

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

ЛИНЗЫ

Содержание:

1) Введение

2) Законы геометрической оптики

3) Полное внутреннее отражение

4) Линзы. Виды и основные характеристики линз. Тонкая Линза.

5) Построение изображения в тонких линзах

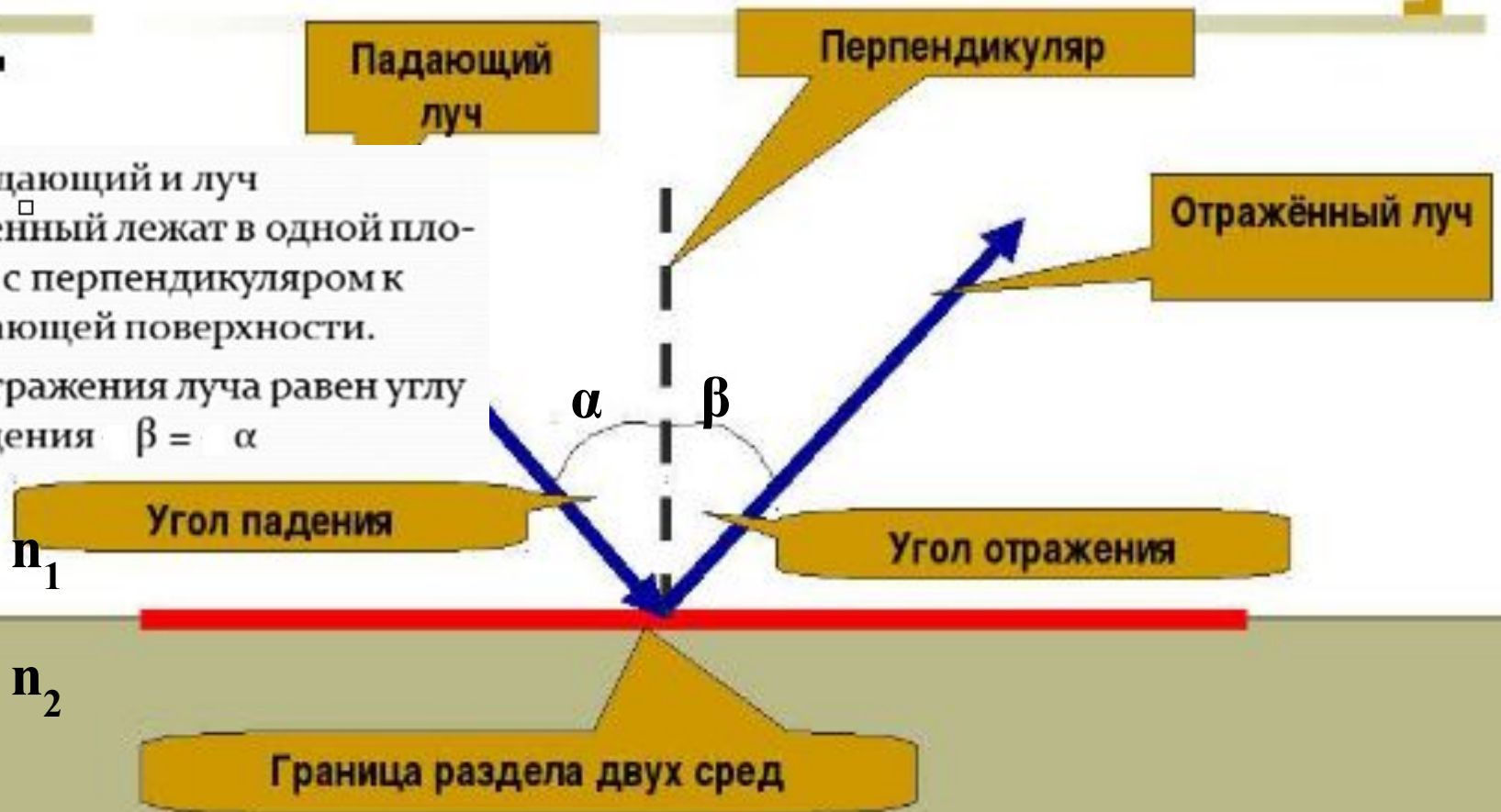
6) Аберрации оптических систем

Законы геометрической оптики

- Лучи света распространяются независимо друг от друга. Суммарная интенсивность двух пучков равна сумме интенсивностей каждого пучка в отсутствие другого (принцип суперпозиции).
- В однородной среде лучи света распространяются прямолинейно.
- Закон отражения света
- Закон Снеллиуса (закон преломления света)
- Законы геометрической оптики выполняются достаточно точно, если длина волны света много меньше размера препятствия

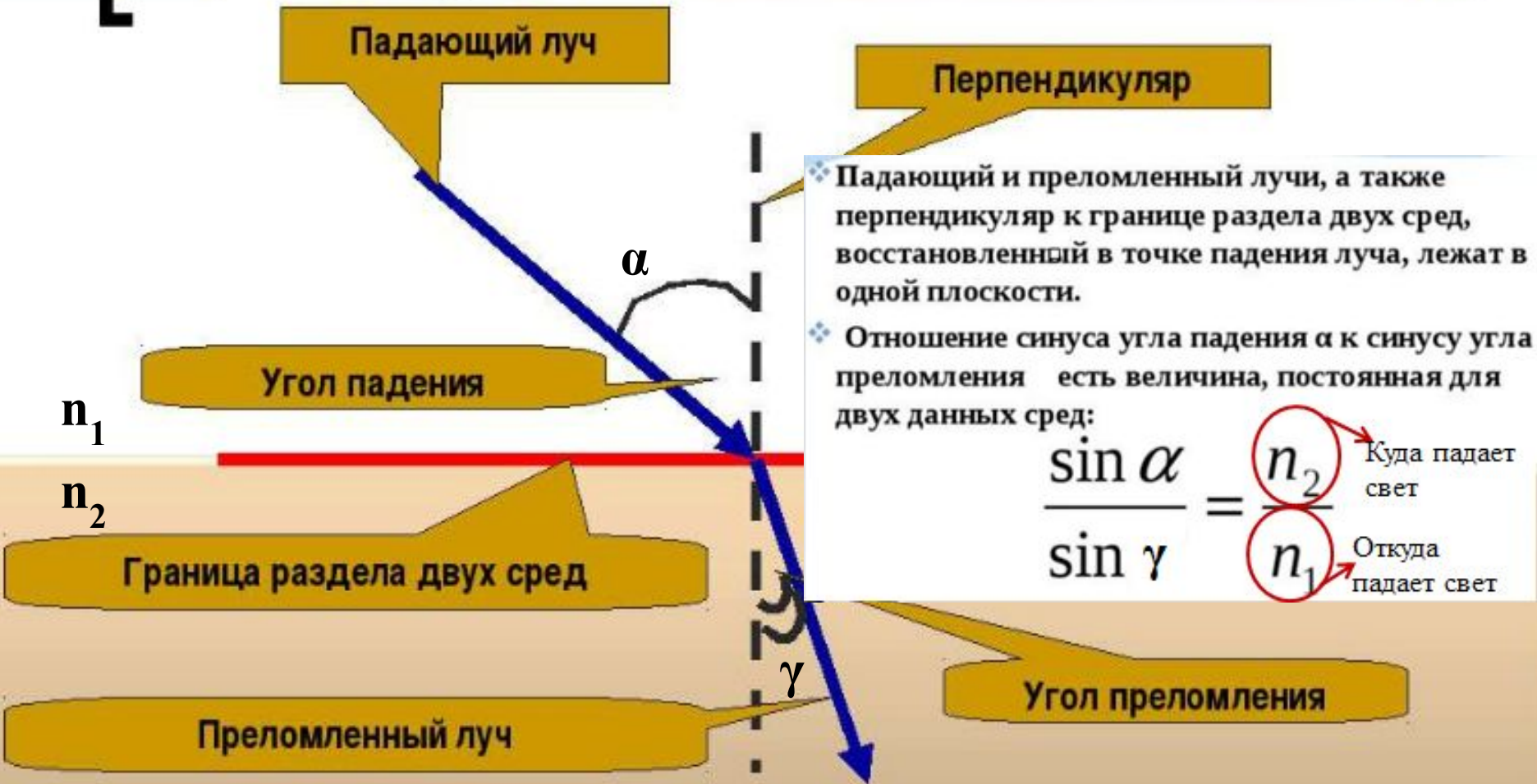
Закон отражения света:

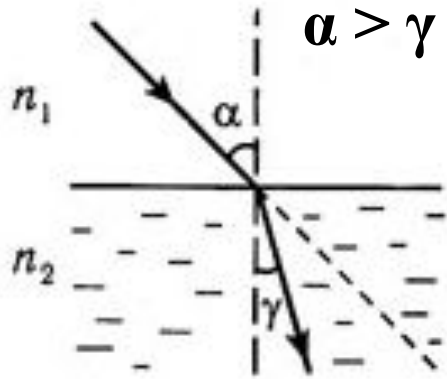
- Луч падающий и луч отражённый лежат в одной плоскости с перпендикуляром к отражающей поверхности.
- Угол отражения луча равен углу его падения $\beta = \alpha$



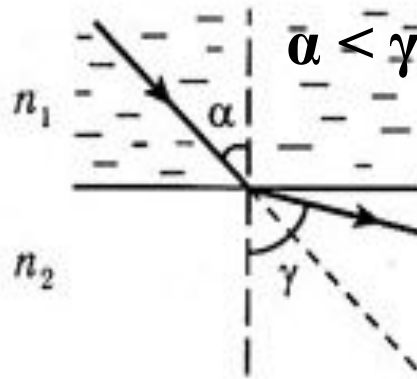
n – абсолютный показатель преломления среды $n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\lambda v}$

Закон преломления света:





а)



б)

- а) Свет падает из оптически менее плотной в оптически более плотную среду $n_2 > n_1$
 б) Свет падает из оптически более плотной в оптически менее плотную среду $n_2 < n_1$

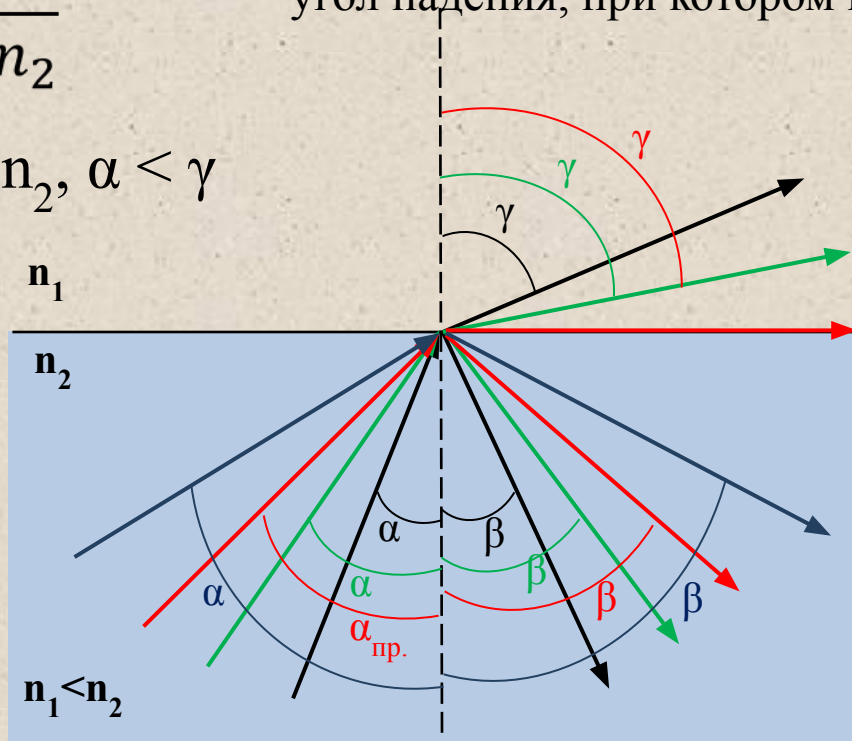
Если свет падает из оптически более плотной среды (например из воды в воздух или из стекла в воду, возможно явление полного внутреннего отражения – это явление когда свет полностью отражается от границы раздела двух сред и не проходит во вторую среду

Полное внутреннее отражение

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_1}{n_2}$$

$\alpha_{\text{пр}}$ — предельный угол полного внутреннего отражения —
угол падения, при котором преломленный луч идет по границе
раздела двух сред

Если $n_1 < n_2$, $\alpha < \gamma$



$\alpha < \alpha_{\text{пр}}$ — отражение,
преломление

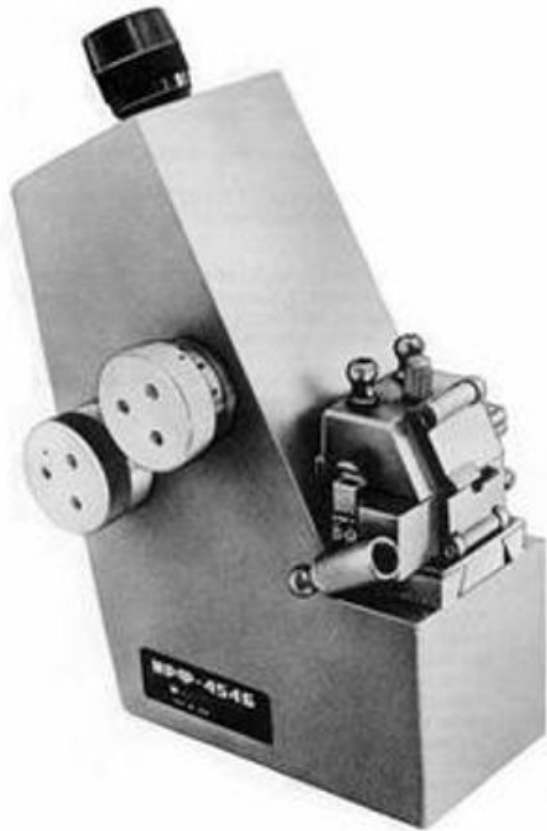
$\alpha = \alpha_{\text{пр}}$ — отражение, угол
преломления равен 90°

$\alpha > \alpha_{\text{пр}}$ — полное внутреннее
отражение

Необходимые условия:

1. Свет должен падать из оптически более в оптически менее плотную среду.
2. Угол падения должен быть больше предельного угла.

