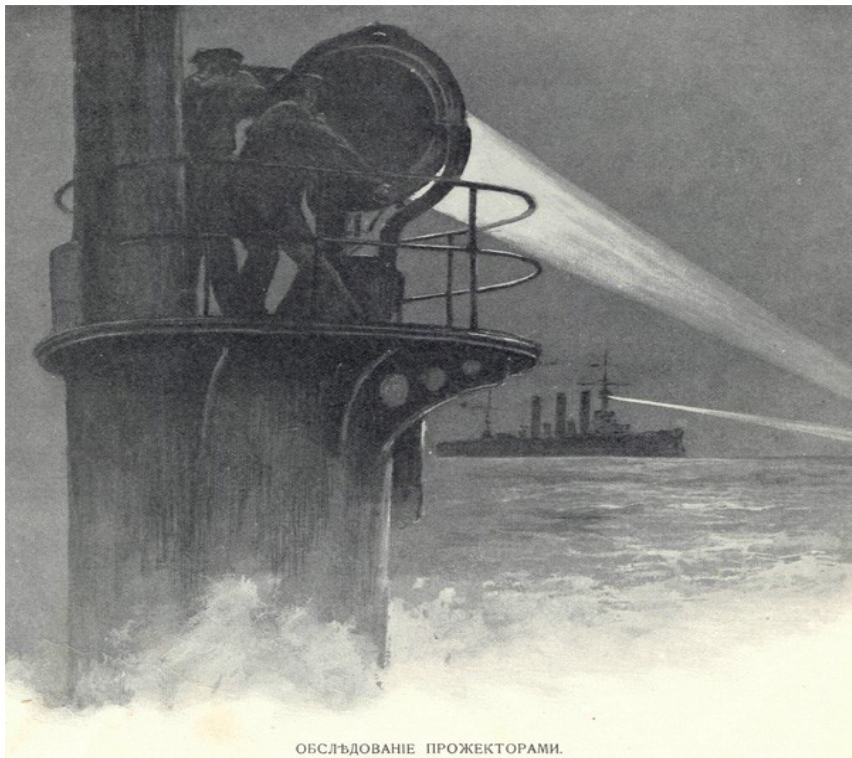
**строго справедливо для вакуума.**

**в веществе** закон независимости лучей справедлив для линейных сред (точно при небольшой и приближенно при умеренной интенсивности света).



**нарушается** при распространении в веществе света высокой интенсивности (сфокусированное лазерное излучение),

а также в активных средах с инверсией населенностей (в рабочем веществе лазера)



ОБСЛѢДОВАНИЕ ПРОЖЕКТОРАМИ.

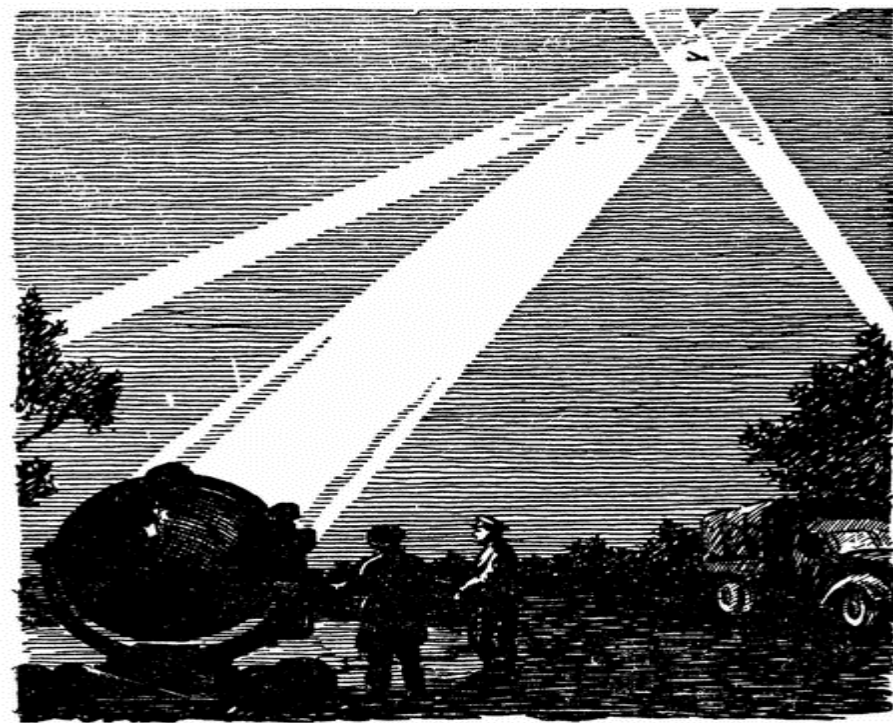


Рис. 343. Прожекторы поймали самолет





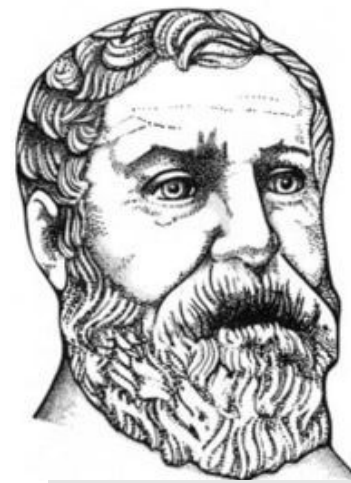
# Принцип Ферма (принцип наименьшего времени Ферма)

Один из экстремальных принципов в физике.

Представляет собой предельный случай принципа Гюйгенса-Френеля в волновой оптике для случая малой длины волны.

Постулат.

**Луч света движется по траектории, соответствующей минимуму времени.**



Сформулирован в I в.

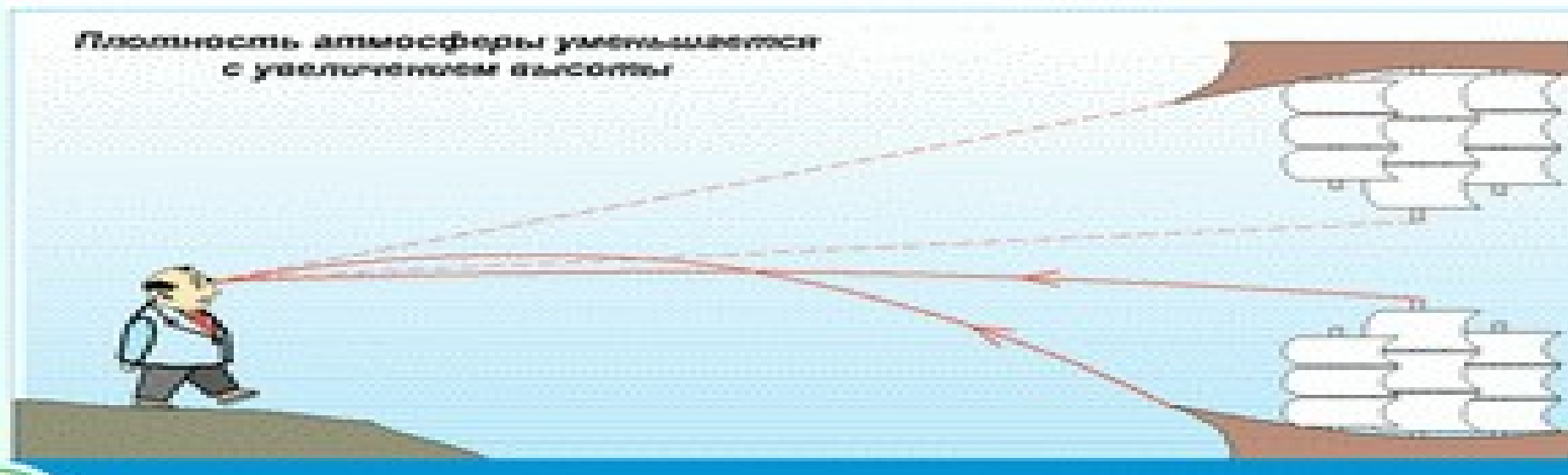
Героном Александрийским для отражения света

В общем виде сформулирован Пьером Ферма в 1662 году В качестве самого общего закона геометрической оптики.

# Принцип Ферма. Миражи

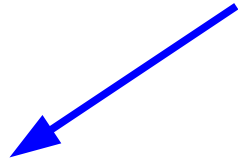
## Принцип Ферма:

В неоднородной среде свет распространяется по пути, для прохождения которого требуется минимальное время



www.fotoalbum.ru

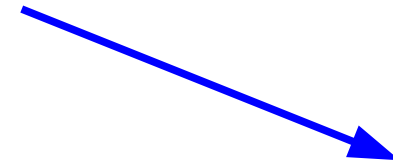
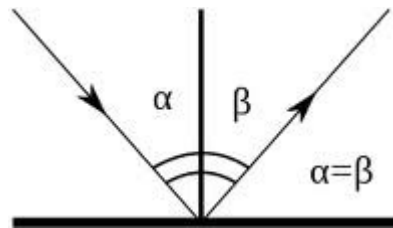
# из него следуют законы:



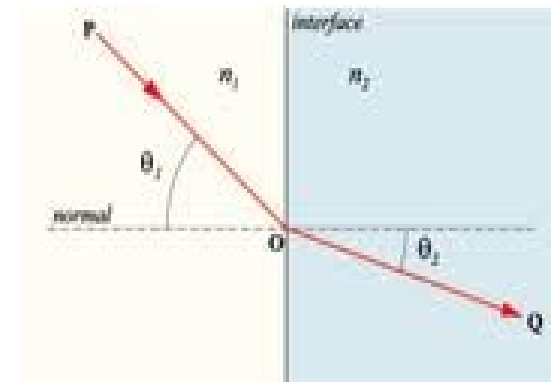
Прямолинейность  
луча света  
в однородной среде



закон  
отражения



Закон  
преломления





# Проявление **линейности** распространения



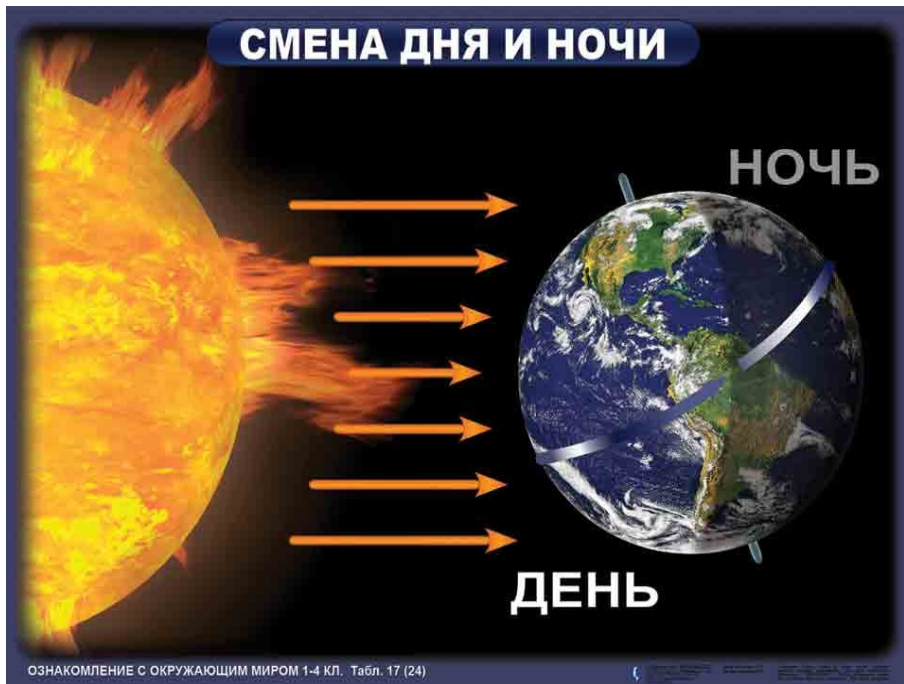


свет в однородной среде распространяется  
прямолинейно.

Это свойство световых лучей используют при  
прокладывании на местности прямых  
линий.

