

Фотоаппарат.  
Зрительные трубы.  
Телескоп.  
Глаз. Очки.

Подстречная Н.А.  
МБОУ «СОШ№11»  
Г. Бологое

Оптическими приборами называются устройства, предназначенные для получения на экранах, светочувствительных пластинках, фотопленках и в глазу изображений различных объектов. Обычно оптические приборы дают плоское (двумерное) изображение трехмерных пространственных объектов.

**Оптическими приборами например являются:**

**фотоаппарат и проекционный аппарат, глаз, очки, лупа и микроскоп, зрительные трубы (включая телескопы).**

Действие многих оптических приборов может быть схематически уподоблено действию тонких линз. Однако тонкая линза дает хорошее изображение только в том сравнительно редком случае, когда можно ограничиться узким одноцветным пучком, идущим от источника вдоль главной оптической оси или под небольшим углом к ней. В большинстве же практических задач, где эти условия не выполняются, изображение, даваемое тонкой линзой, довольно несовершенно. Поэтому в большинстве случаев прибегают к построению более **сложных оптических приборов**, имеющих большое число преломляющих поверхностей и не ограниченных требованием близости этих поверхностей (требованием, которому удовлетворяет тонкая линза).



Простейшим прибором для визуальных наблюдений является лупа. Лупой называют собирающую линзу с малым фокусным расстоянием ( $F < 10$  см). Лупу располагают близко к глазу, а рассматриваемый предмет – в ее фокальной плоскости. Предмет виден через лупу под углом

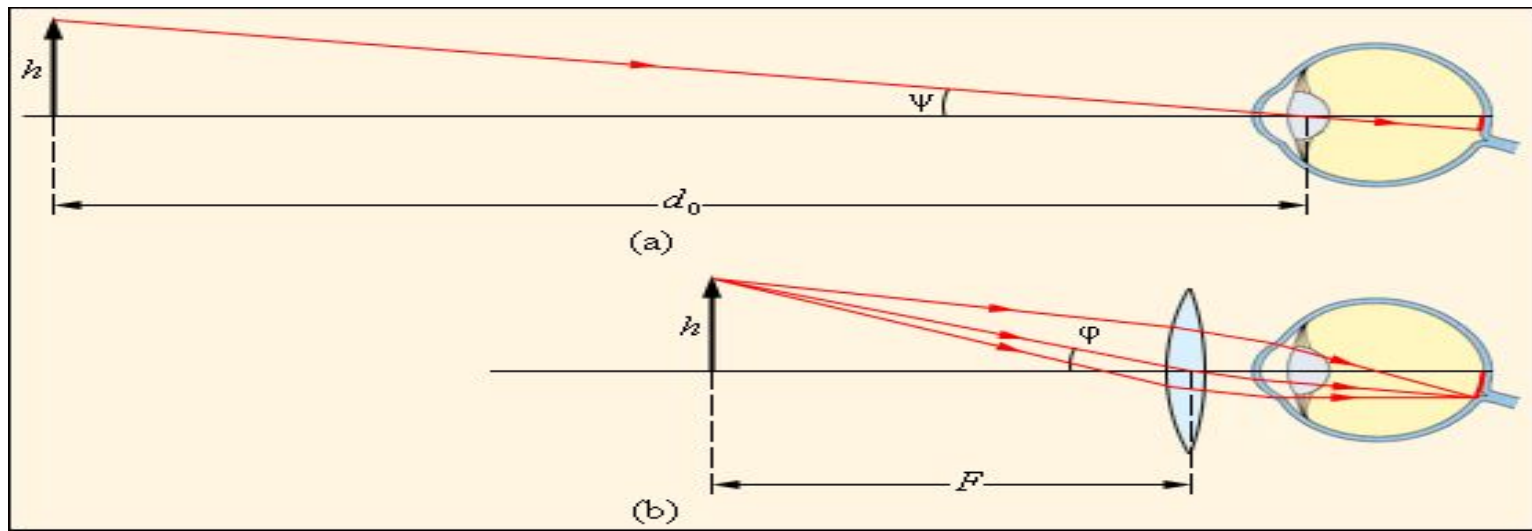
$$\varphi = \frac{h}{F},$$

где  $h$  – размер предмета. При рассматривании этого же предмета невооруженным глазом его следует расположить на расстоянии  $d_0 = 25$  см наилучшего зрения нормального глаза. Предмет будет виден под углом