Рефрактометр

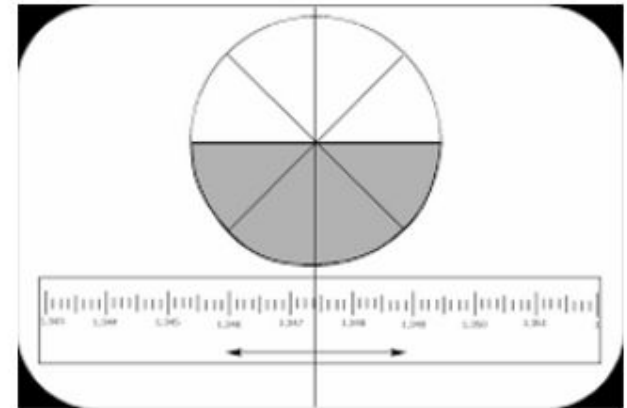
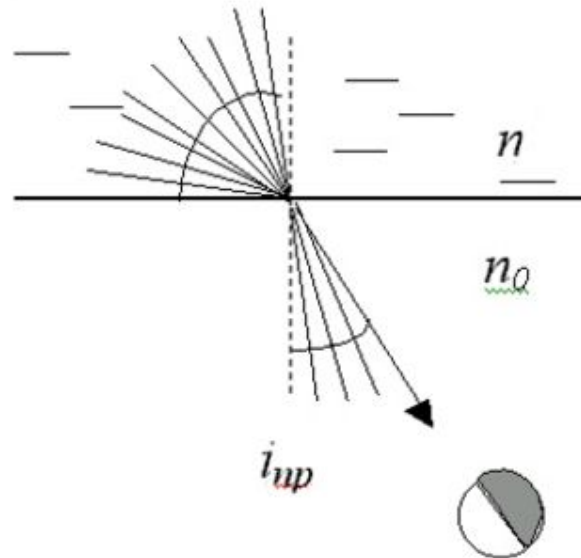


Области

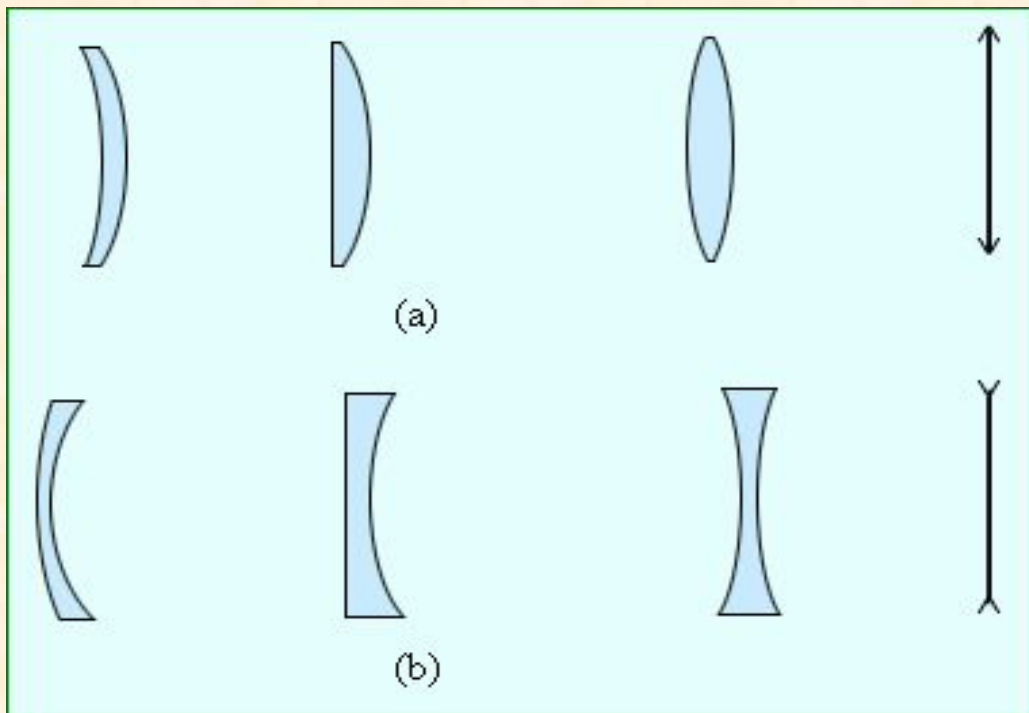
Медицина: для определения белка в моче, сыворотке крови, плотности мочи, анализ мозговой и суставной жидкости, плотности субретинальной и других жидкостей глаза.

Фармацевтика: для исследования водных растворов различных лекарственных препаратов, кальция хлорида (0% и 20%); новокаина (0,5%, 1%, 2%, 10%, 20%, 40%); эфедрина (5%); глюкозы (5%, 25%, 40%); магния сульфата (25%); натрия хлорида (10%); кордиамина и т.д.

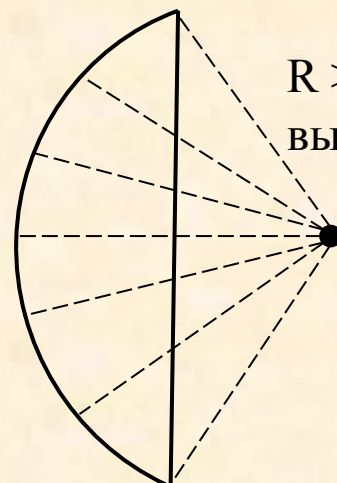
применения:



Линзы. Характеристики линз

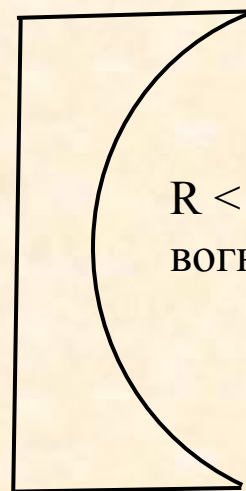


Тонкая линза – линза у которой радиус кривизны поверхности много больше ее толщины