# Проявление **линейности** распространения

- Смена дня и ночи



- Тень



# Проявление **линейности** распространения

- Тень



# Проявление **линейности** распространения

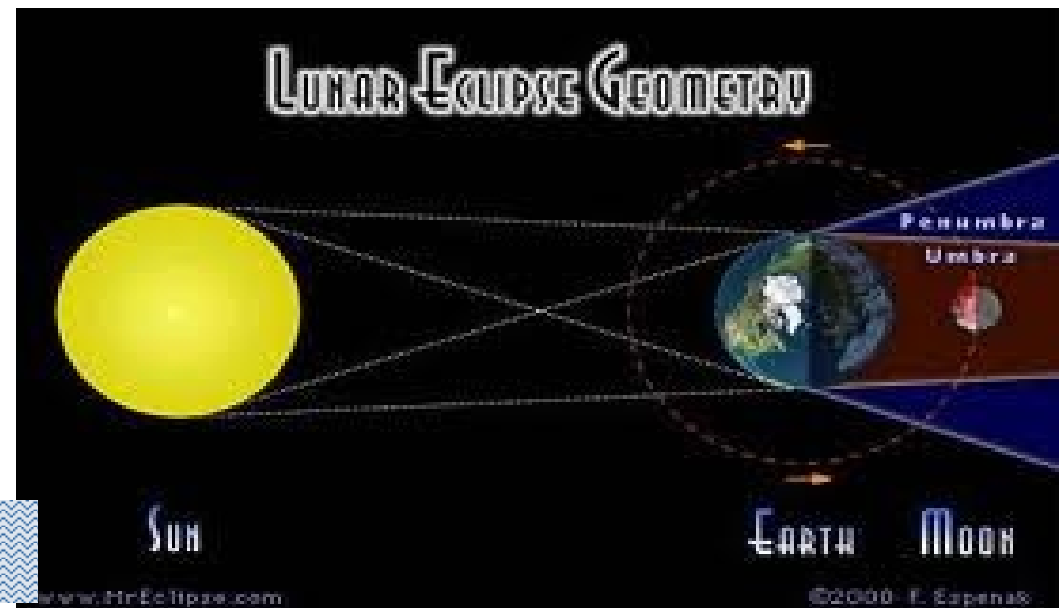
- Затмения



- Затмение солнечное Луной



- Затмение лунное Землей





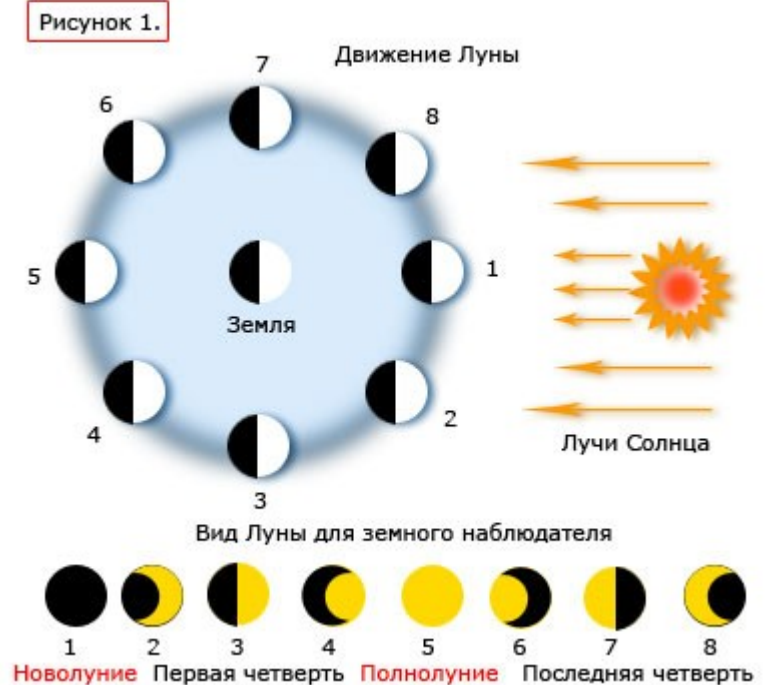
# Проявление **линейности** распространения



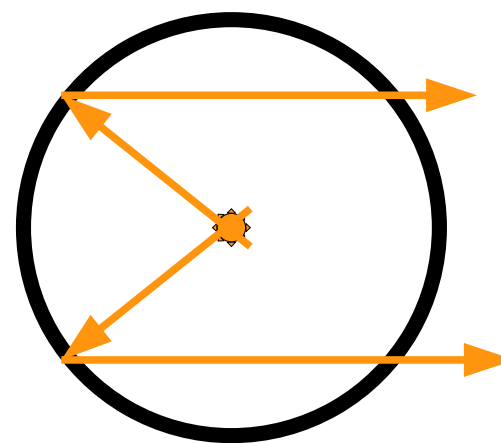
В средних широтах



Вблизи экватора в северном полушарии



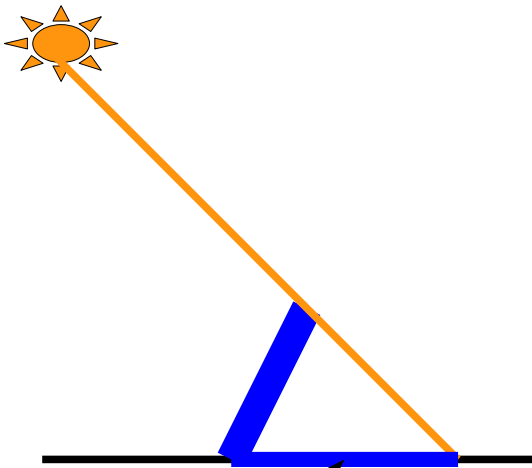
# Бестеневое освещение- решается при использовании нескольких протяженных источников



Если поместить источник излучения в центр окружности, то отраженные лучи будут параллельны.

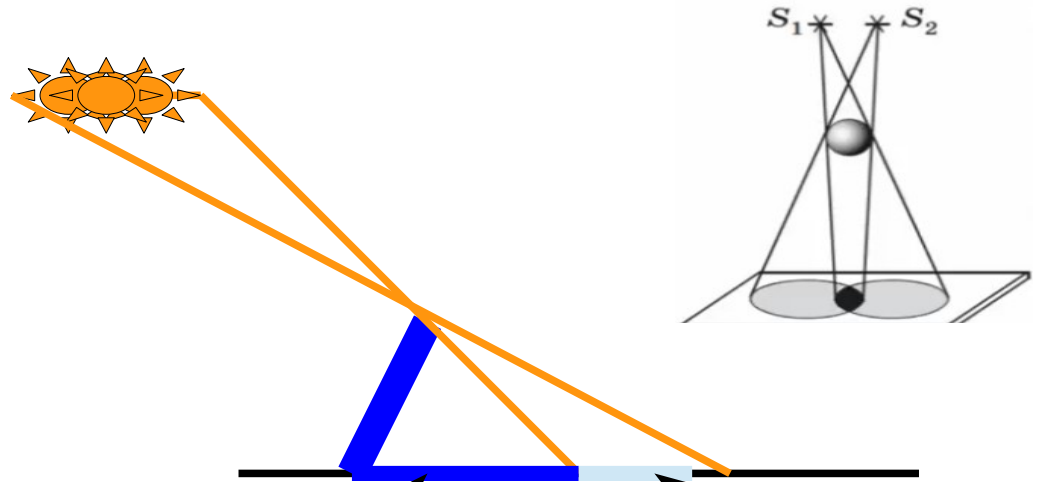
# Построение тени

Источник точечный



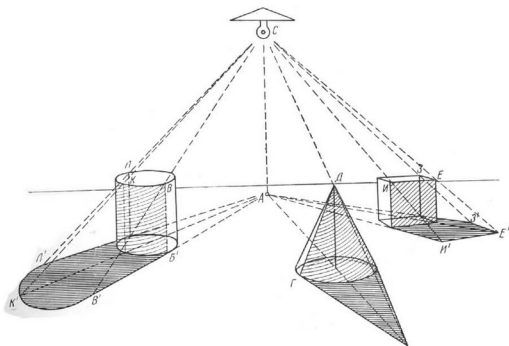
Полная тень  
с четкими краями

Источник протяженный

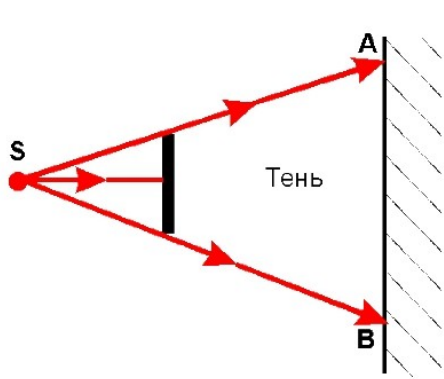


Полная тень  
с четкими краями

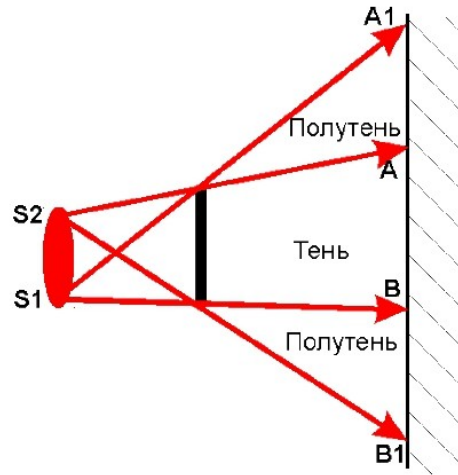
Полутень



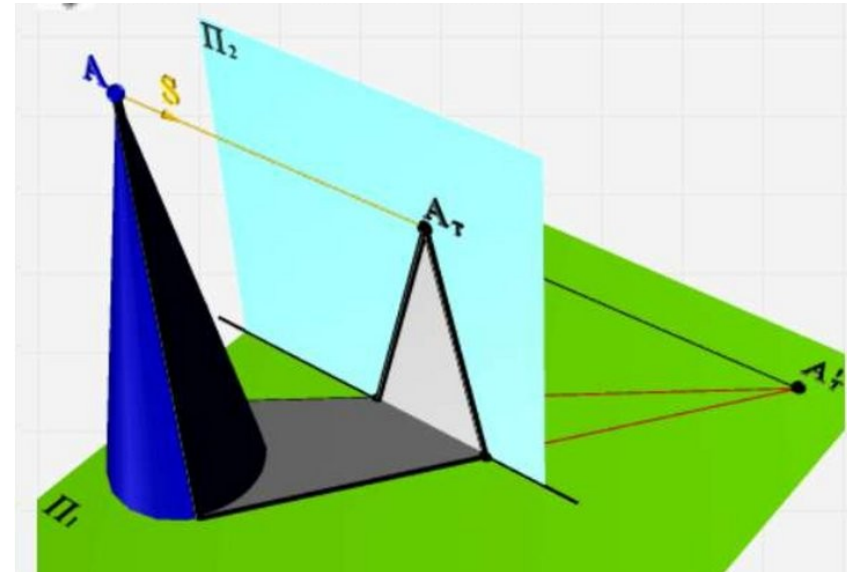
# Образование тени и полутени



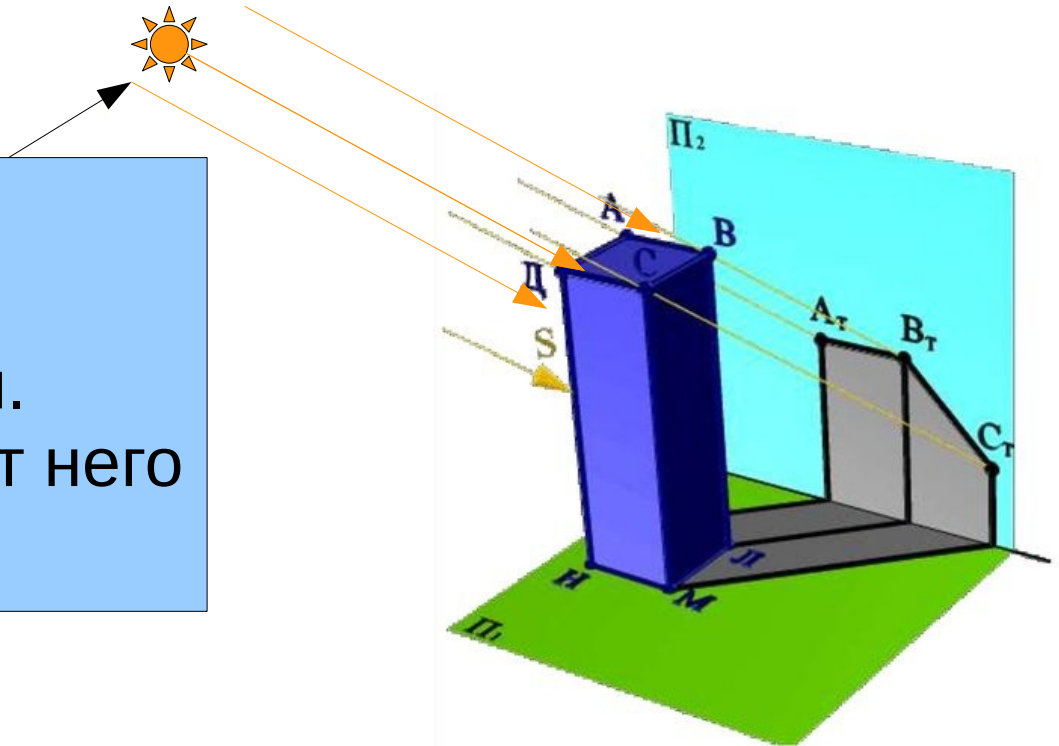
Тень образуется, если размер источника меньше размера препятствия.