$$\psi = \frac{h}{d_0}.$$

Отсюда следует, что угловое увеличение лупы равно

$$\gamma = \frac{\varphi}{\psi} = \frac{d_0}{F}.$$

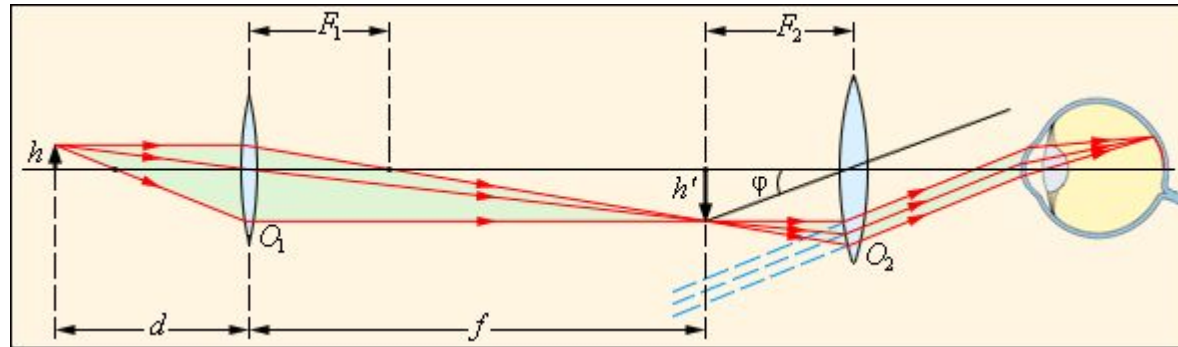




Микроскоп применяют для получения больших увеличений при наблюдении мелких предметов. Увеличенное изображение предмета в микроскопе получается с помощью оптической системы, состоящей из двух короткофокусных линз – объектива  $O_1$  и окуляра  $O_2$ .

Объектив даст действительное перевернутое увеличенное изображение предмета. Это промежуточное изображение рассматривается глазом через окуляр, действие которого аналогично действию лупы.

Окуляр располагают так, чтобы промежуточное изображение находилось в его фокальной плоскости; в этом случае лучи от каждой точки предмета распространяются после окуляра параллельным пучком.



Мнимое изображение предмета, рассматриваемое через окуляр, всегда перевернуто. Если же это оказывается неудобным (например, при прочтении мелкого шрифта), можно перевернуть сам предмет перед объективом. Поэтому угловое увеличение микроскопа принято считать положительной величиной.

Как следует из рис. угол зрения предмета, рассматриваемого через окуляр в приближении малых углов,

$$\varphi = \frac{h'}{F_2} = \frac{f \cdot h}{d \cdot F_2}$$

В результате формула для углового увеличения микроскопа приобретает вид

$$\gamma = \frac{\varphi}{\psi} = \frac{l \cdot d_0}{F_1 \cdot F_2}$$

$l$  – расстояние между объективом и окуляром микроскопа («длина тубуса»)

Приблизительно можно положить  $d = F_1$  и  $f = l$

Хороший микроскоп может давать увеличение в несколько сотен раз. При больших увеличениях начинают проявляться дифракционные явления