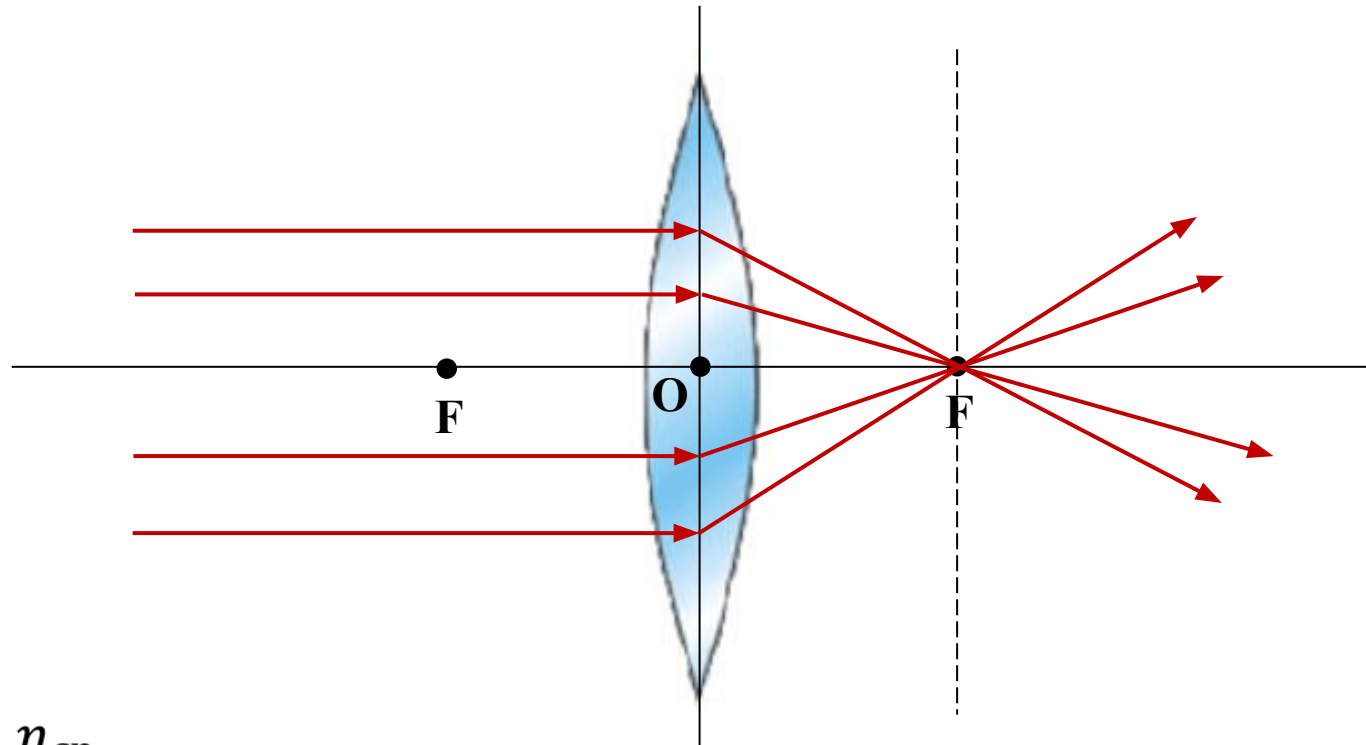
$R > 0$, если поверхность выпуклая

$R \rightarrow \infty$, если поверхность плоская



$R < 0$, если поверхность вогнутая

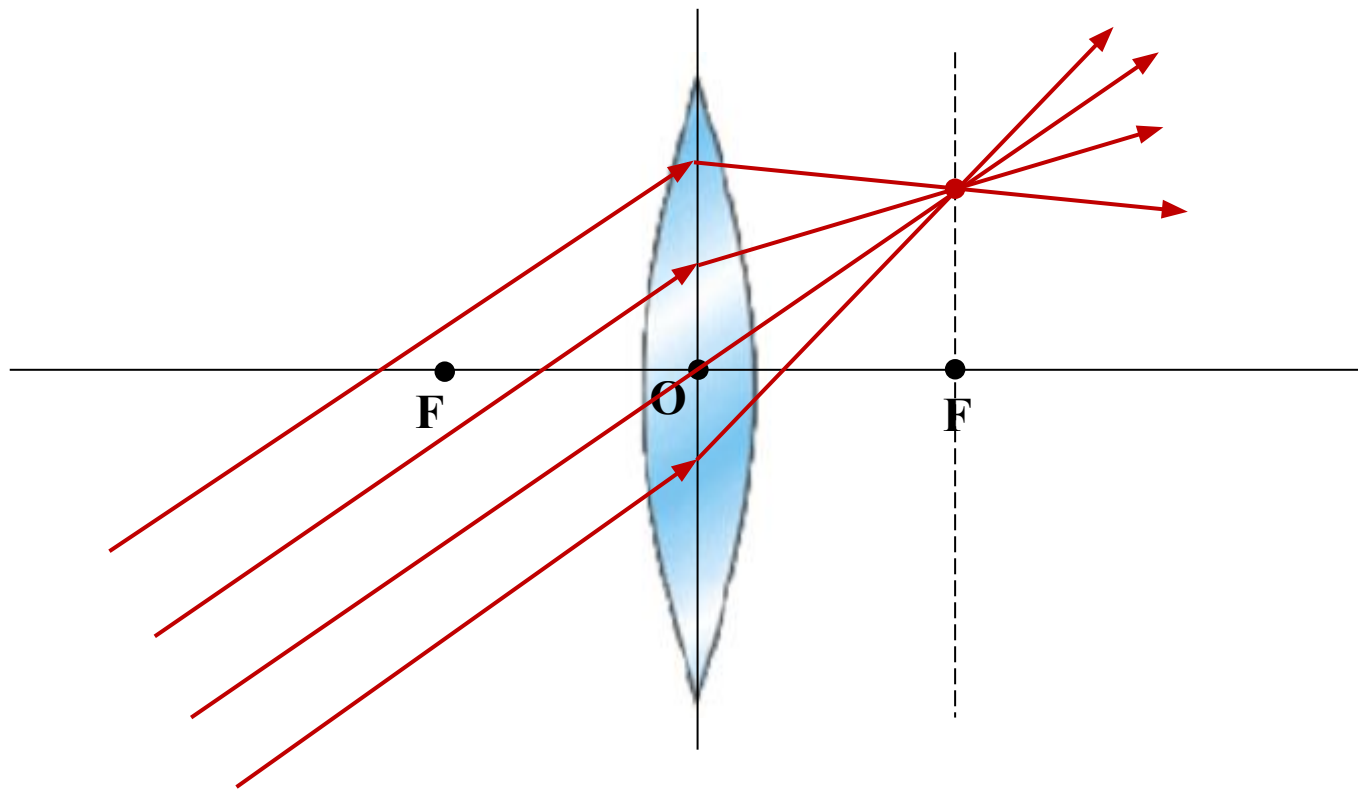
Собирающая Линза



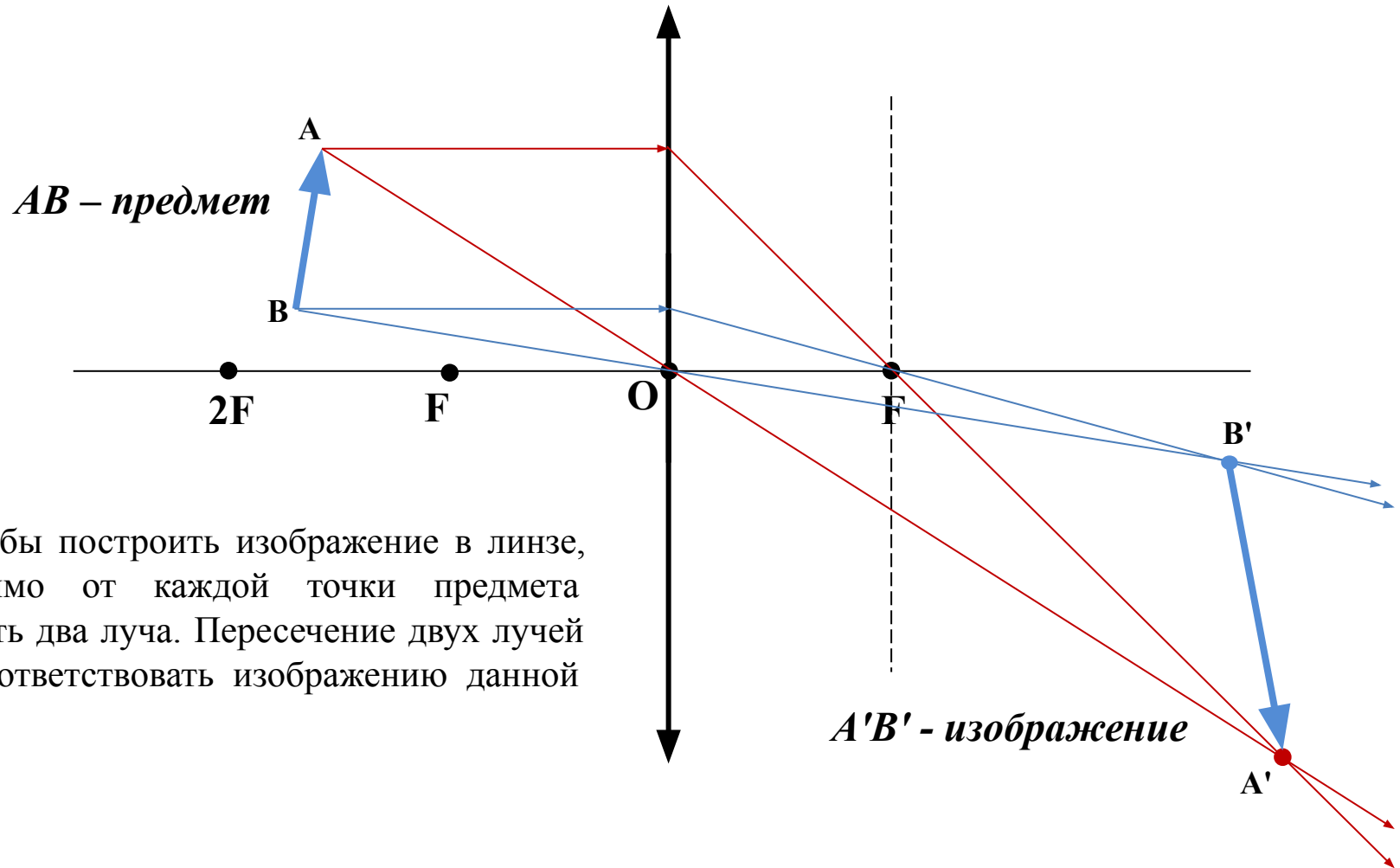
$$D = \frac{n_{\text{ср}}}{F} - \text{оптическая сила линзы}$$

$$D = \left(\frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{ср}}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Собирающая Линза



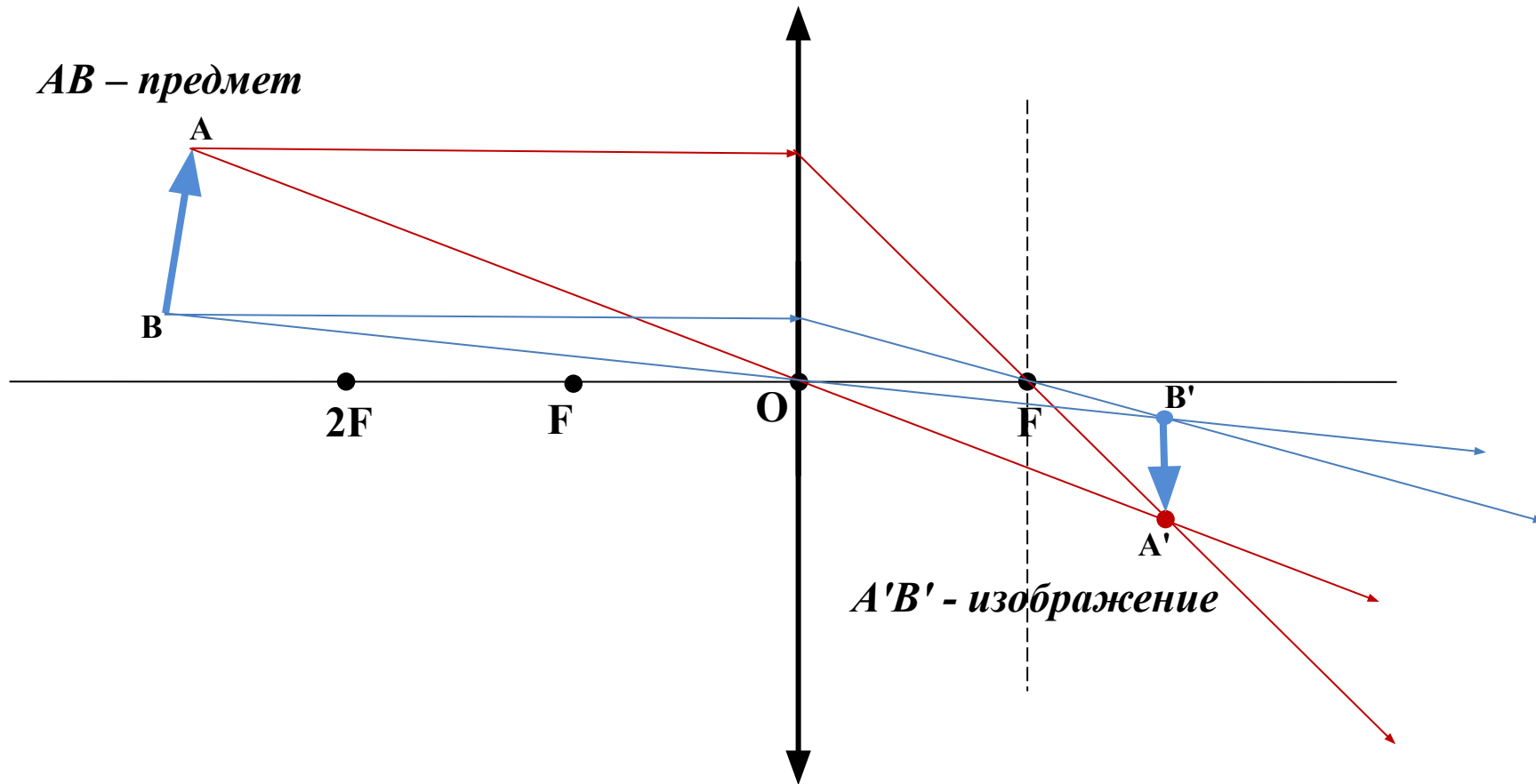
Построение изображения в собирающей линзе



Чтобы построить изображение в линзе, необходимо от каждой точки предмета выпустить два луча. Пересечение двух лучей будет соответствовать изображению данной точке

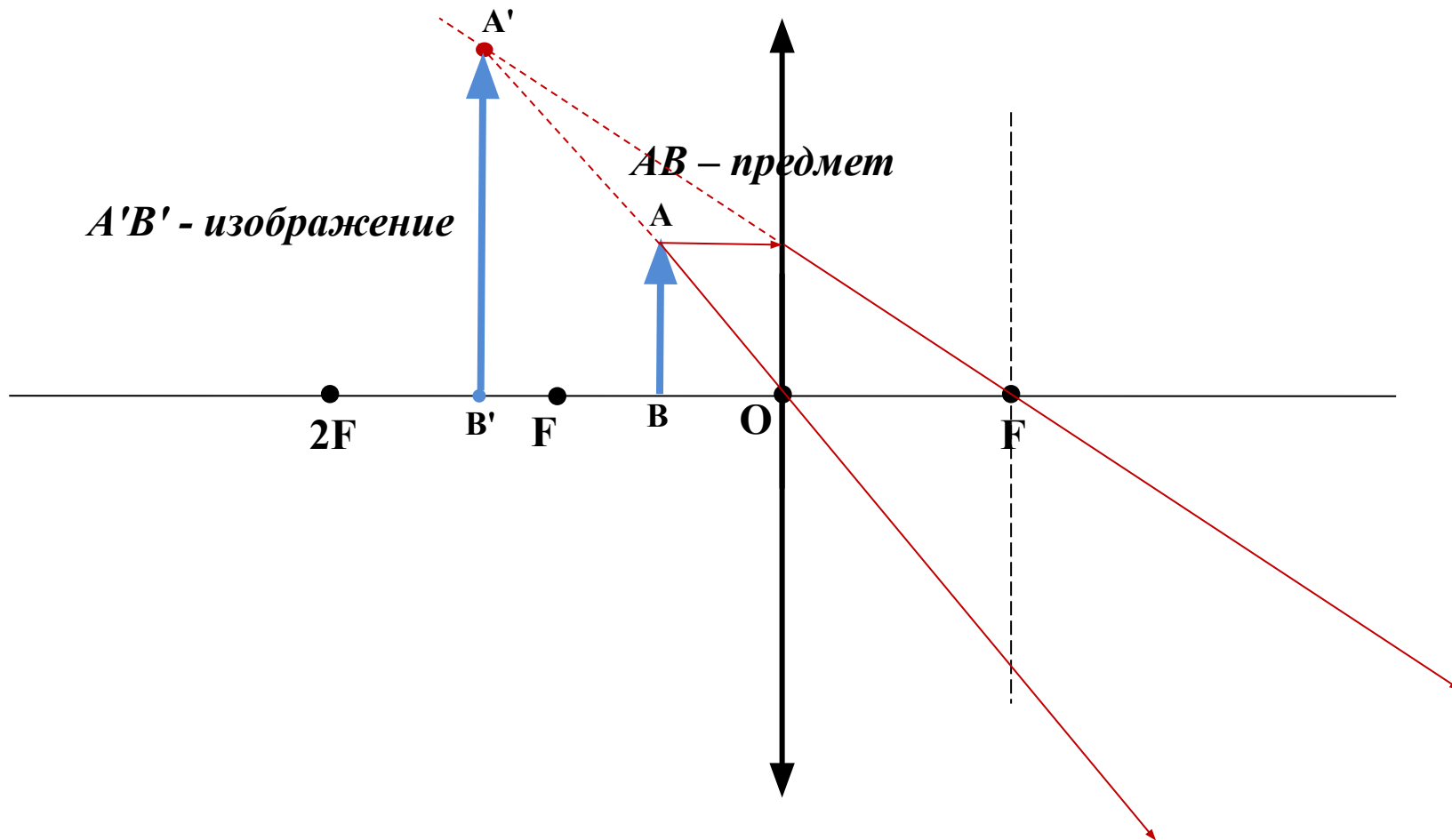
Если предмет находится от линзы на расстоянии между первым и двойным фокусом, то изображение будет увеличенным, действительным, перевернутым

Построение изображения в собирающей линзе



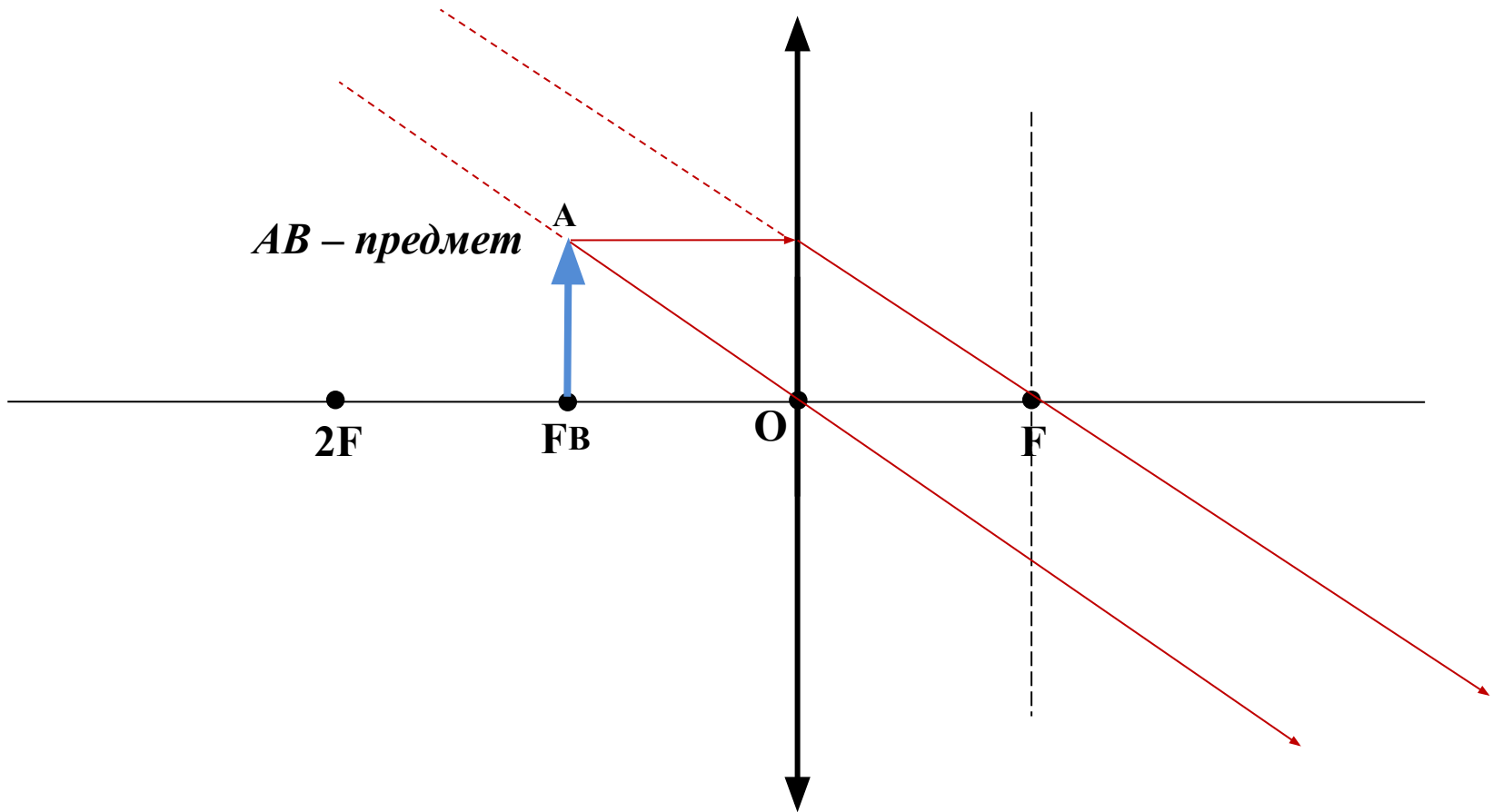
Если предмет находится от линзы за двойным фокусом, то изображение будет уменьшенным, действительным, перевернутым