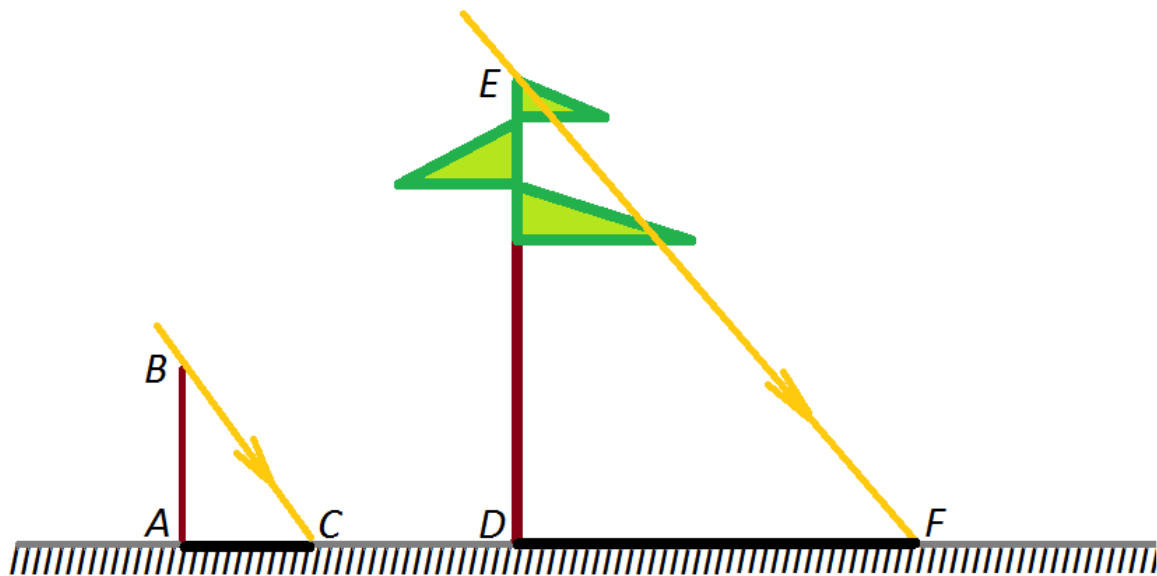
Полутень образуется, если размер источника больше размера препятствия.



Солнце считается **точечным** источником, но на большом расстоянии. Поэтому силовые линии от него **параллельны**



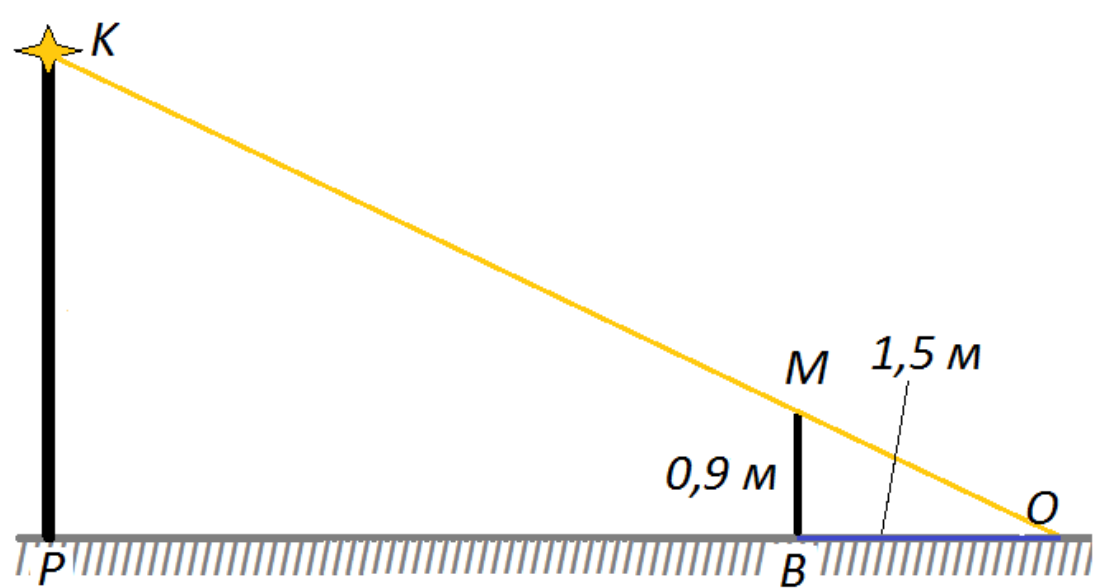
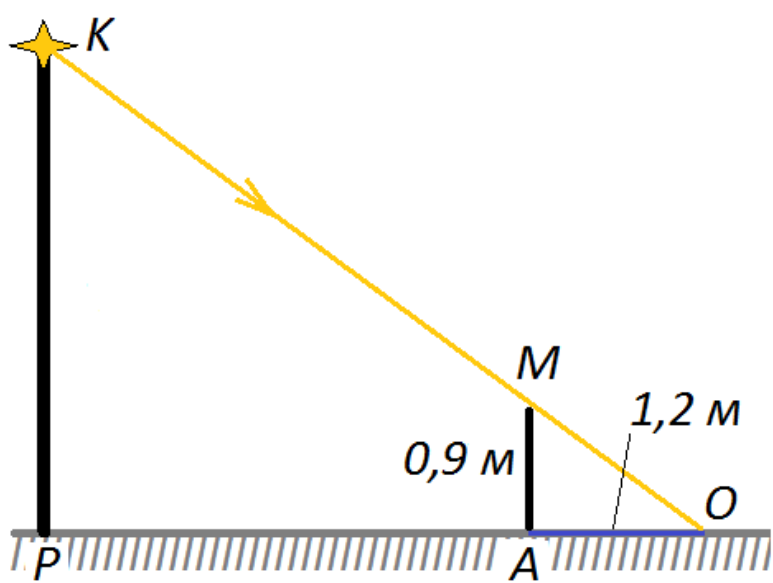




Ученик заметил, что палка длиной 1,2 м, поставленная вертикально, отбрасывает тень длиной 0,8 м. Длина тени от дерева в то же время оказалась ровно в 12 раз больше длины палки. Какова высота дерева?

Так как лучи света мы считаем прямолинейными, то задача сводится к подобию треугольников и определению сходственных сторон.





Задача 4. На какой высоте висит уличный фонарь, если тень от вертикально установленной палки высотой 0,9 м имеет длину 1,2 м и при перемещении палки на 1 м от фонаря вдоль направления тени длина тени увеличилась до 1,5 м?

**1282.** При солнечном освещении вертикальная палка высотой 1,5 м отбрасывает тень длиной 2 м, а заводская труба отбрасывает тень в 50 м. Определите высоту заводской трубы.

**1283.** При солнечном освещении тень от предмета равна высоте предмета. Под каким углом к горизонту находится Солнце?

**1284.** Приходилось ли вам наблюдать солнечным днем на дорожке под деревом, покрытым густой листвой, округлые светлые пятна? Из-за чего они образуются и что собой представляют?

**1285.** Отношение диаметров Луны и Солнца приблизительно 1 : 400. Во время новолуния расстояние между центрами Луны и Солнца равно приблизительно 150 000 000 км. Какова длина конуса тени, отбрасываемого Луной в новолуние?

**15.3.** Источник света  $S$  находится над круглой непрозрачной пластинкой на расстоянии  $a = 1$  м от нее (рис. 15.1). Расстояние от пластинки до экрана  $b = 0,8$  м, а диаметр тени от пластинки на экране  $d = 2,7$  м. Определить радиус пластинки.

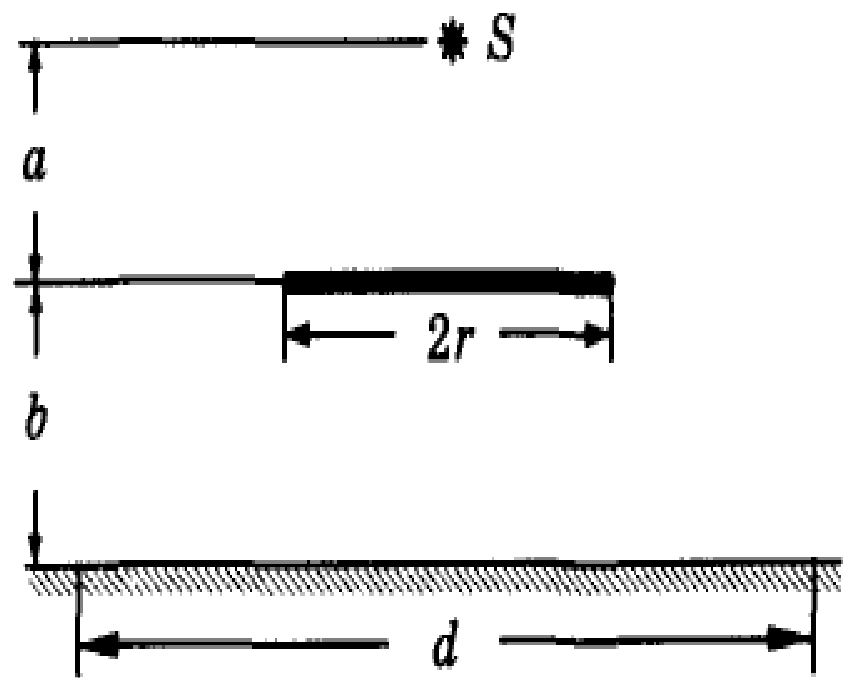


Рис. 15.1

**15.4.** Диаметр источника света  $d = 20$  см, расстояние от него до экрана  $s = 2$  м. На каком наименьшем расстоянии  $l$  от экрана нужно поместить мяч диаметром  $d_1 = 8$  см, чтобы он не отбрасывал тени на экран, а давал только полутень? Прямая, проходящая через центры источника света и мяча, перпендикулярна плоскости экрана.

**15.5.** На какой высоте  $H$  находится лампа<sup>1</sup> над горизонтальной поверхностью стола, если тень от вертикально поставленного на стол карандаша длиной  $h = 15$  см оказалась равной  $l = 10$  см? Расстояние от основания карандаша до основания перпендикуляра, опущенного из центра лампы на поверхность стола,  $L = 90$  см.

**15.6.** Колышек высотой  $h = 1$  м, поставленный вертикально вблизи уличного фонаря, отбрасывает тень длиной  $l_1 = 0,8$  м. Если перенести колышек на расстояние  $d = 1$  м дальше от фонаря (в той же плоскости), то он будет отбрасывать тень длиной  $l_2 = 1,25$  м. На какой высоте подвешен фонарь?

# Взаимодействие с телами и границами раздела сред

Если на пути волны встречается какой-либо дефект среды, тело или граница раздела двух сред, то это приводит к искажению нормального распространения волны.