Обсерватория  
Чили



Обсерватория Берлина

Обсерватория Венского  
университета

# Разнообразие телескопов



Радиотелескопы



Космические телескопы

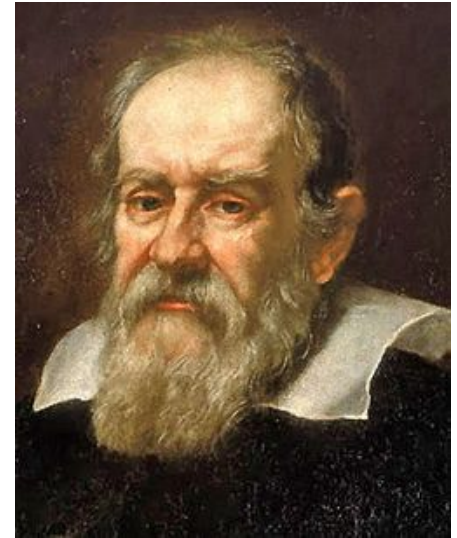
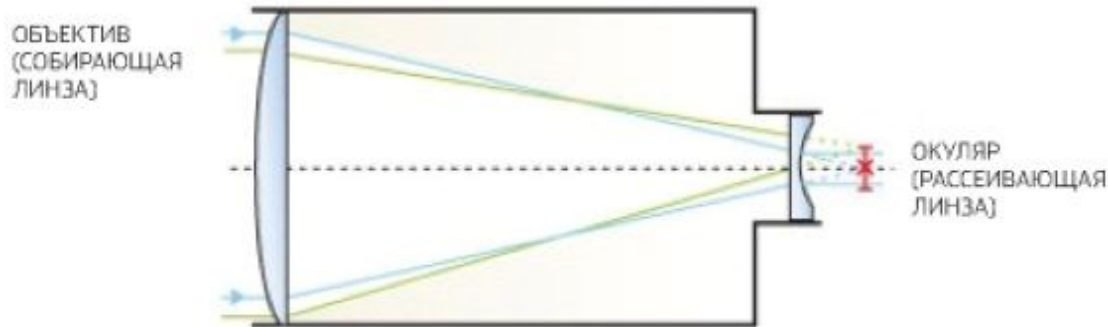


Телескоп -  
рефлектор



# Телескоп Галилея

Галилей в 1609 году конструирует собственноручно первый телескоп.

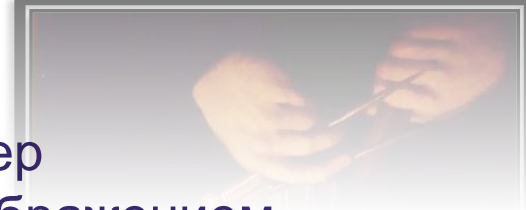
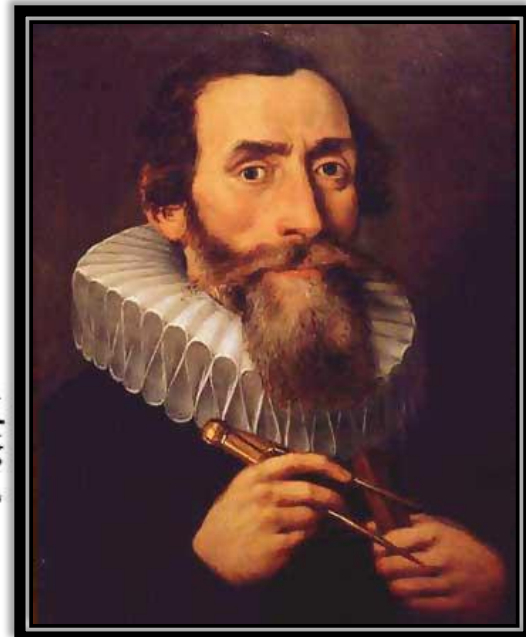
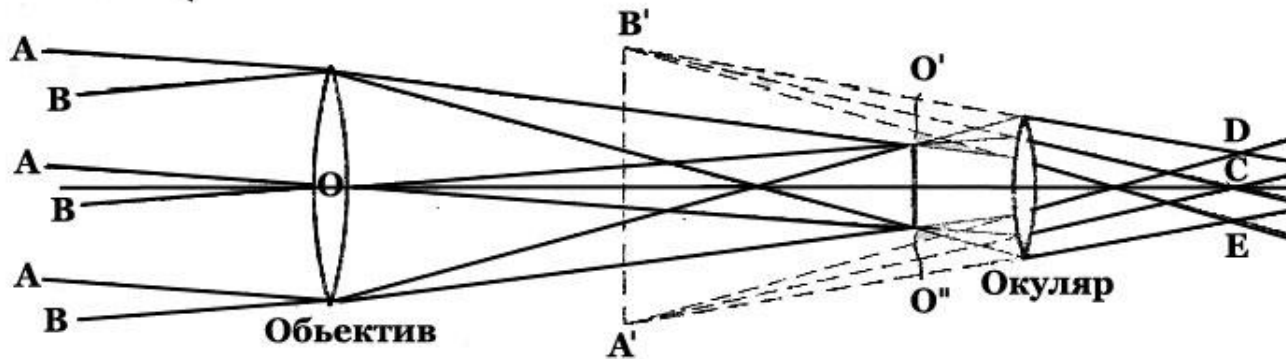


Лучи, идущие от предмета, проходят через собирающую линзу и становятся сходящимися. Затем они попадают на рассеивающую линзу и становятся расходящимися. Они дают **мнимое, прямое, увеличенное** изображение предмета. С помощью своей трубы с 30-кратным увеличением Галилей сделал ряд астрономических открытий: Обнаружил горы на Луне, пятна на Солнце, открыл четыре спутника Юпитера, фазы Венеры, установил, что Млечный Путь состоит из множества звезд.