Построение изображения в собирающей линзе



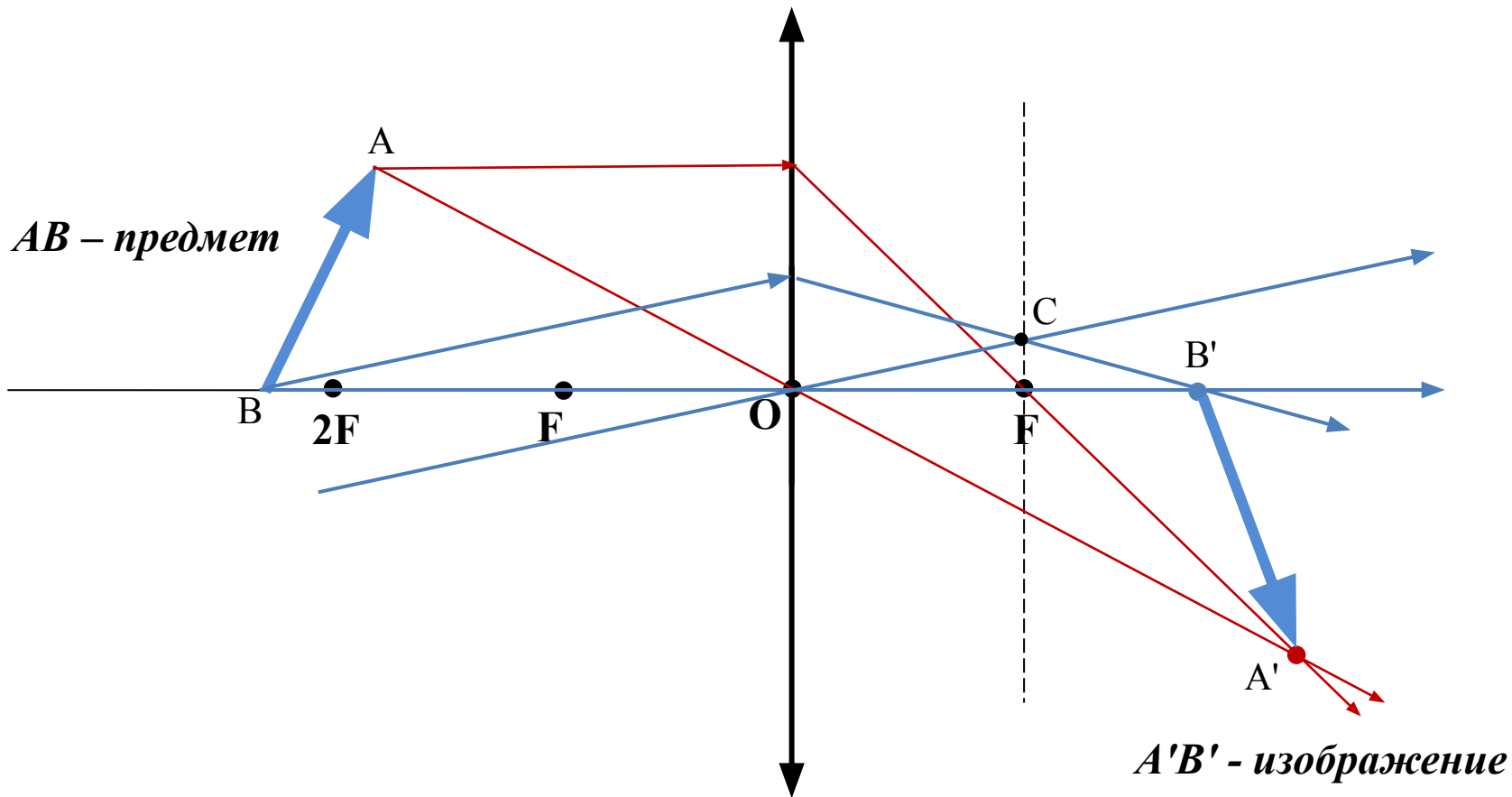
Если предмет находится перед фокусом, то изображение будет увеличенным, мнимым, прямым

Построение изображения в собирающей линзе

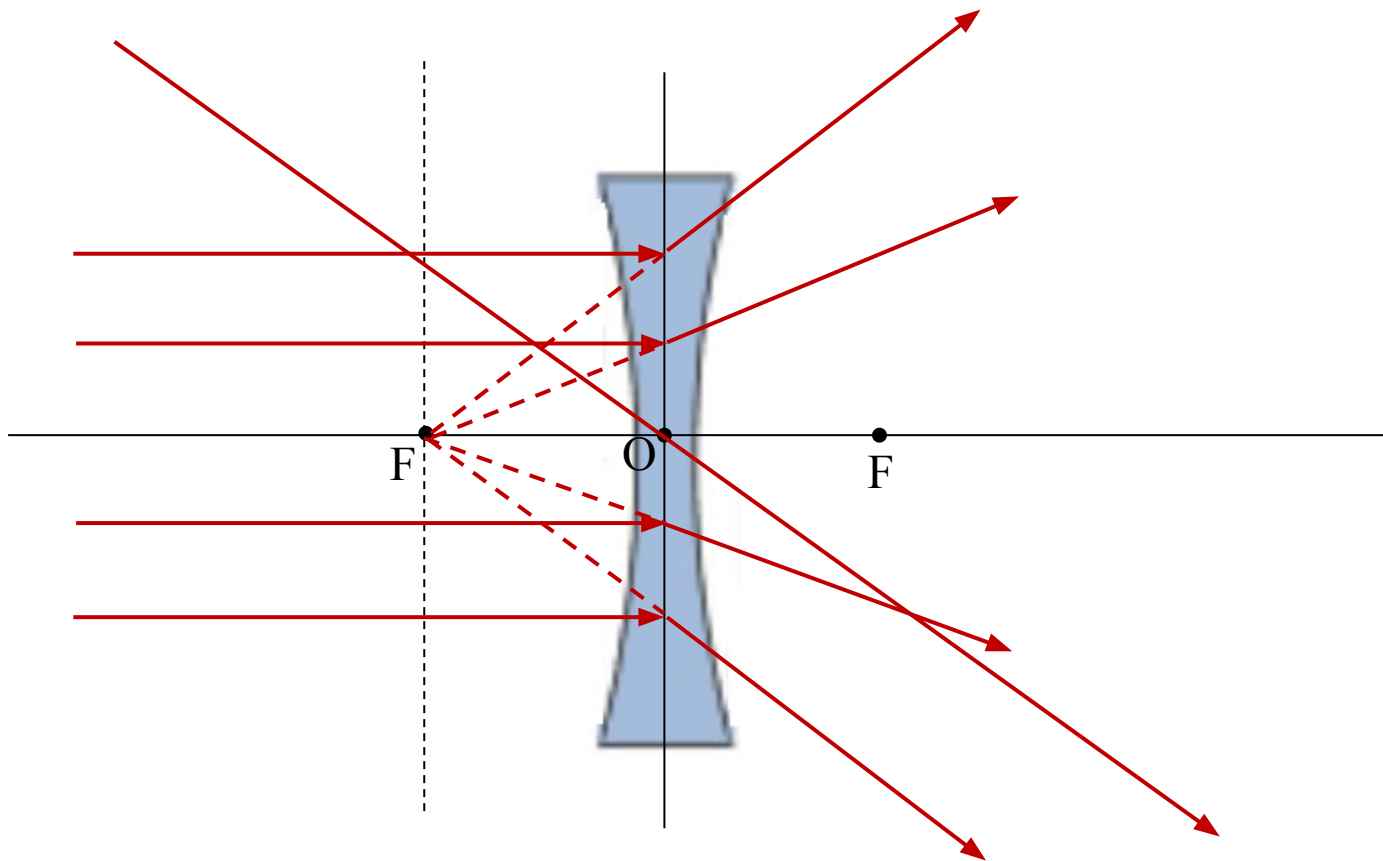


*Если предмет находится в фокусе линзы, то изображения не будет
(изображение находится на бесконечности)*

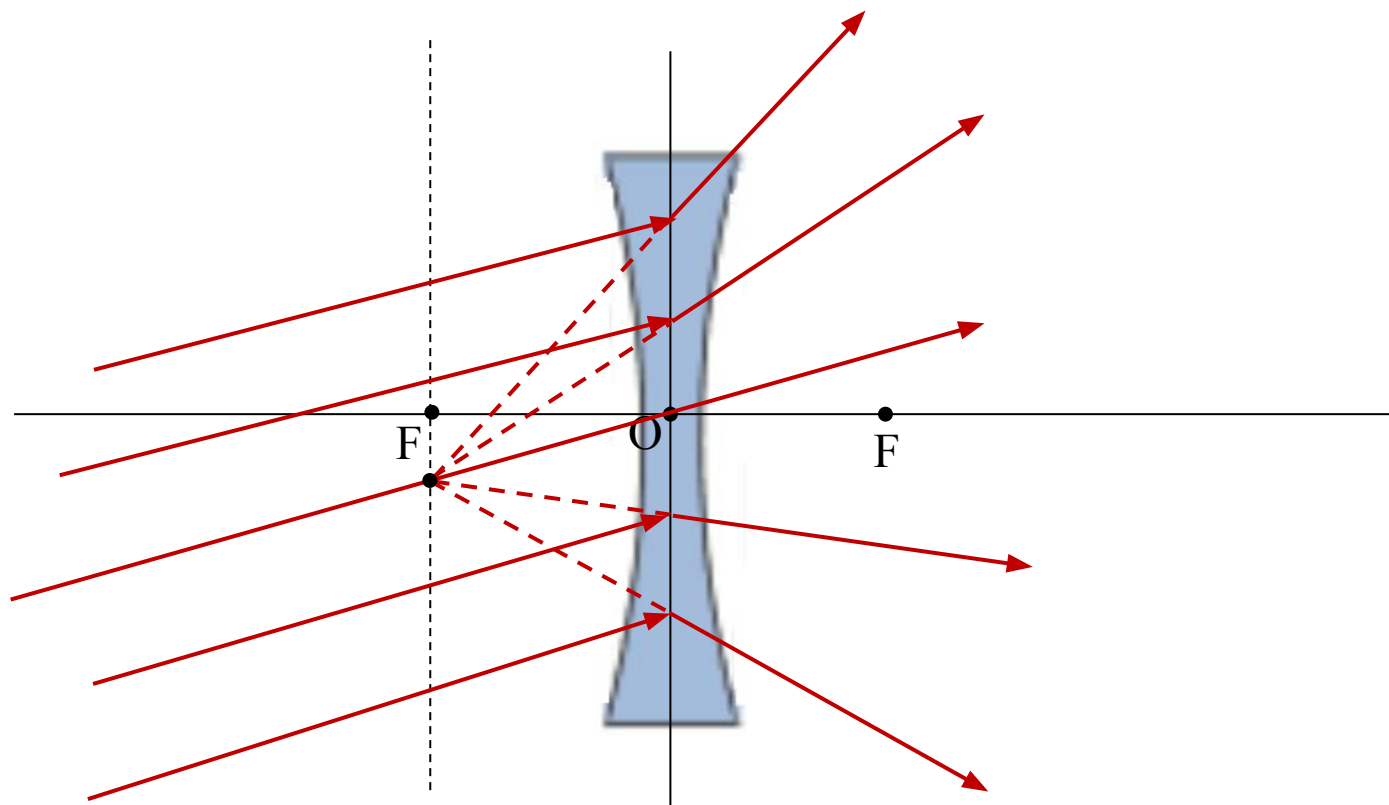
Построение изображения в собирающей линзе