В результате этого часто наблюдаются следующие явления:

- \* отражение
- \* преломление
- \* рассеяние
- \* дифракция
- \* резонанс

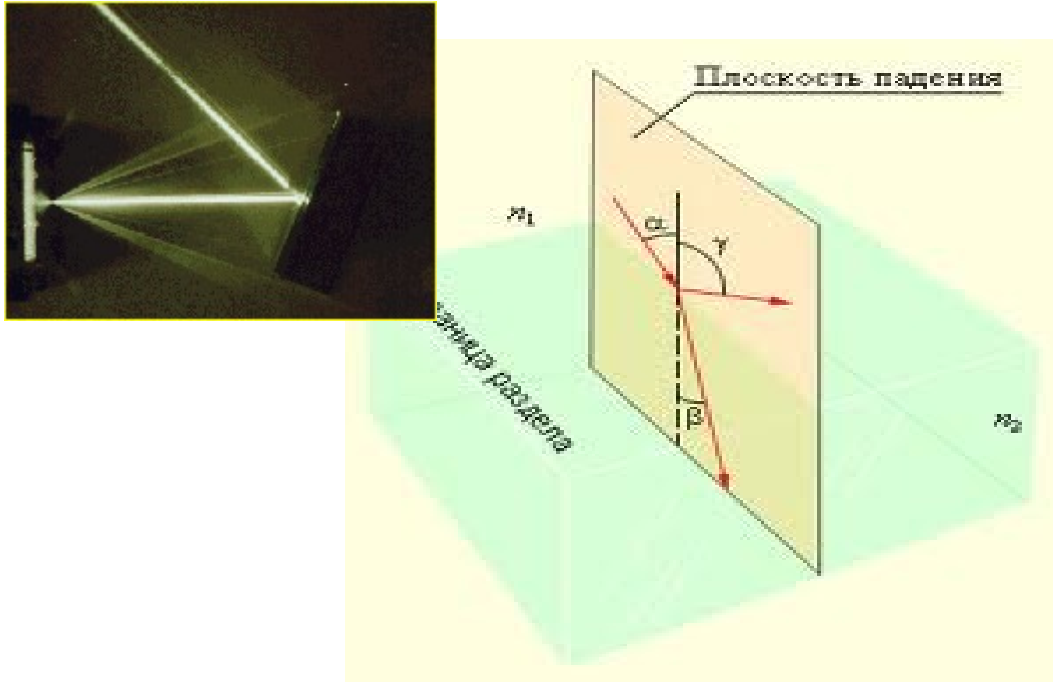
Конкретные эффекты, возникающие при этих процессах, зависят от свойств волны и характера препятствия.



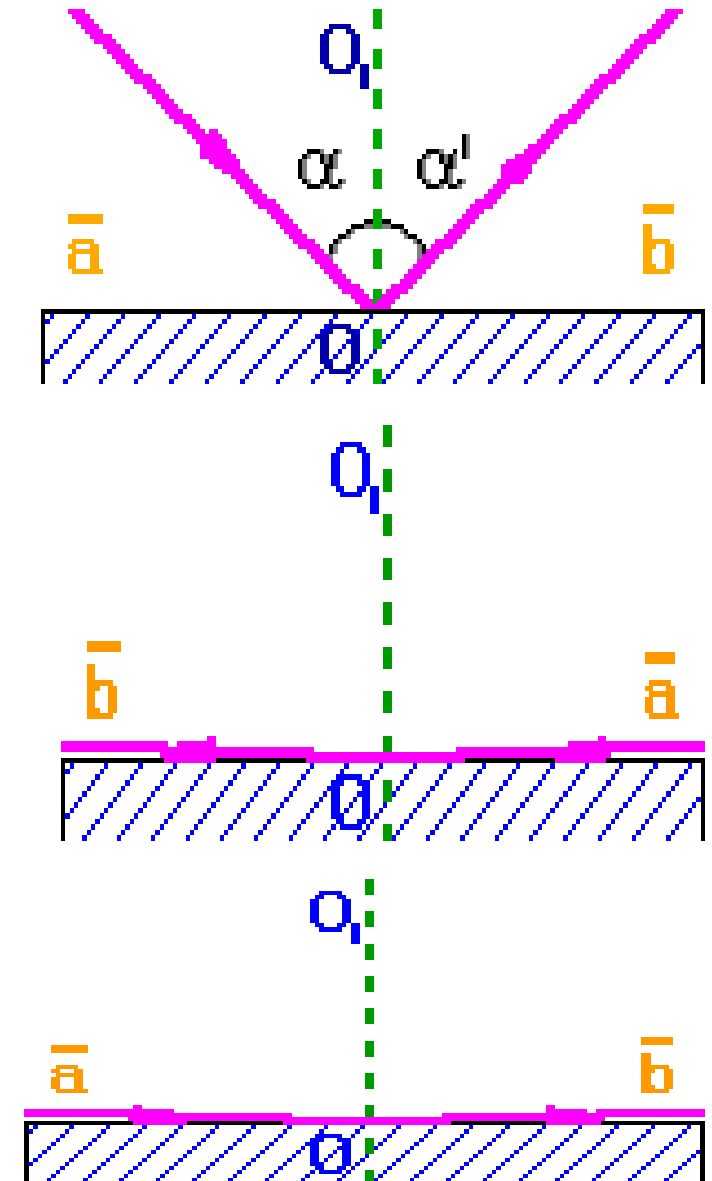
# Отражение



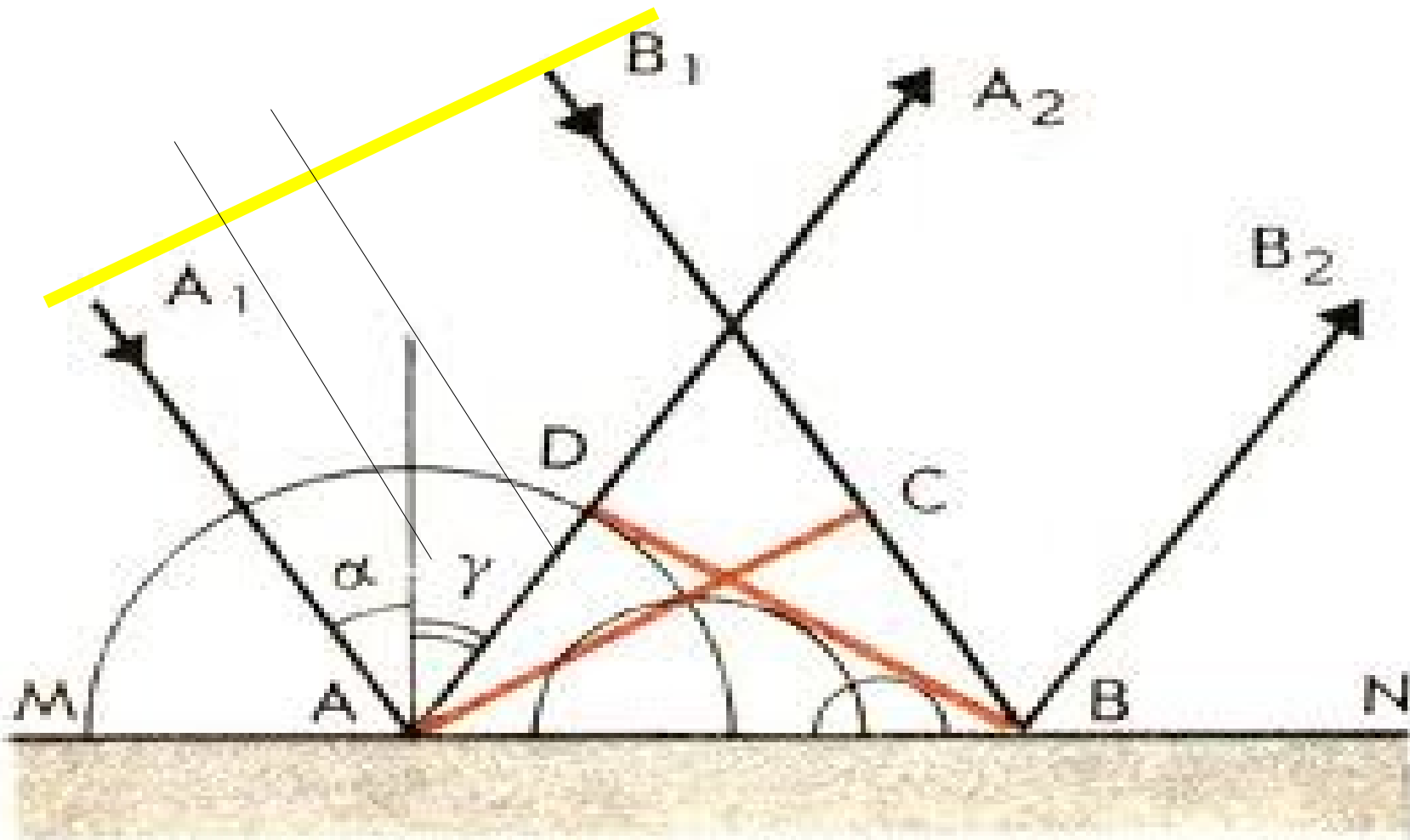
# Отражение



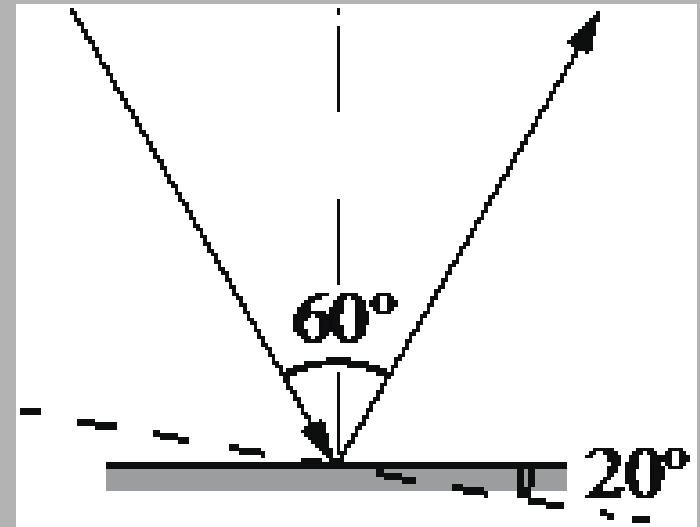
Луч, падающий,  
Луч отраженный и  
перпендикуляр из точки  
падения лежат в одной  
плоскости.  
угол падения равен углу  
отражения



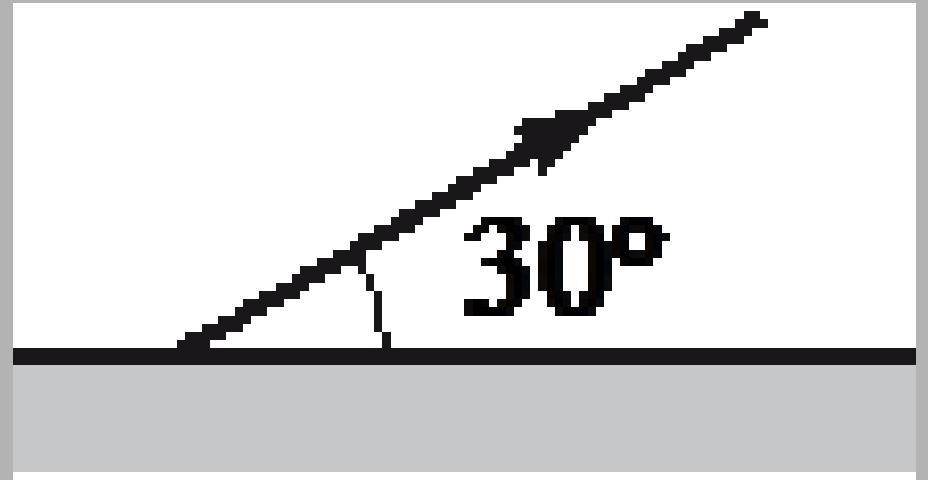
Угол отчитывается  
от перпендикуляра



Свет падает на горизонтальное плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен  $60^\circ$ . Каким станет угол между этими лучами, если повернуть зеркало на  $20^\circ$ , как показано на рисунке?