В наше время в основном применяются в театральных биноклях.



# Кеплеровы телескопы



Кеплер и Декарт развили теорию оптики , и Кеплер предложил схему телескопа с перевернутым изображением , но значительно большим полем зрения и увеличением, чем у Галилея. Эта конструкция достаточно быстро вытеснила прежнюю и стала стандартом для астрономических телескопов.

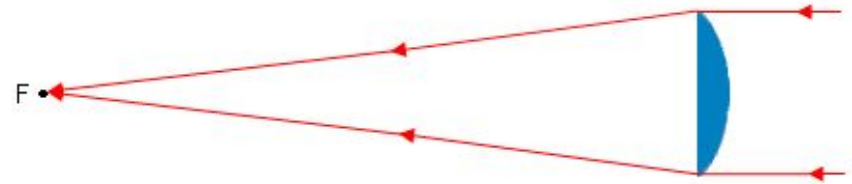
# Телескоп – рефрактор

## (ЛИНЗОВЫЙ)

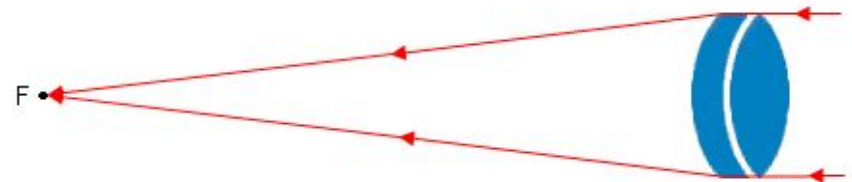
- **Телескоп-рефрактор** содержит два основных узла: линзовый объектив и окуляр. Объектив создаёт действительное уменьшенное обратное изображение бесконечно удалённого предмета в фокальной плоскости. Это изображение рассматривается в окуляр как в лупу. В силу того, что каждая отдельно взятая линза обладает различными аберрациями (ошибка или погрешность изображения в оптической системе, вызываемая отклонением луча от того направления, по которому он должен был бы идти в идеальной оптической системе.), обычно используются сложные ахроматические и апохроматические объективы. Такие объективы представляют собой выпуклые и вогнутые линзы, составленные и склеенные с тем, чтобы

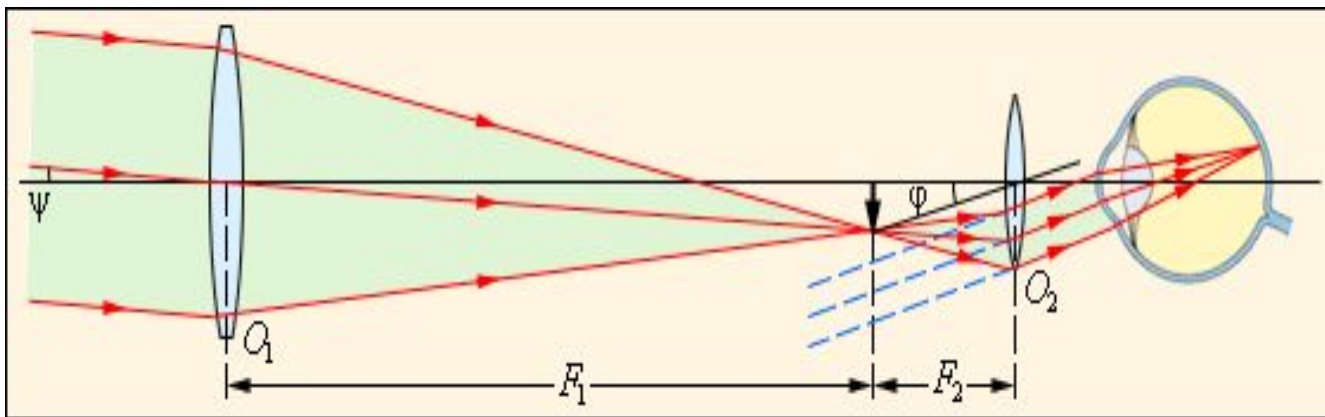


Простейший объектив-рефрактор



Объектив-рефрактор ахроматический





На рис. изображен ход лучей в астрономическом телескопе. Предполагается, что глаз наблюдателя аккомодирован на бесконечность, поэтому лучи от каждой точки удаленного предмета выходят из окуляра параллельным пучком. Такой ход лучей называется **телескопическим**.