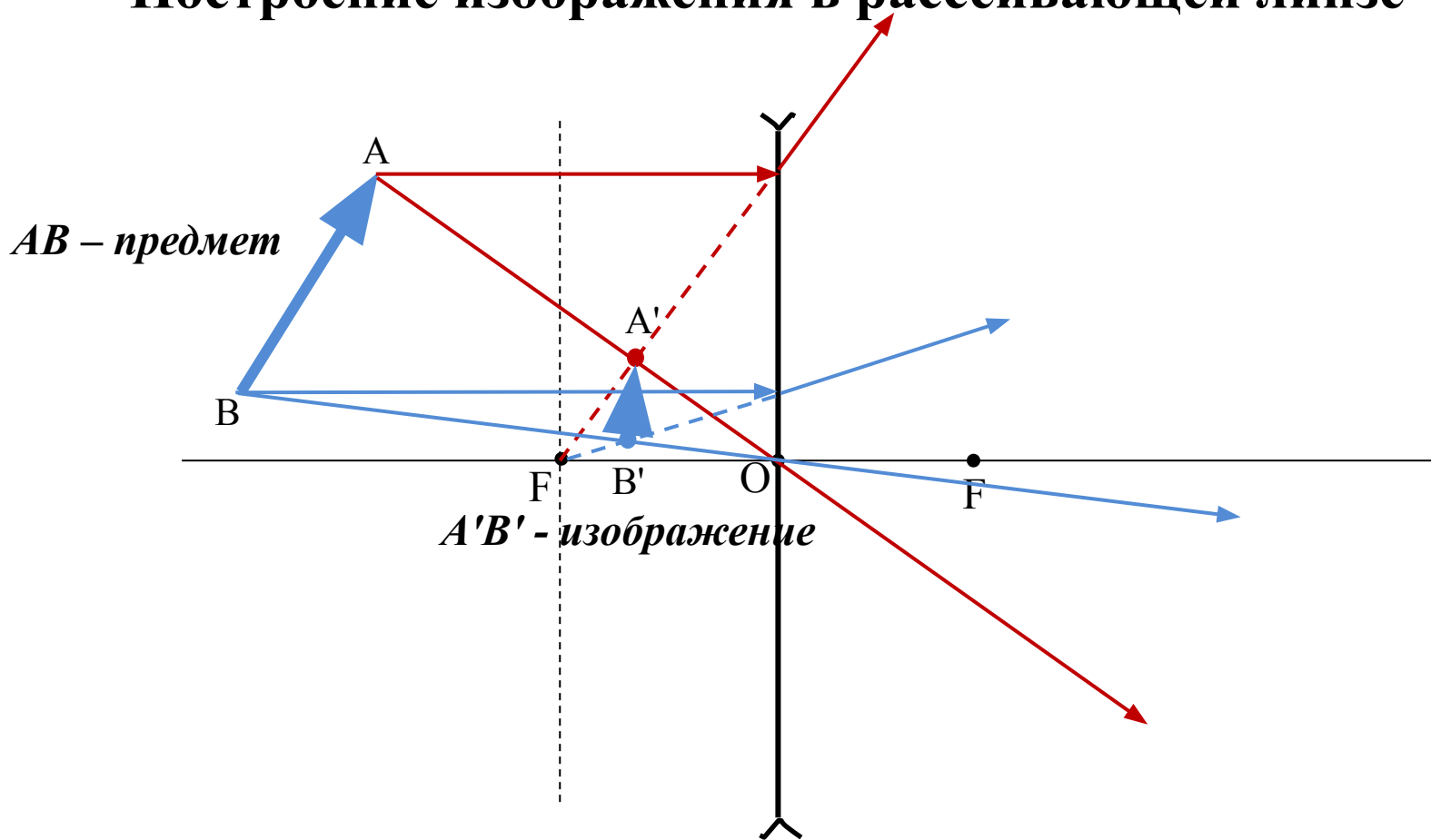
Рассеивающая линза



Рассеивающая линза

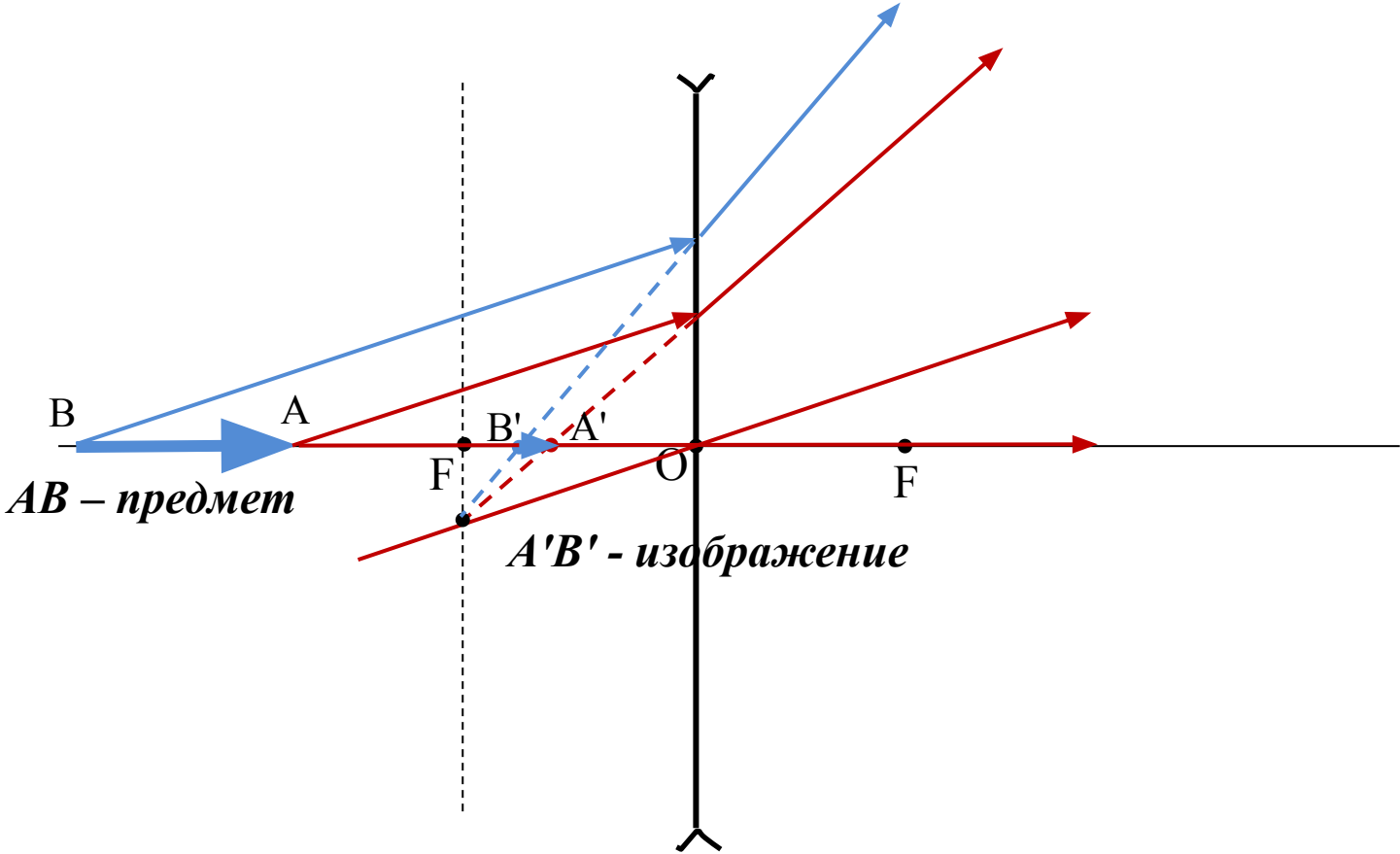


Построение изображения в рассеивающей линзе

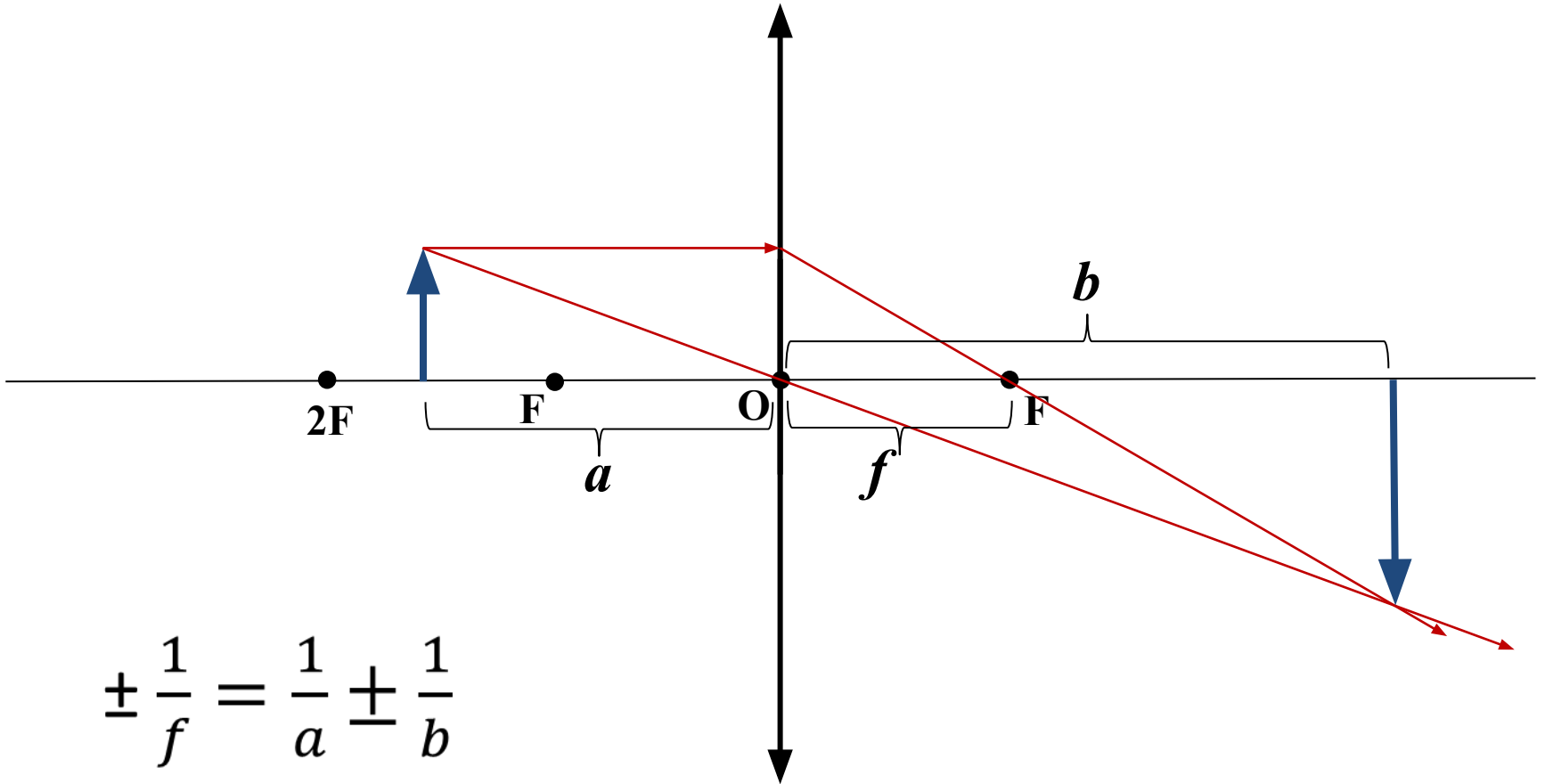


Изображение в рассеивающей линзе всегда будет уменьшенным, мнимым и прямым

Построение изображения в рассеивающей линзе



Формула тонкой линзы



$$\pm \frac{1}{f} = \frac{1}{a} \pm \frac{1}{b}$$

$+f$ – линза собирающая
 $-f$ – линза рассеивающая

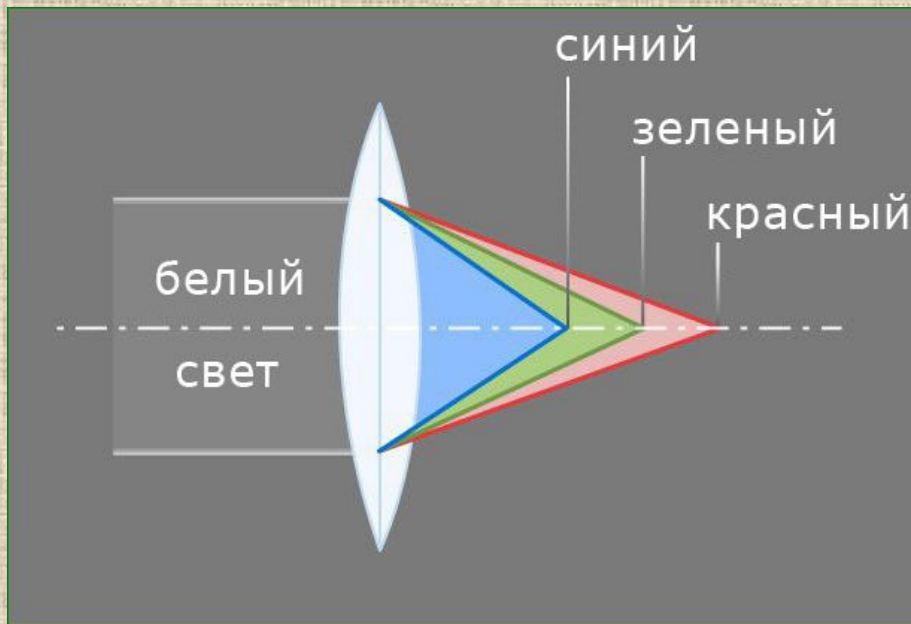
$+b$ – изображение действительное
 $-b$ – изображение мнимое