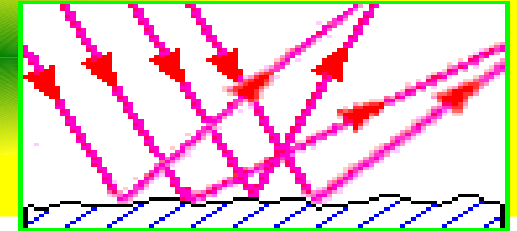
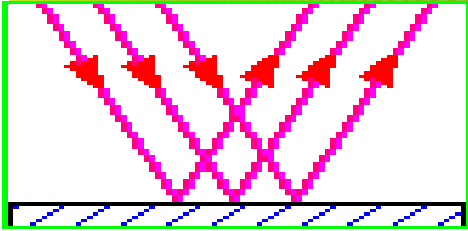


Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен  $30^\circ$  (см. рисунок).  
Определите угол падения.





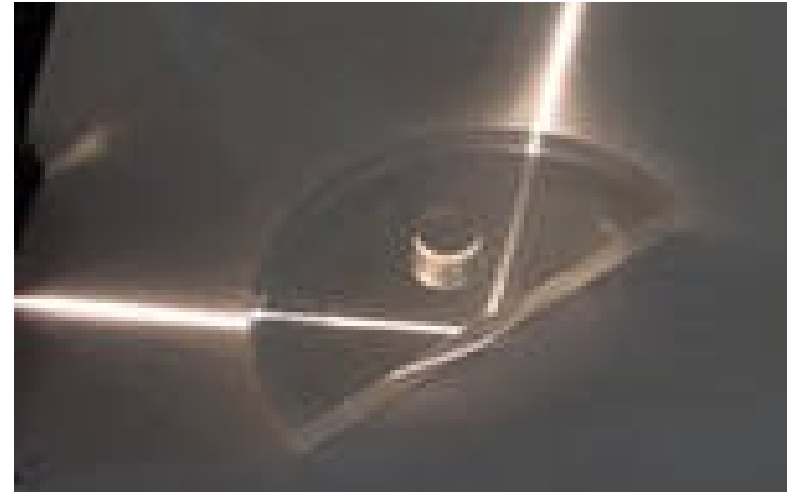
## Виды отражения

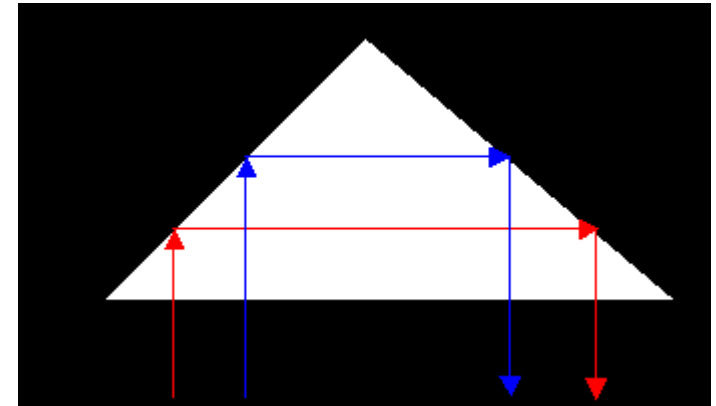


- зеркальное отражение
- При попадании световых лучей на идеально плоскую отражающую поверхность, размеры неровностей которой не превышают длину световой волны
- При этом лучи, входящие в световой пучок, отражаясь, остаются взаимно параллельными.

- диффузное отражение.
- При попадании световых лучей на неровную, шероховатую отражающую поверхность (размеры неровностей превышают длину световой волны)
- В этом случае отраженные лучи направлены хаотично относительно друг друга.

благодаря диффузному отражению мы можем различать предметы, которые сами не способны испускать свет.





# Миражи



- оптическое явление в атмосфере:  
отражение света границей между резко разными по теплоте слоями воздуха.
- Для наблюдателя такое отражение заключается в том,  
что вместе с отдалённым объектом (или участком неба) видно его мнимое изображение, смещенное относительно предмета.



© dreamstime.com

# ВОЛНОВОД





Для человека важны  
оба вида отражения.  
Но...

Трудно представить себе  
жизнь без  
зеркал.

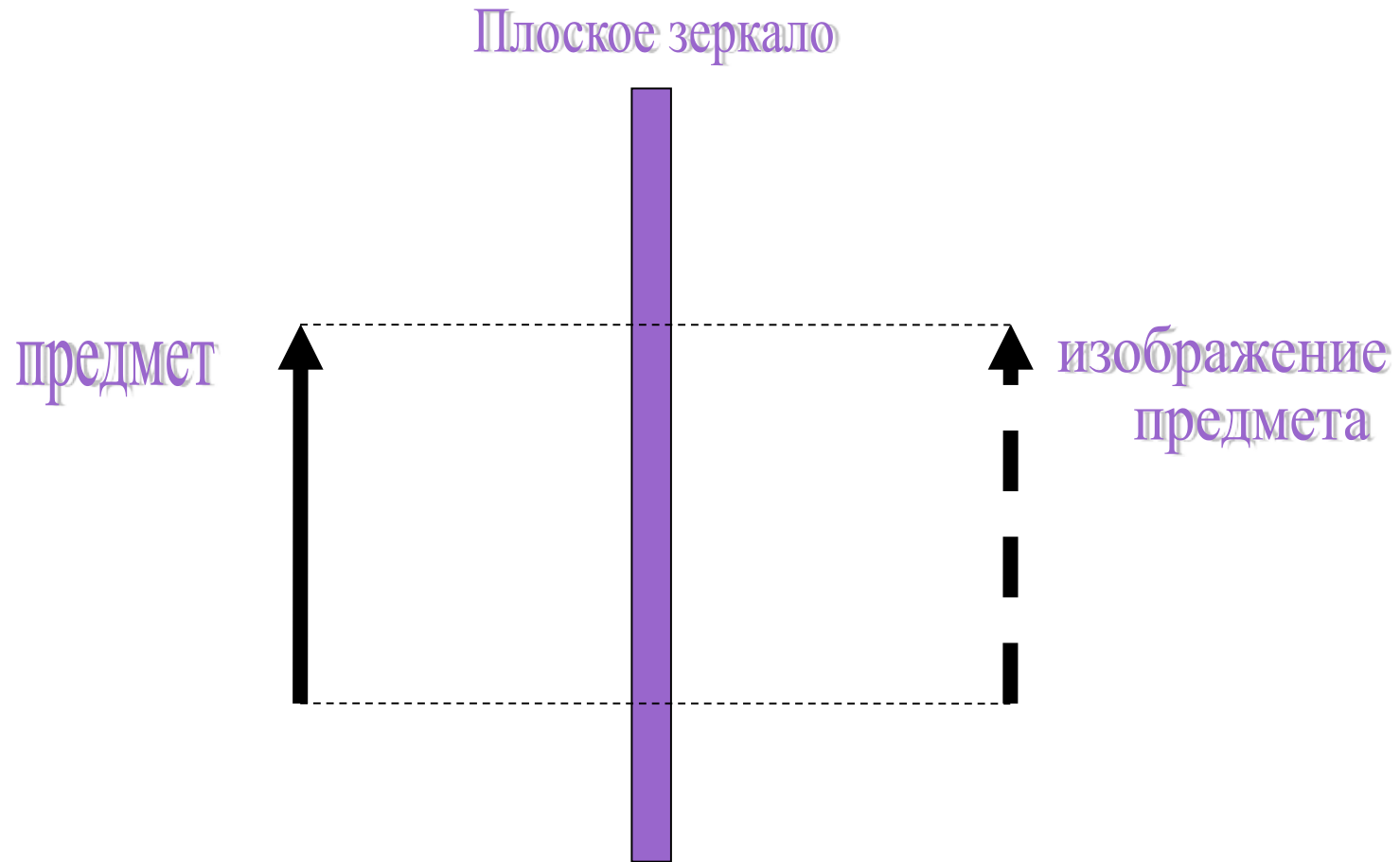
Первые упоминания о  
зеркалах относятся к 1200 г  
до н.э.

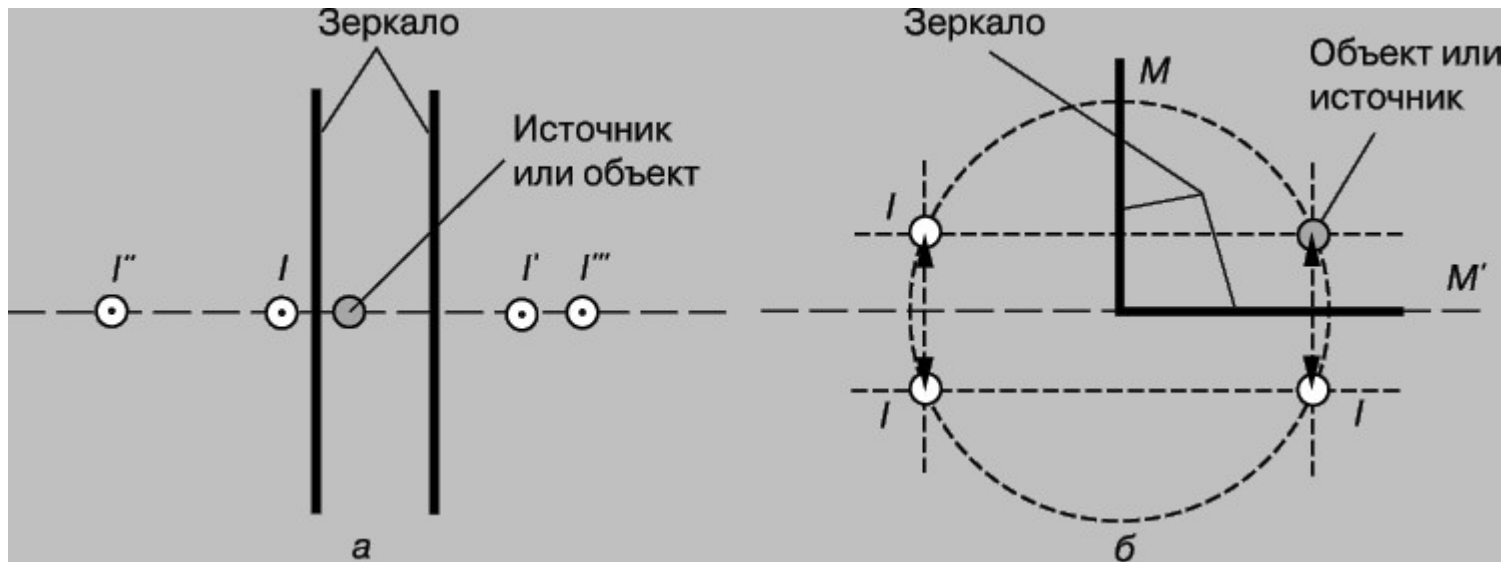
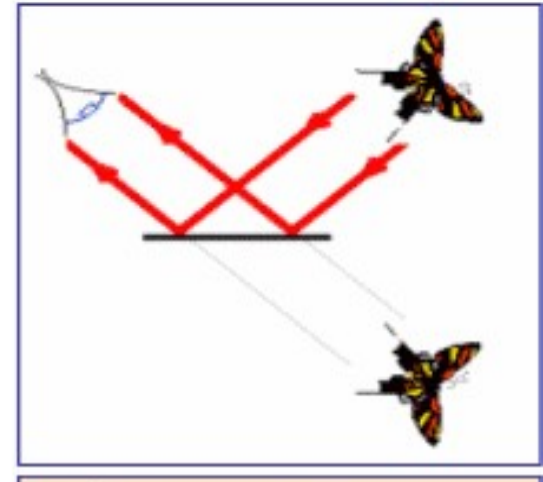
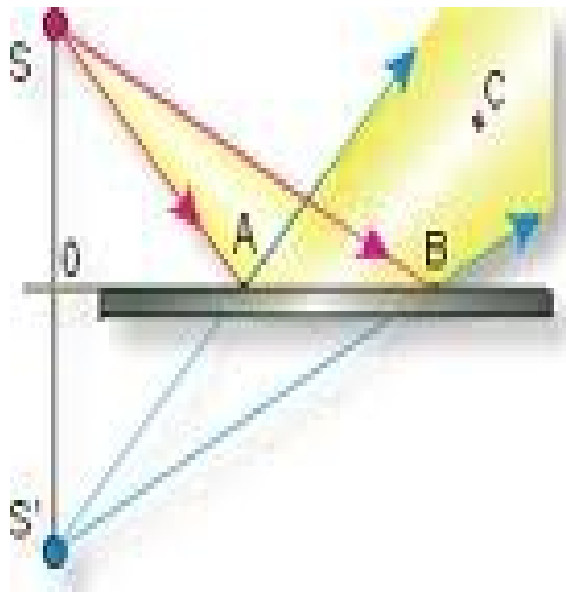
Сделаны они были из сплава  
олова и бронзы... Это литые,  
очень дорогие зеркала.