Предмет	Изображение			
	Расстояние от линзы d	Расстояние от линзы f	Тип	Ориентация
$d > 2F$	$F < f < 2F$	Действительное	Перевернутое ($\Gamma > 0$)	Уменьшенное ($ \Gamma < 1$)
$d = 2F$	$f = 2F$	Действительное	Перевернутое ($\Gamma < 0$)	Того же размера ($ \Gamma = 1$)
$F < d < 2F$	$f > 2F$	Действительное	Перевернутое ($\Gamma < 0$)	Увеличенное ($ \Gamma > 1$)
$f = F$	$f = \pm\infty$			
$d < F$	$f < 0; f < d$	Мнимое	Прямое ($\Gamma > 0$)	Увеличенное ($ \Gamma > 1$)

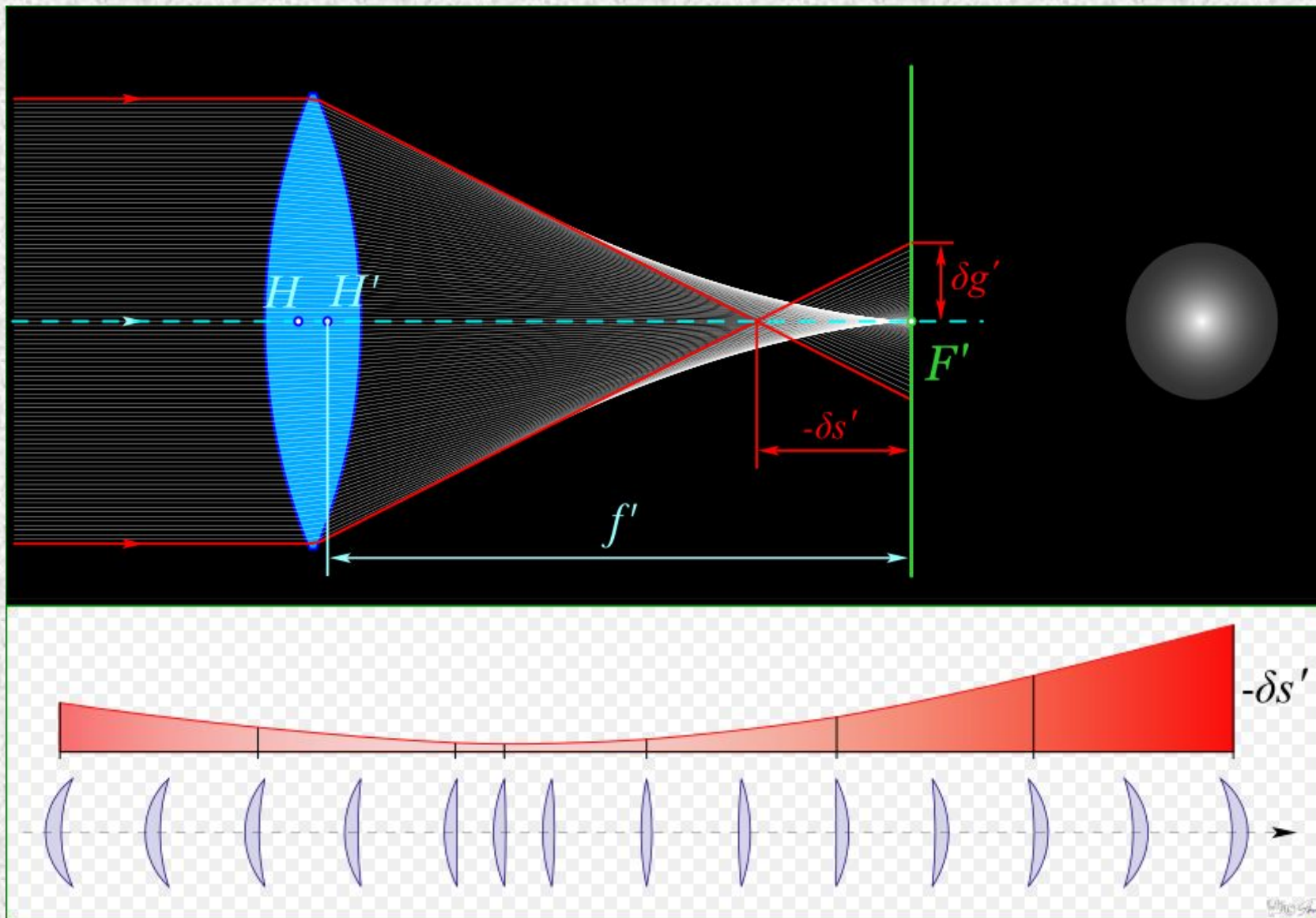
Аберрации оптических систем

- **Аберрация оптической системы** — ошибка или погрешность изображения в оптической системе вызываемая отклонением луча от того направления, по которому он должен был бы идти в идеальной оптической системе.

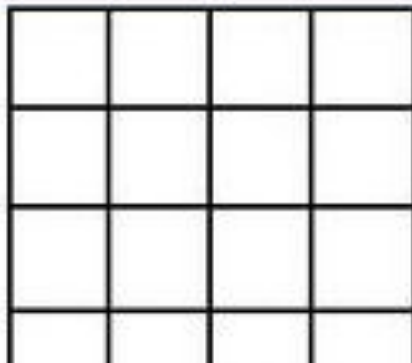
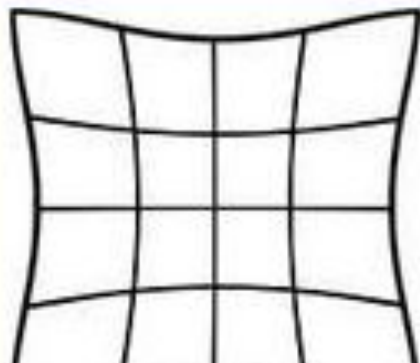
Хроматическая аберрация:



Сферическая абберация:



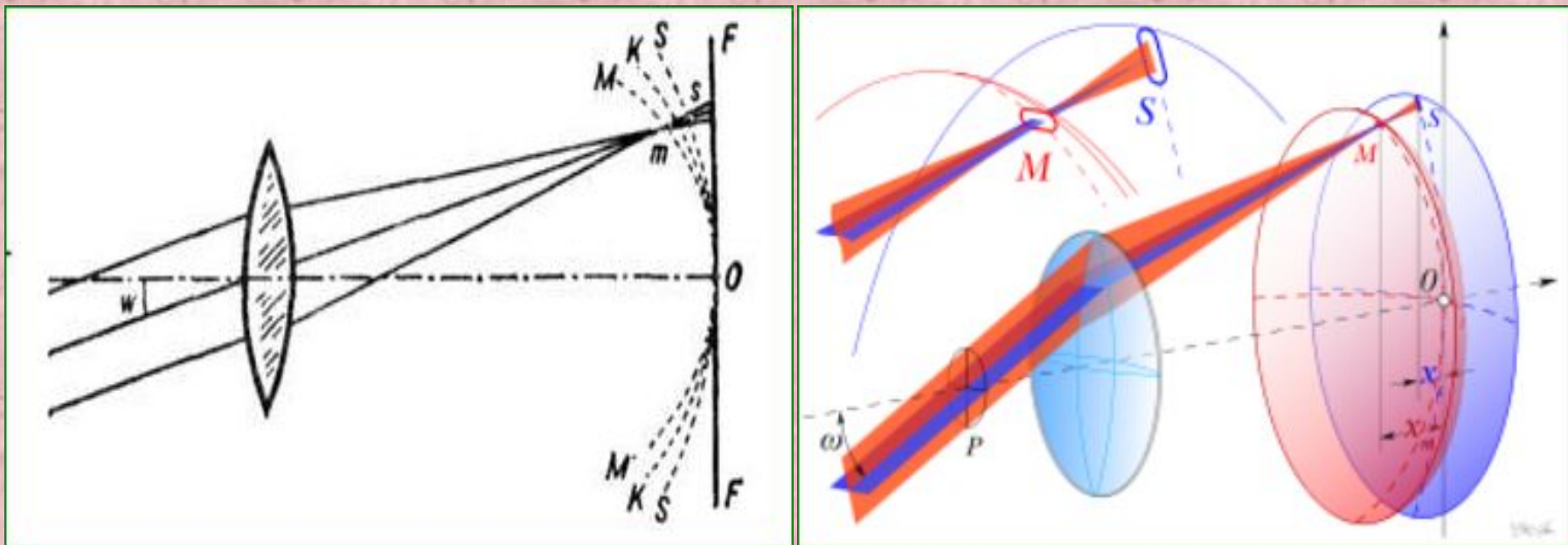
Дисторсия:



Бочкообразная
дисторсия



Астигматизм:



Астигматизм — aberrация, при которой изображение точки, находящейся вне оси, и образуемое узким пучком лучей, представляет собой два отрезка прямой, расположенных перпендикулярно друг другу на разных расстояниях от плоскости безабберационного фокуса. Астигматизм возникает вследствие того, что лучи наклонного пучка имеют различные точки сходимости.

Оптическая система глаза

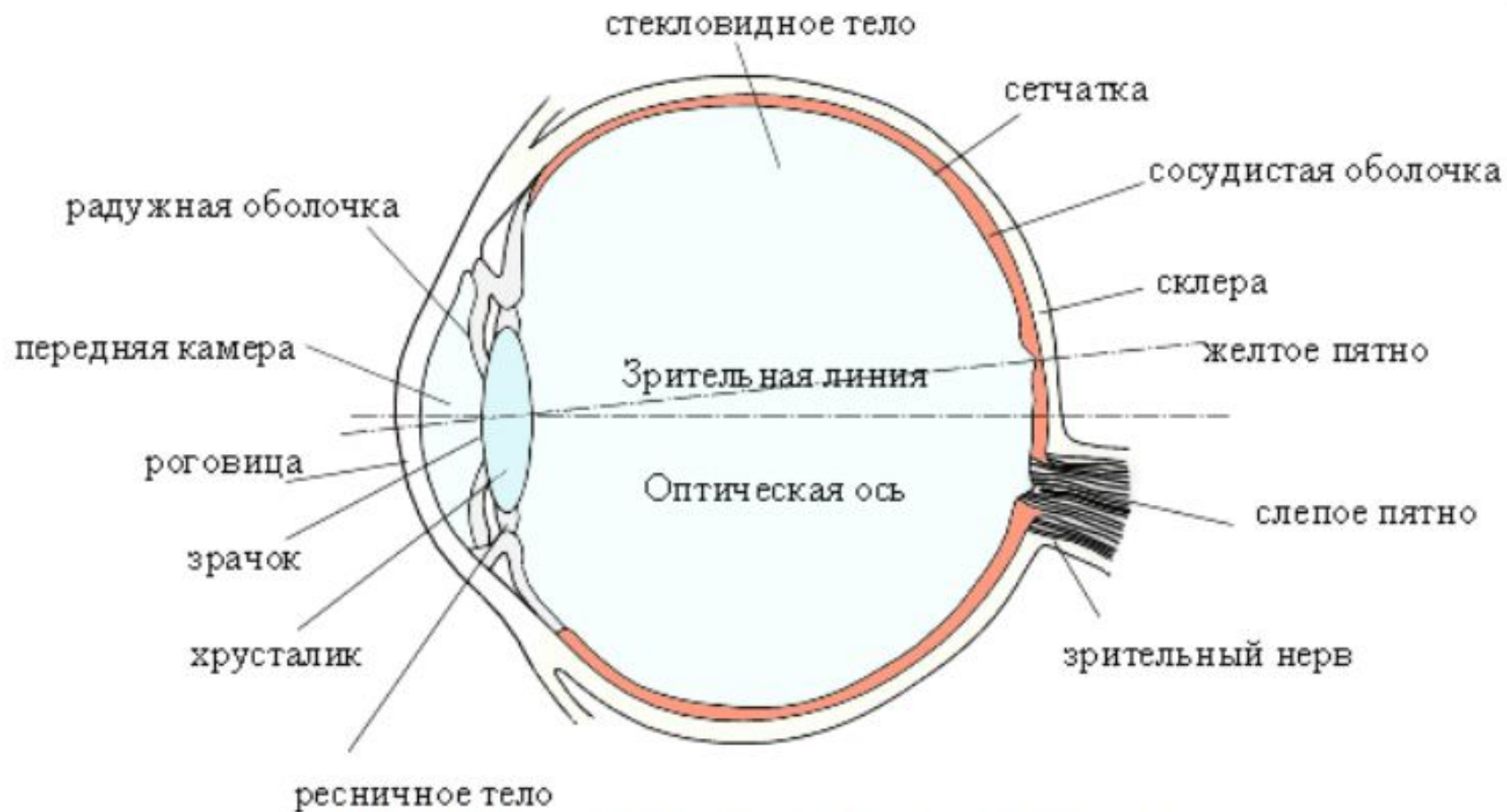


Рис. 2.1. Горизонтальный разрез правого глаза.

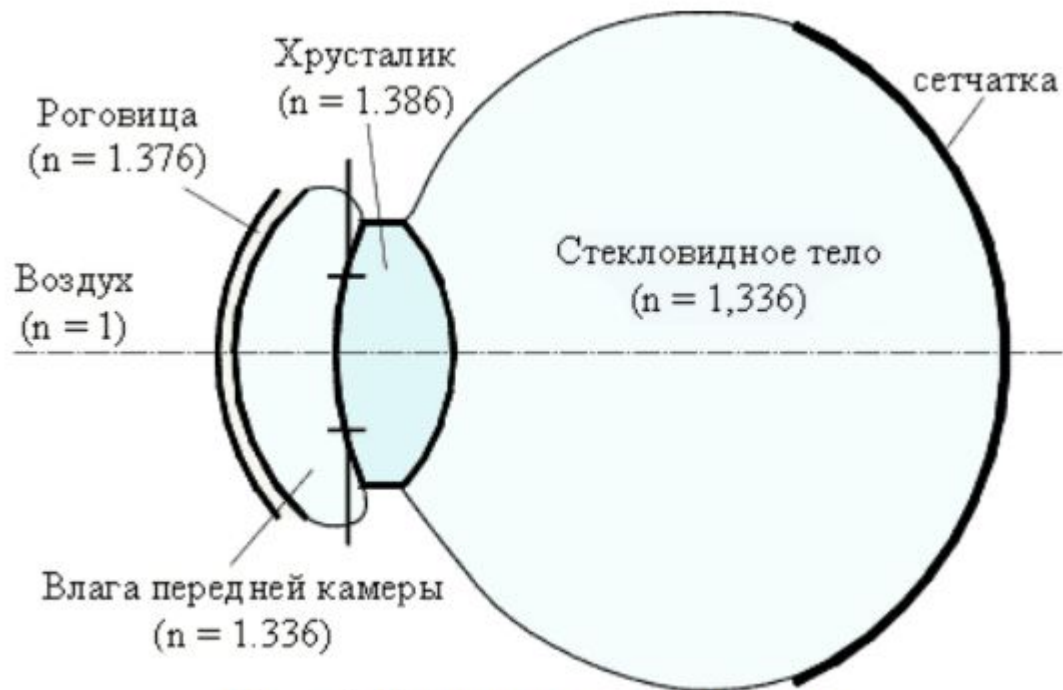


Рис. 2.2. Оптическая система глаза.

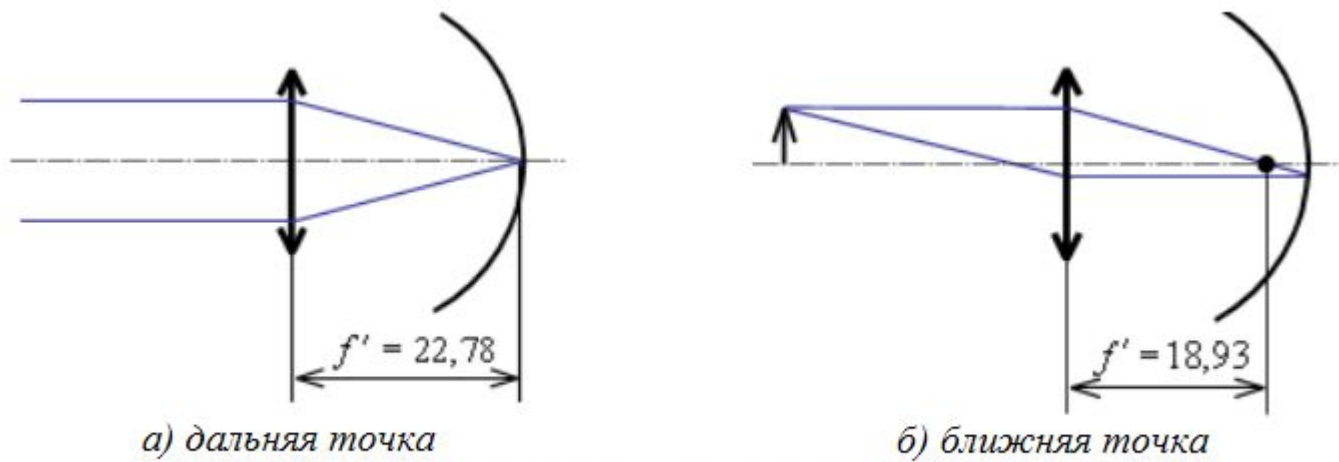
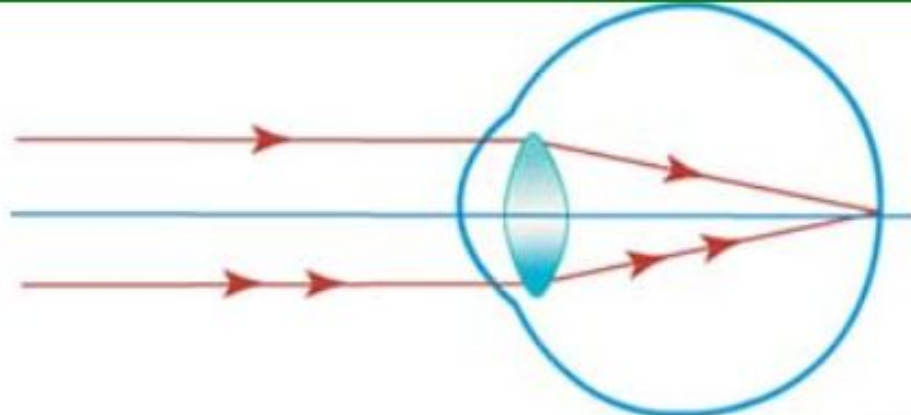


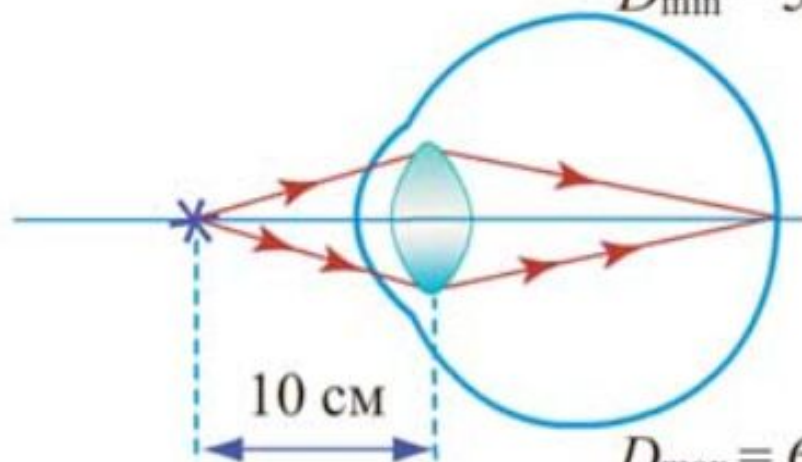
Рис. 2.4. Изображение ближней и дальней точки.

Дальняя точка на ∞



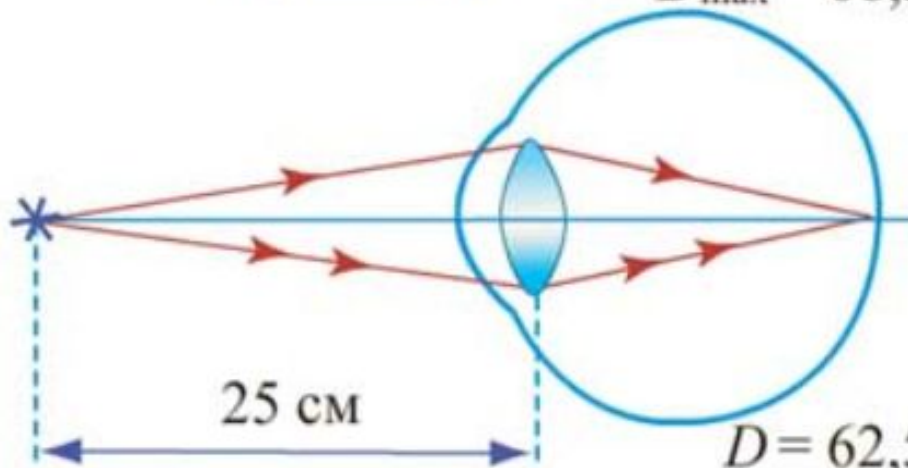
$$D_{\min} = 58,5 \text{ дптр}$$

Ближняя точка
(возраст 20 лет)



$$D_{\max} = 68,5 \text{ дптр}$$

Расстояние наилучшего зрения



$$D = 62,5 \text{ дптр}$$

Рефракция глаза - это его преломляющая способность. Количественно она определяется и обозначается как оптическая сила линзы D равная величине обратной фокусному расстоянию F , измеряется в диоптриях (дптр). Различают физическую, физиологическую и клиническую рефракции.

Физическая рефракция – суммарная оптическая сила преломляющих сред глаза

Аккомодация – способность глаза создавать на сетчатке резкие изображения различно удаленных предметов путем изменения кривизны поверхности хрусталика

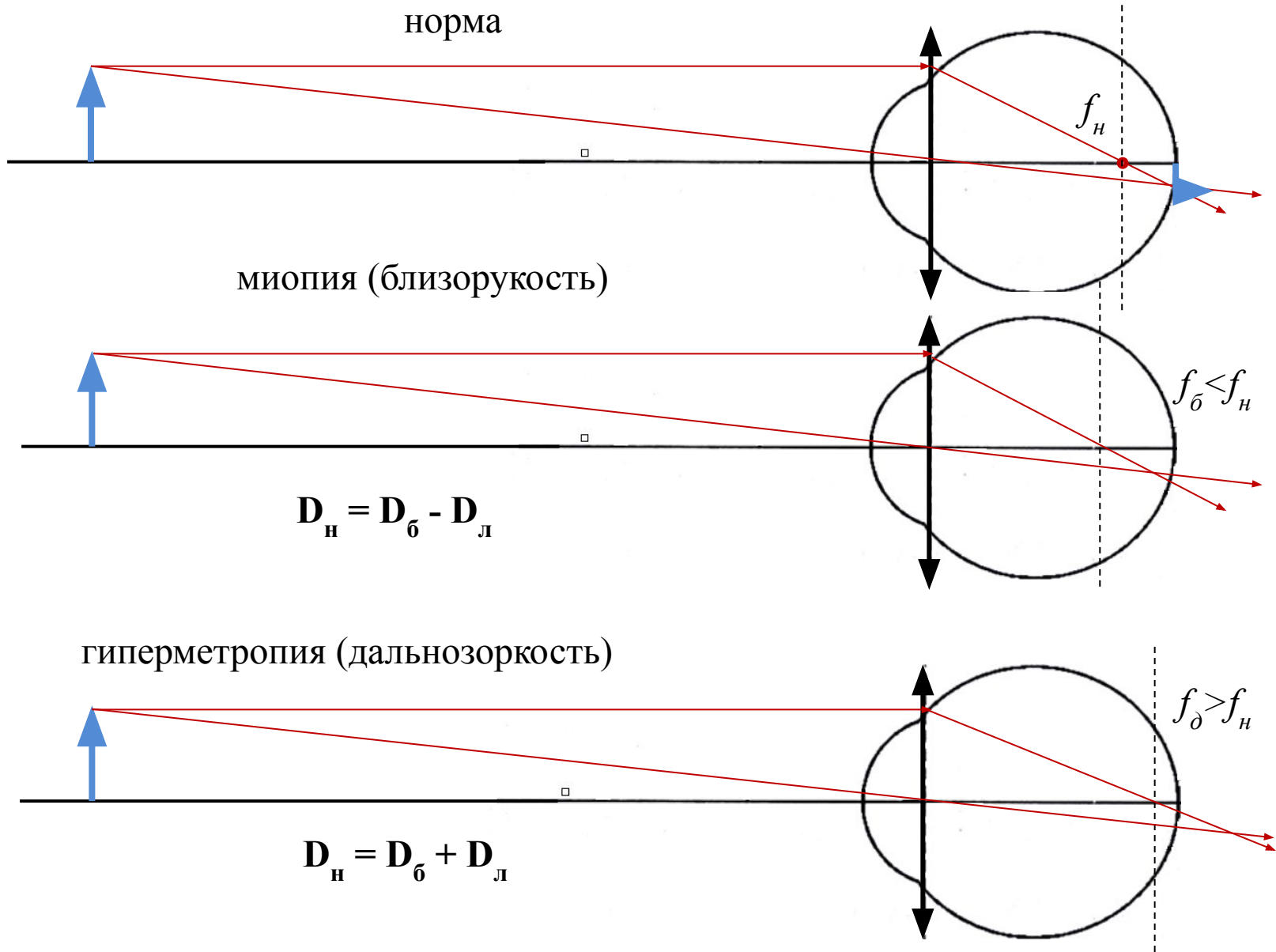
Физиологическая рефракция – суммарная оптическая система глаза в условиях

покоя аккомодации, когда глаз «настроен» на далекие предметы

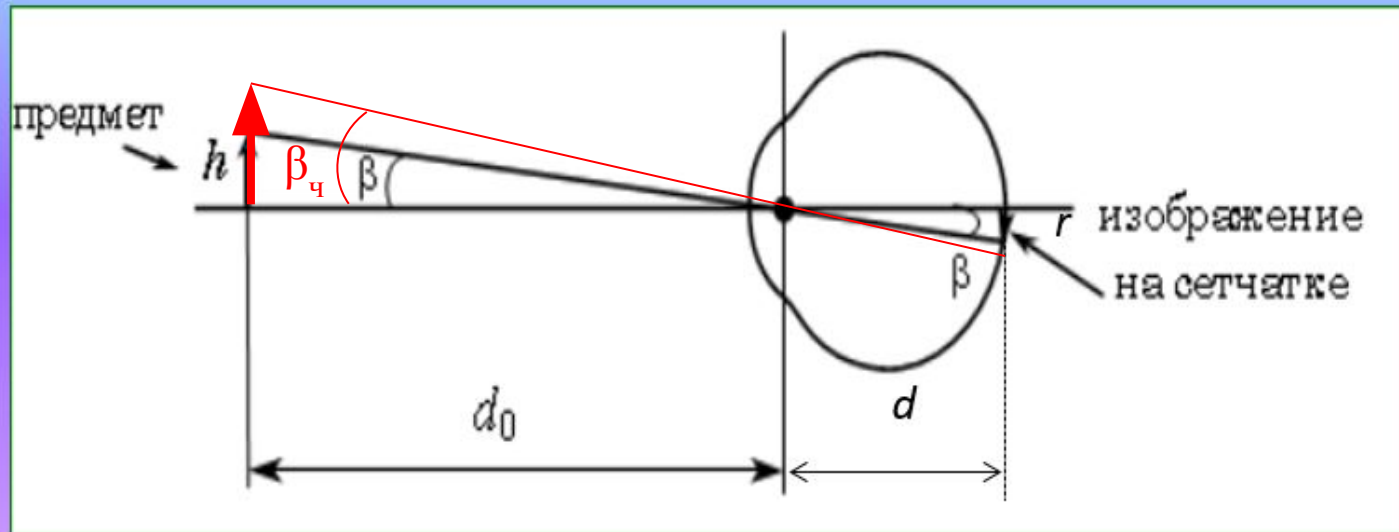
Дальняя точка – точка, которую видит глаз при совершенно расслабленной ресничной мышце и максимальном радиусе кривизне хрусталика