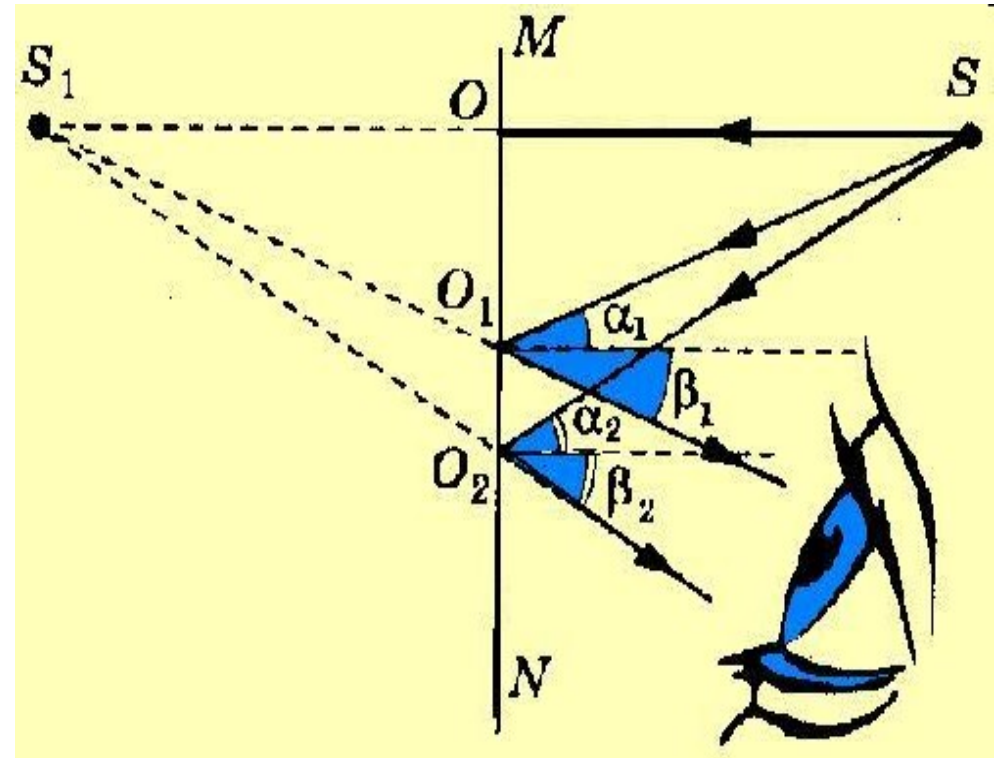
# Основные понятия:





# Построение изображения в плоском зеркале:

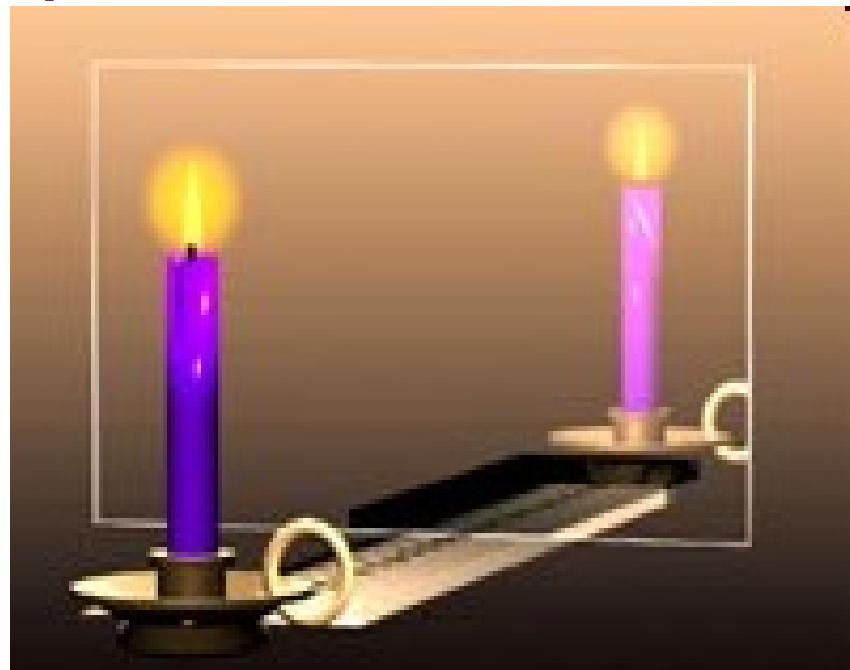
1. Опустить перпендикуляр на зеркало.
2. Отложить равное расстояние.

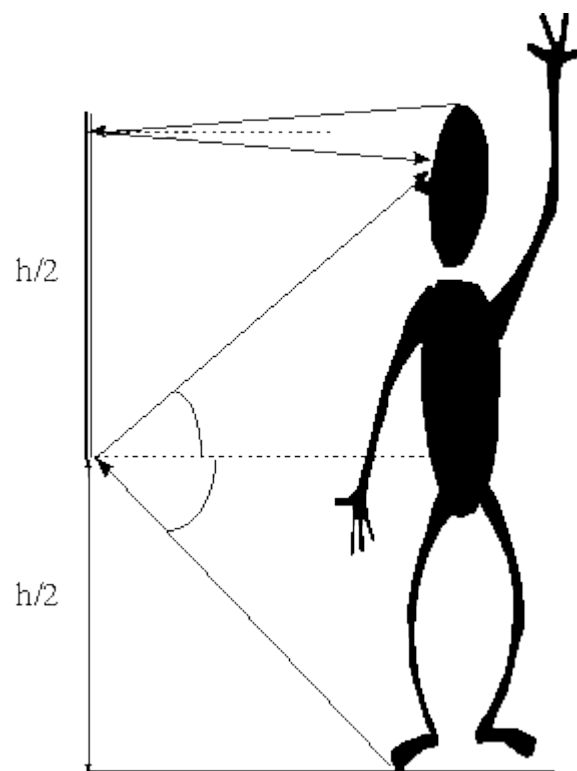
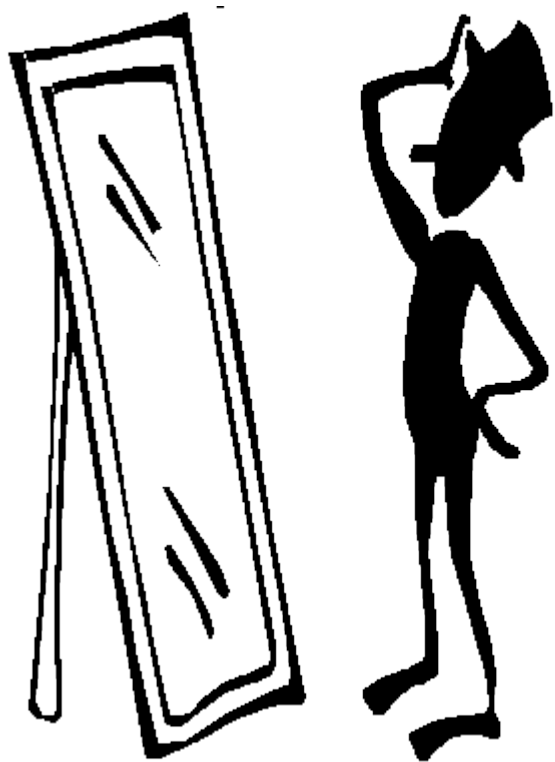


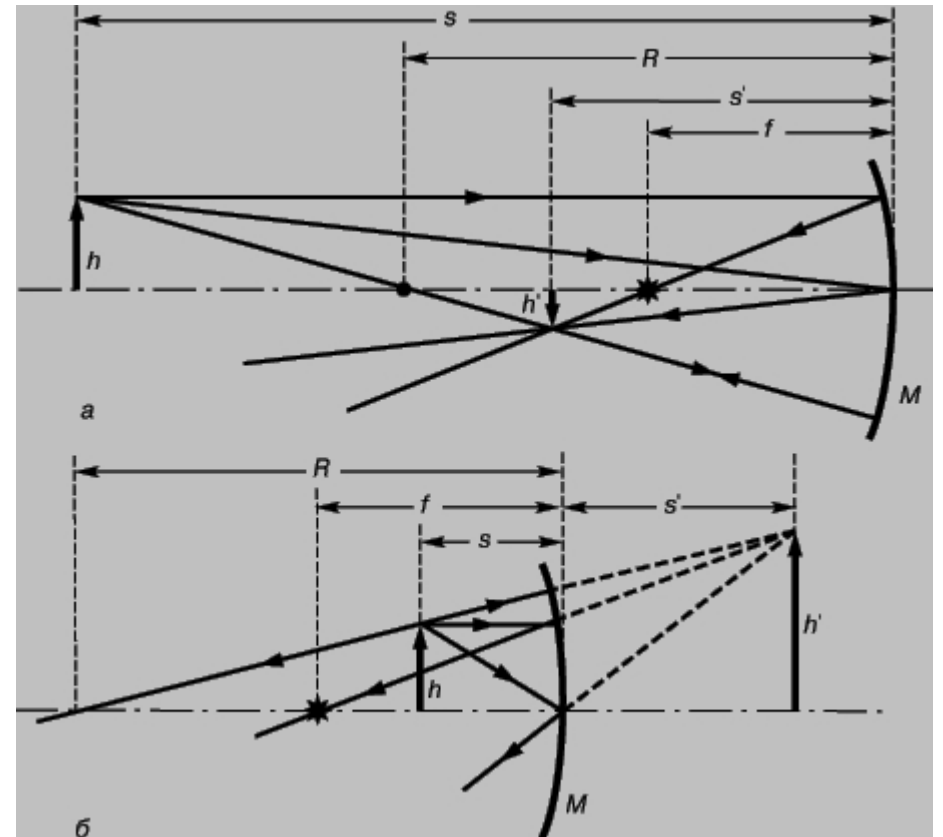
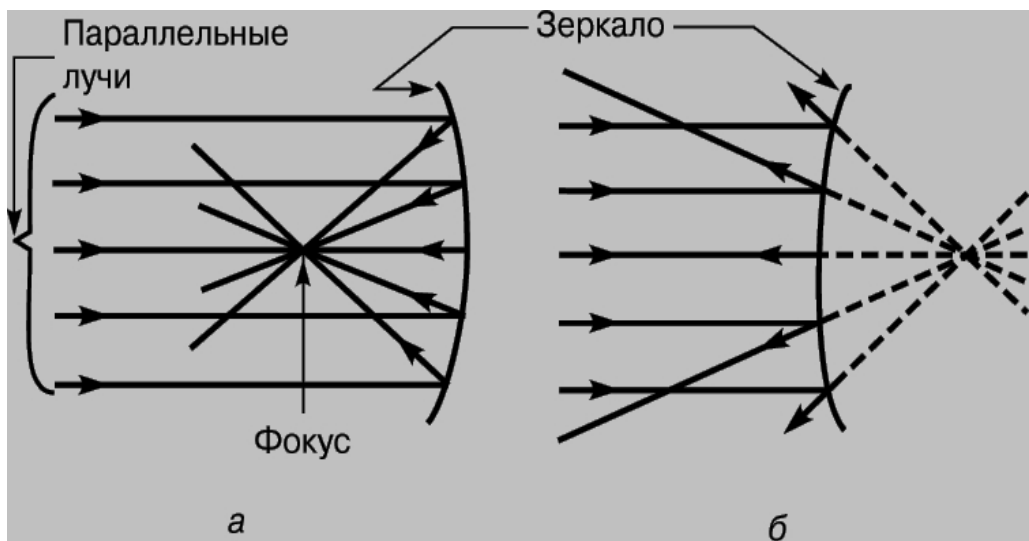
# Характеристика изображения предмета в плоском зеркале:

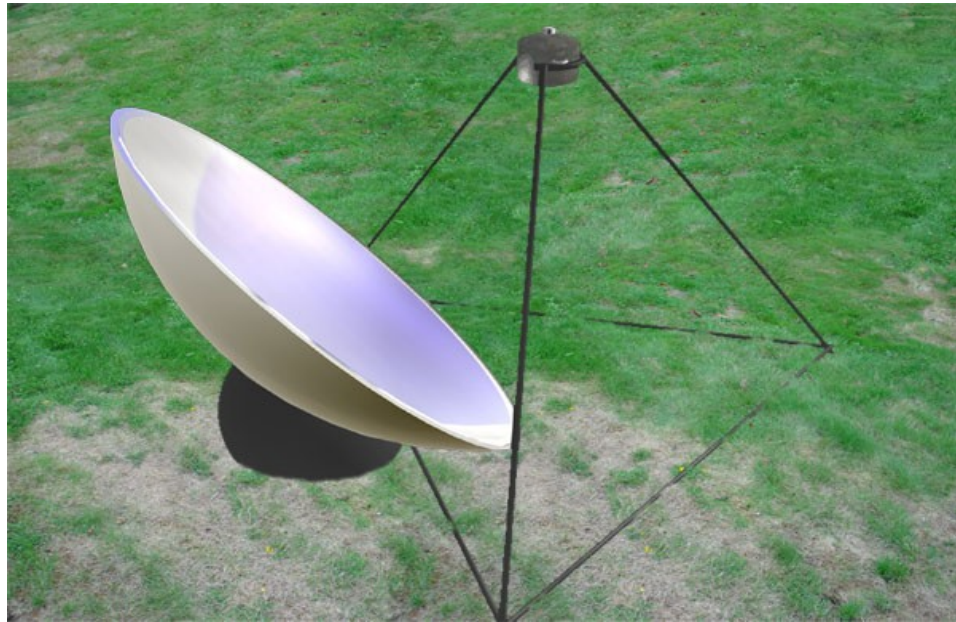
Изображение в плоском зеркале:

1. мнимое – т.е. находится на пересечении продолжений лучей, а не самих лучей;
2. прямое – т.е. не перевернутое;
3. равное.

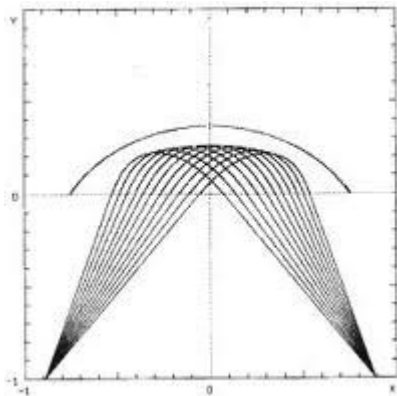




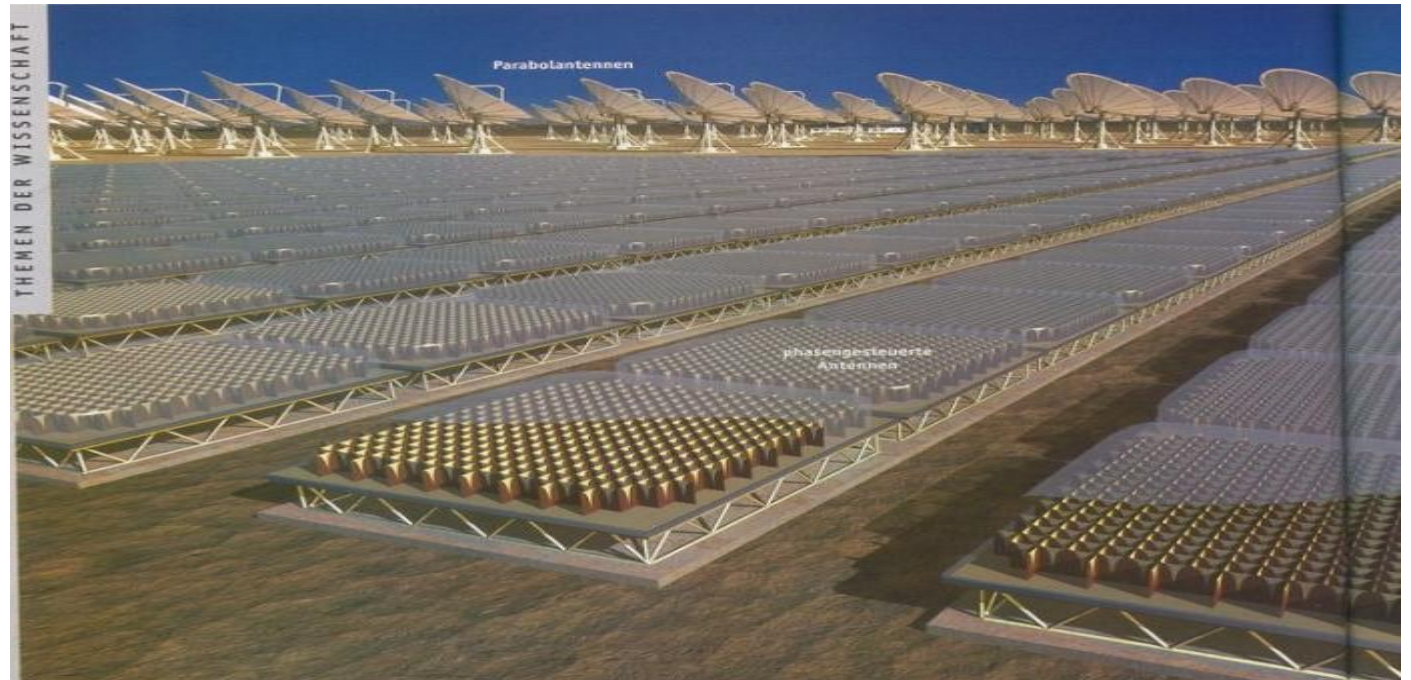
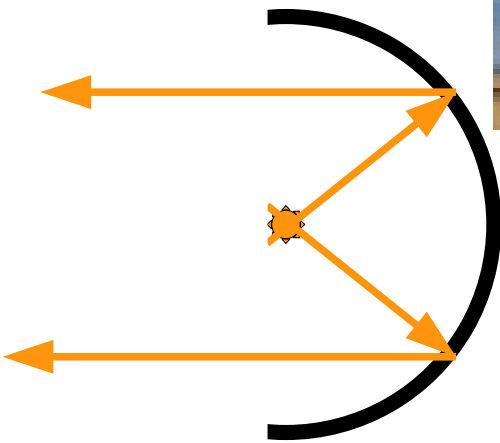




## Электронно-оптические зеркала





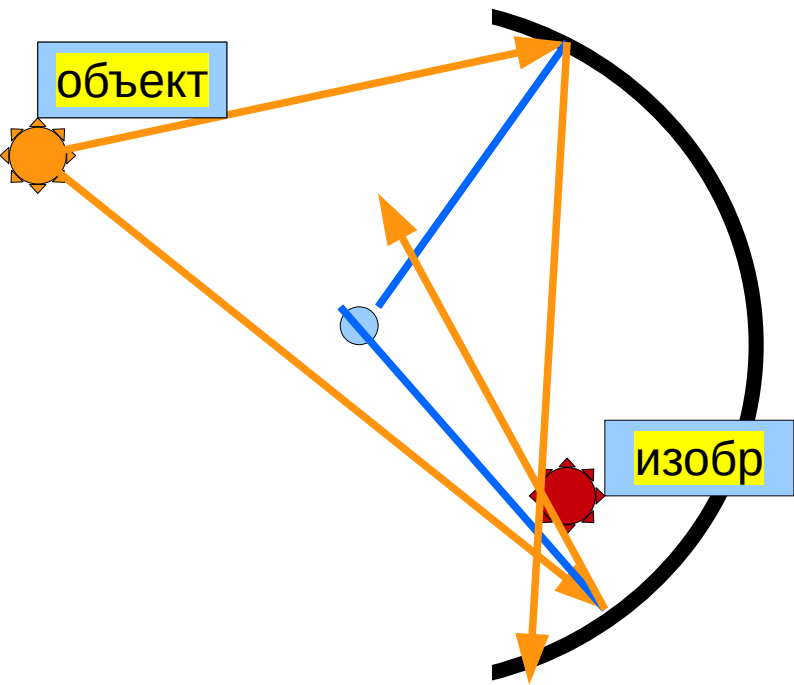


Радиотелескоп SKA





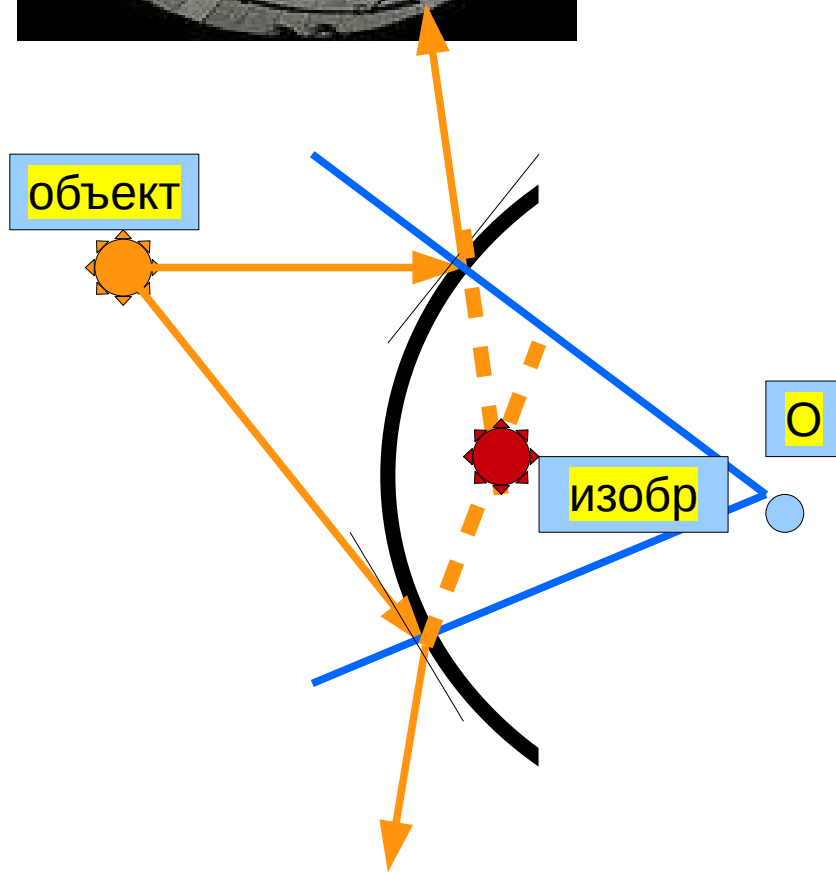
# Построение изображения в кривом зеркале:



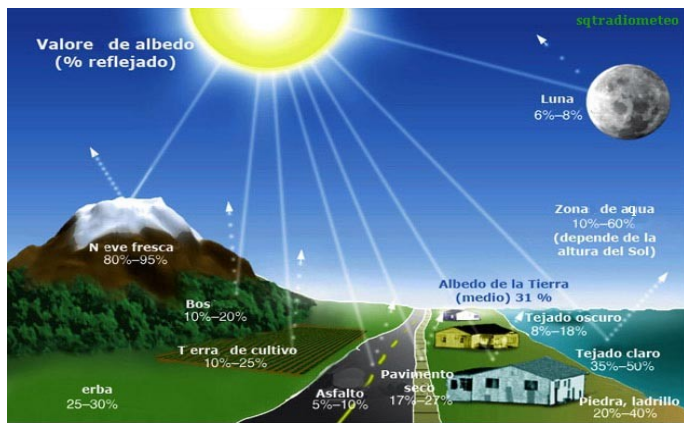
1. Определяем центр окружности, частью которого является зеркало.
2. Проводим луч до зеркала.
3. Рисуем перпендикуляр к границе раздела сред (радиус)
4. Откладываем равны угол и рисуем отраженный луч.
5. Выполняет те же действия для другого падающего луча. Находим точку пересечения.