Ближняя точка ясного зрения - точка, видимая резко при максимальном напряжении ресничной мышцы и минимальном радиусе кривизне хрусталика

Расстояние наилучшего зрения – расстояние при котором глаз дает резкое изображение предметов без чрезмерного напряжения аккомодации (25 см)



Углом зрения называют угол между двумя лучами из крайних точек предмета, Пересекающихся в оптическом центре глаза.



h – размер предмета

r – размер изображения

d – расстояние от изображения до оптического центра глаза

β - угол зрения

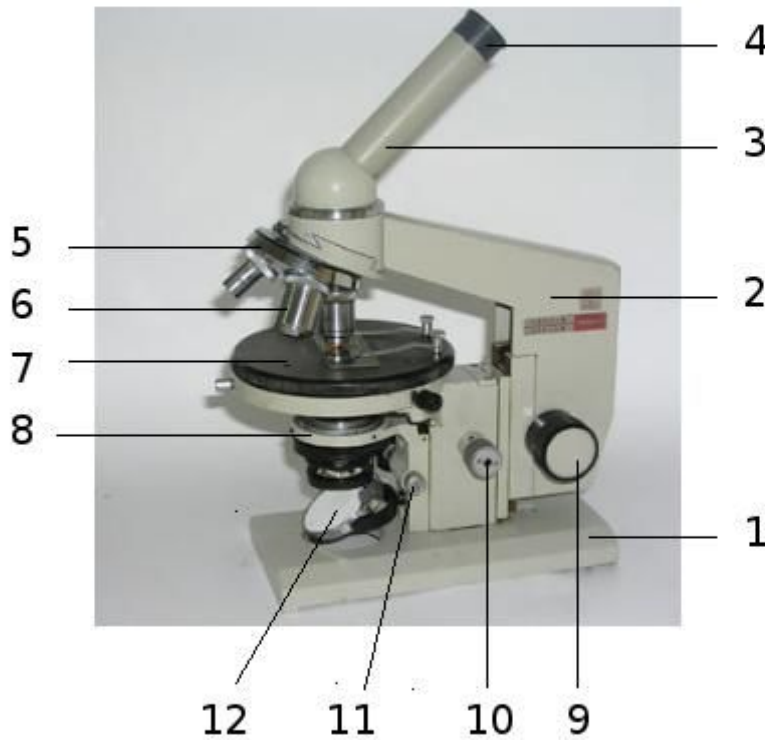
d_0 - расстояние от предмета до оптического центра глаза

β_0 - минимальный угол зрения, под которым с расстояния наилучшего зрения человек различает предмет – предельный угол зрения или предел разрешения

β ($\beta_0=1'$)

$$V = \frac{\beta_ч}{\beta_0} - \text{острота зрения}$$

Устройство светового микроскопа



1. Основание микроскопа
2. Тубусдержатель
3. Тубус
4. Окуляр (чаще $\times 7$)
5. Револьвер микроскопа
6. Объективы
 - а) сухие: $\times 8$, $\times 20$, $\times 40$
 - б) иммерсионный $\times 90$
7. Предметный столик
8. Конденсор
9. Макрометрический винт
10. Микрометрический винт
11. Винт конденсора
12. Зеркало

Общее увеличение микроскопа = увеличение объектива \times увеличение окуляра

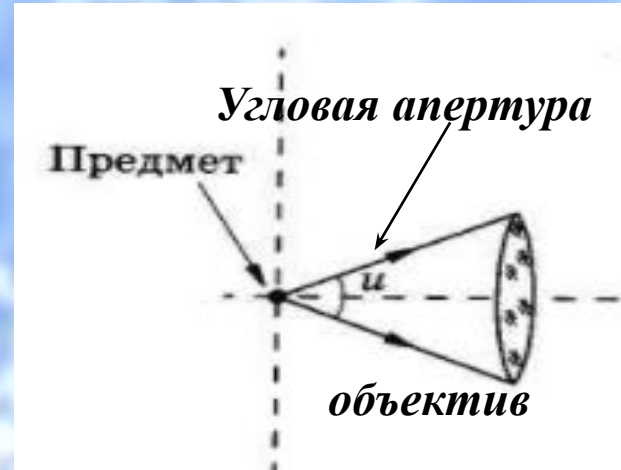
$$\Gamma = V_{\text{ок}} \times \Gamma_{\text{об}} = \frac{S}{f_{\text{об}}} \times \frac{L}{f_{\text{ок}}}$$

Предел разрешения и разрешающая способность микроскопа

предел разрешения микроскопа:

$$\delta = \frac{0,5\lambda}{A} = \frac{0,5\lambda}{n \sin(u/2)}$$

A – числовая апертура микроскопа

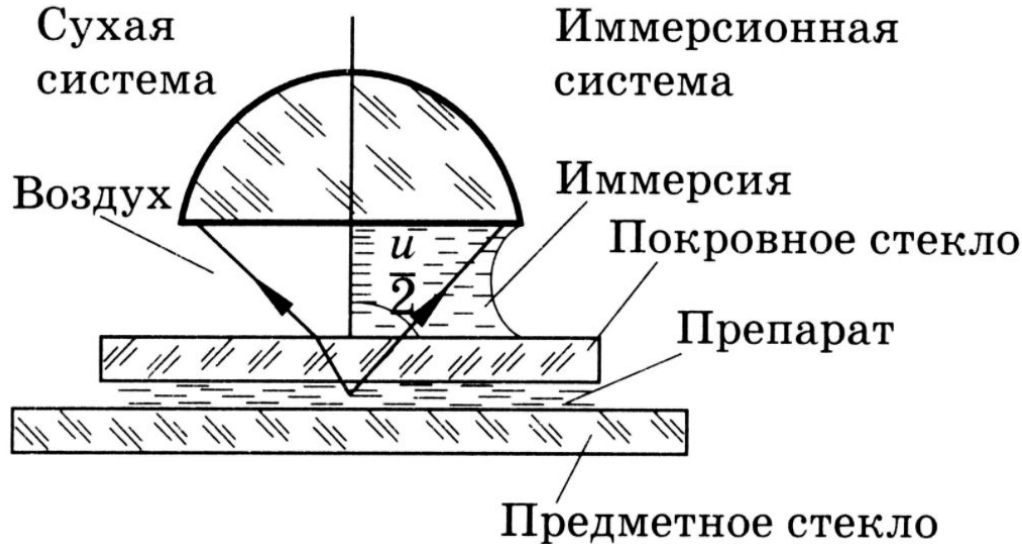


Качество изображения определяется **пределом разрешения микроскопа** (δ) - минимальное расстояние, на котором оптика микроскопа может различить раздельно две близко расположенные точки.

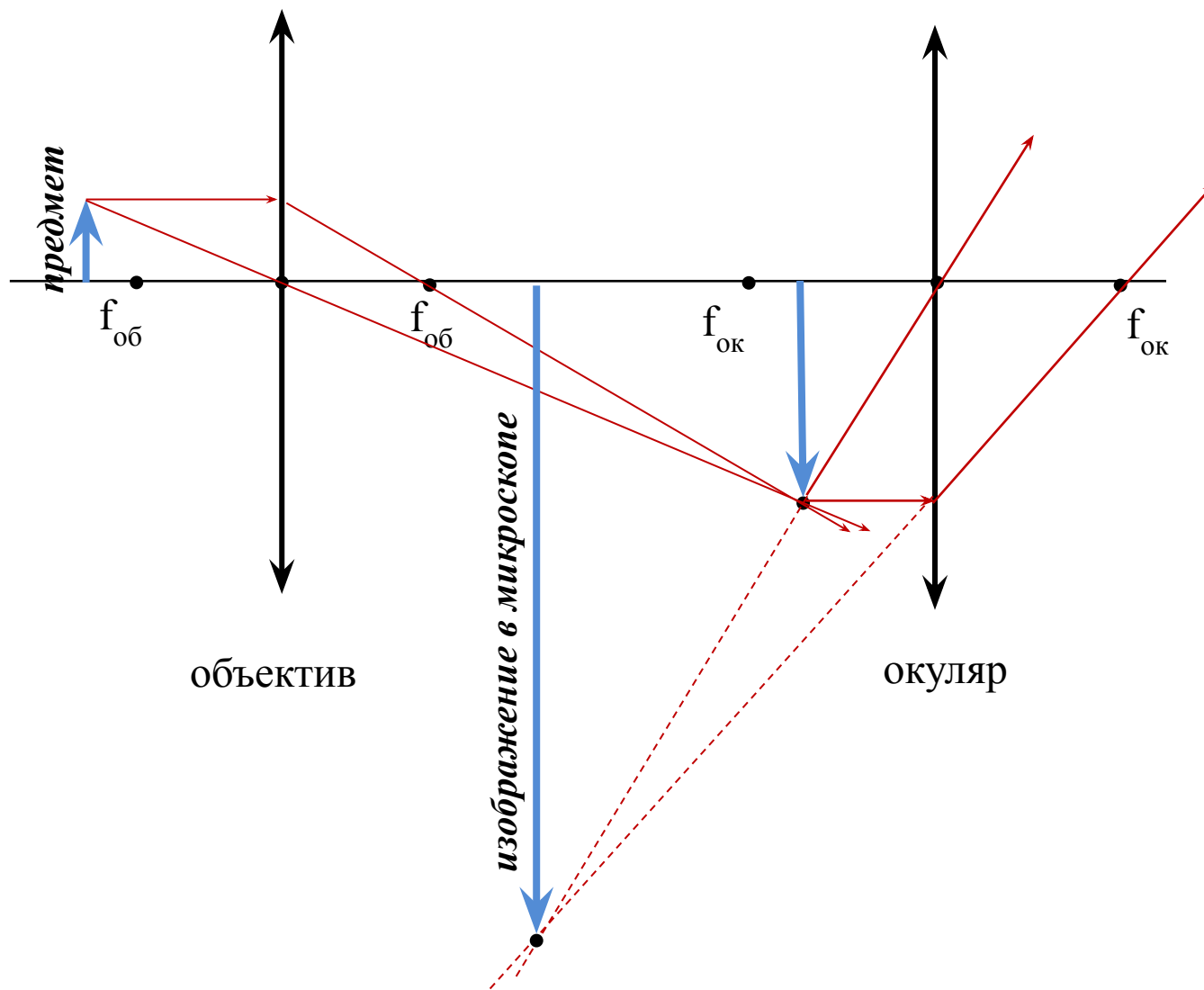
Угловая апертура объектива - это максимальный угол (АОВ), под которым могут попадать в объектив лучи, прошедшие через препарат.

Пути повышения разрешающей способности микроскопа

- 1) Выбор большого угла светового конуса, как со стороны объектива, так и со стороны источника освещения. Благодаря этому, возможно, собрать в объективе более преломленные лучи света от очень тонких структур.
- 2) Использование иммерсионной жидкости между фронтальной линзой объектива и покровным стеклом. Так мы воздействуем на показатель преломления среды n . Его оптимальное значение, рекомендуемое для иммерсионных жидкостей, составляет 1.51.
- 3) Уменьшение длины волны освещающего объект света (например фотографирование в УФ лучах)



Ход лучей в микроскопе



**Перечень тем на экзамен по дисциплине
«медицинская и биологическая физика» для специальности лечебное дело.**

Геометрическая оптика

- 1) Абсолютный показатель преломления среды. Относительный показатель преломления двух сред. Абсолютный показатель преломления воздуха.
- 2) Угол падения света на границу раздела двух сред. Угол отражения. Угол преломления.
- 3) Законы геометрической оптики (закон отражения, закон преломления)
- 4) Явление полного внутреннего отражения. Необходимые условия для полного внутреннего отражения. Предельный угол полного внутреннего отражения.
- 5) Устройство и принцип работы рефрактометра. Определение показателя преломление жидкости с помощью рефрактометра.
- 6) Линзы. Виды линз. Тонкая линза.
- 7) Характеристики тонкой линзы: радиус кривизны поверхности, фокус, фокусное расстояние, оптическая сила (и связь между ними), оптический центр, главная оптическая плоскость, главная оптическая ось, фокальная плоскость.
- 8) Ход лучей в собирающей и рассеивающей линзе. Построение изображения в тонкой линзе.
- 9) Формула тонкой линзы. Увеличение линзы.
- 0) Аберрации оптических систем: астигматизм, сферическая, хроматическая, дисторсия.
- 1) Оптическая система глаза. Приведенный глаз. Расстояние наилучшего зрения. Ближняя точка. Дальняя точка ясного видения.
- 2) Угол зрения. Предел разрешения. Острота зрения.
- 3) Недостатки оптической системы глаза (близорукость и дальнозоркость) и их устранение. Построение изображения в нормальном глазе, при близорукости и дальнозоркости
- 4) Оптическая система и устройство биологического микроскопа. Построение изображения в микроскопе.
- 5) Увеличение окуляра. Увеличение объектива. Увеличение микроскопа.
- 6) Предел разрешения (определение и формула) и разрешающая способность микроскопа. Угловая и числовая апертура. Способы уменьшения предела разрешения. Иммерсия.