# Построение изображения в кривом зеркале:



1. Определяем центр окружности, частью которого является зеркало.
2. Проводим луч до зеркала.
3. Рисуем перпендикуляр к границе раздела сред (радиус)
4. Откладываем равны угол и рисуем отраженный луч.
5. Выполняет те же действия для другого падающего луча. Находим точку пересечения.



# альbedo

Характеристика

отражательных свойств поверхности  
какого-либо тела:

отношение потока излучения,  
рассеиваемого поверхностью,  
к потоку, падающему на неё.



**1290.** Почему обычное гладкое стекло прозрачно, а потертое наждаком — нет?

**1291.** Какая бумага — глянцевая или матовая — комфортнее для чтения? Объясните, почему.

**1292.** Если смотреть днем с улицы в стеклянное окно комнаты, почти не видно, что внутри. Но из комнаты в это же окно хорошо видно все на улице. Почему?

**1293.** Лица дамы за густой вуалью не видно, в то время как сама дама все предметы через вуаль видит хорошо. Почему?

**1294.** Чем объяснить блеск снега?

**1295.** Как отразится луч, падающий перпендикулярно зеркалу?

**1296.** Каков должен быть угол падения, чтобы отраженный луч составлял прямой угол с лучом падающим?

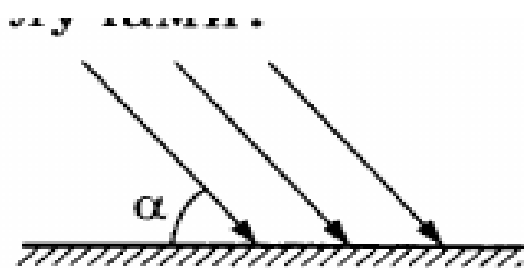


Рис. 156

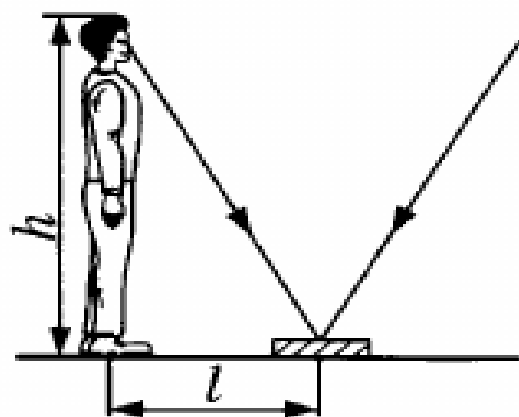
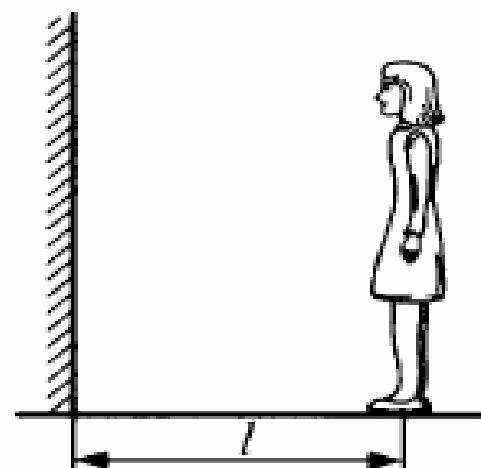


Рис. 157



**1298.** Солнечный луч падает на поверхность стола под углом  $\alpha = 50^\circ$  (рис. 156). Нарисуйте, под каким углом к поверхности стола надо расположить плоское зеркальце, чтобы направить солнечный зайчик:

- а) вертикально вверх;
- б) горизонтально.

**1299.** Человек ростом  $h = 1,84$  м (уровень глаз над землей 1,73 м) стоит на расстоянии  $l$  от плоского зеркальца и видит в нем отражение Солнца, которое находится над горизонтом под углом  $60^\circ$  (рис. 157). Чему равно расстояние  $l$ ?

**1300.** Каково расстояние между девочкой и ее изображением в зеркале, если расстояние от девочки до зеркала  $l = 1$  м (рис. 158)? Каким станет расстояние между девочкой и ее изображением, если она подойдет к зеркалу на расстояние 0,4 м?

**1304.** Почему в солнечный день на поверхности водоема образуется солнечная дорожка? Почему она всегда направлена к наблюдателю? Если бы поверхность воды была идеально гладкой, была бы видна эта дорожка?

**1305.** На рисунке 160 в каждом случае *a–e* не хватает какого-то элемента. Дорисуйте недостающие части. Покажите падающий луч, отраженный луч и отражающую поверхность для каждого случая.



*a)*



*б)*



*в)*



*г)*



*д)*



*е)*

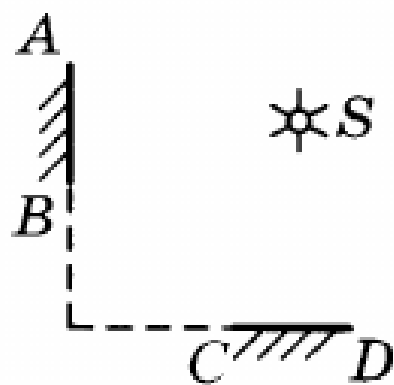


Рис. 163

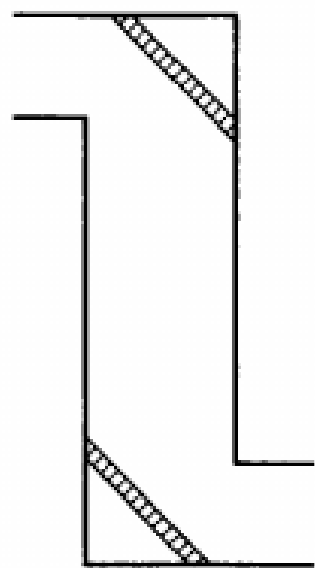


Рис. 164

**1312.** Точечный источник света  $S$  отражается в перпендикулярно расположенных зеркалах  $AB$  и  $CD$  (рис. 163). Постройте изображение  $S$  в зеркале  $AB$  и в зеркале  $CD$ . Сколько изображений образует такая система зеркал? Проверьте это на опыте.

**1313.** Перископ представляет собой изогнутую трубу с двумя зеркалами (рис. 164). Глядя в нижний конец трубы, можно видеть, что происходит сверху. Покажите это, начертив ход лучей в перископе.

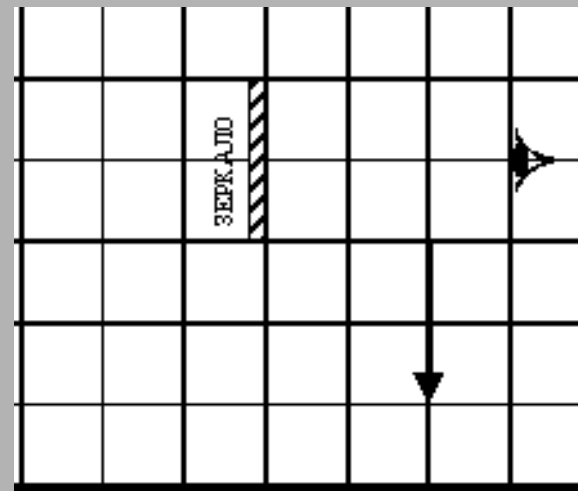
**1314.** Вы находитесь между двумя параллельными плоскими зеркалами. Сколько ваших изображений получится в зеркалах? Проверьте на опыте.

**1315.** Какими делают боковые зеркала в автомобиле: выпуклыми или вогнутыми? Почему?

**1316.** Почему для боковых зеркал в автомобиле не используется плоское зеркало?

При каком из перечисленных ниже перемещений зеркала наблюдатель увидит стрелку в зеркале целиком?

- 1) стрелка уже видна глазу полностью
- 2) на 1 клетку влево
- 3) на 1 клетку вверх
- 4) на 1 клетку вниз





15.17. Определить построением положение плоского зеркала, если  $AO$  — падающий луч,  $OB$  — отраженный луч (рис. 15.7).

15.18. Солнечный луч составляет с поверхностью Земли угол  $\varphi = 40^\circ$ . Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы солнечный луч попал на дно глубокого колодца?

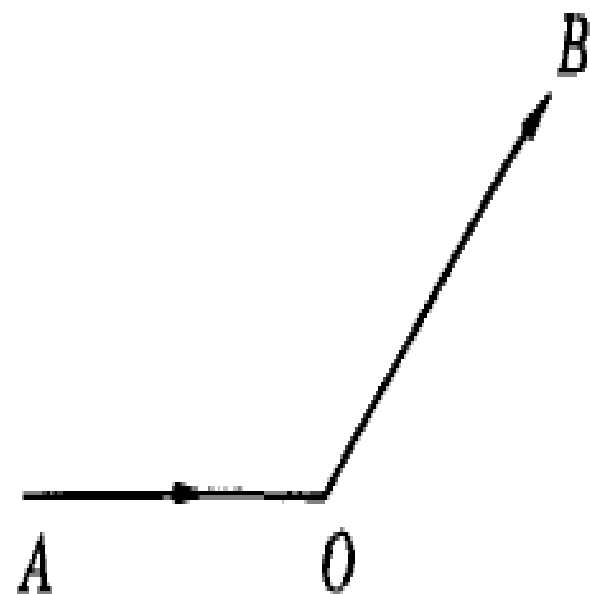


Рис. 15.7

**15.25.** Какой наименьшей высоты  $h$  должно быть вертикальное плоское зеркало, чтобы человек мог, не изменяя положения головы, видеть в нем себя в полный рост  $H$ ? На каком расстоянии  $s$  от пола должен находиться нижний край зеркала? Зависит ли размер зеркала от расстояния между зеркалом и человеком?

**15.26.** В комнате длиной  $L$  и высотой  $H$  на стене висит плоское зеркало. Человек смотрит в него с расстояния  $l$ . Какова высота  $h$  зеркала, если человек видит противоположную стену во всю высоту? На каком расстоянии  $s$  от пола находится зеркало, если рост человека  $y$ ?

**15.27.** Размеры заднего окна автомобиля  $b \times h = 120 \times 45 \text{ см}^2$ . Водитель сидит на расстоянии  $l = 2 \text{ м}$  от заднего окна. Каковы должны быть минимальные размеры плоского зеркала заднего вида, висящего на расстоянии  $l_0 = 0,5 \text{ м}$  перед водителем, чтобы он имел наилучший обзор дорожной обстановки за автомобилем?

**15.29.** Точка  $S$  (рис. 15.10) движется со скоростью  $v = 3$  см/с, а зеркало — со скоростью  $v' = 2$  см/с, движение поступательное. С какой скоростью движется изображение точки  $S$ ?

**15.30.** Отражающая поверхность зеркала составляет с плоскостью стола угол  $\alpha = 135^\circ$ . По направлению к зеркалу по столу катится шар со скоростью  $v = 2$  м/с. В каком направлении и с какой скоростью движется изображение шара?

**15.33.** На вращающееся с угловой скоростью  $\omega$  плоское зеркальце падает световой луч. Найти угловую скорость вращения  $\omega'$  отраженного луча.

**15.34.** Зеркало  $AO$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси, проходящей через точку  $O$  и перпендикулярной плоскости чертежа (рис. 15.13). С какой скоростью движется изображение точки  $S$  в зеркале? Точка  $S$  неподвижна, расстояние  $OS = l$ .

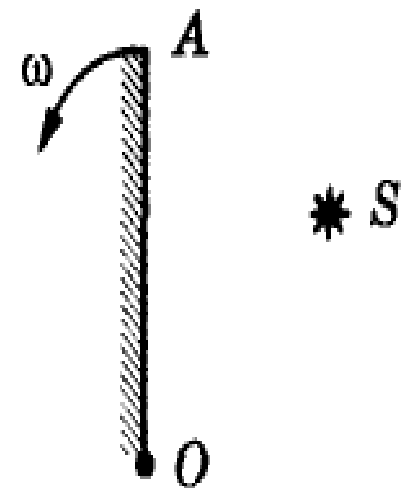


Рис. 15.13

# Построить изображения