В астрономической трубе телескопический ход лучей достигается при условии, что расстояние между объективом и окуляром равно сумме их фокусных расстояний  $F = F_1 + F_2$ .

Зрительная труба (телескоп) принято характеризовать **угловым увеличением**  $\gamma$ . В отличие от микроскопа, предметы, наблюдаемые в телескоп, всегда удалены от наблюдателя. Если удаленный предмет виден невооруженным глазом под углом  $\phi$ , а при наблюдении через телескоп под углом  $\Psi$ , то угловым увеличением называют отношение

$$\gamma = \frac{\Psi}{\phi}.$$

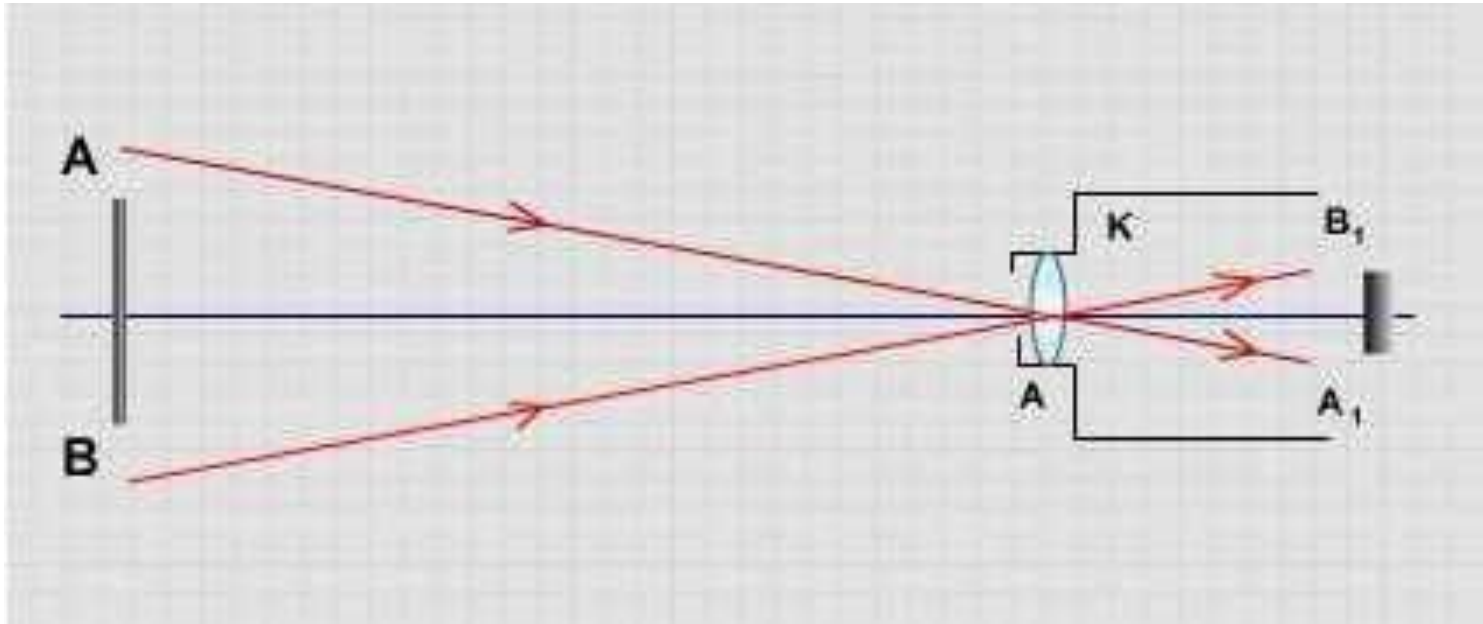
Угловому увеличению  $\gamma$ , как и линейному увеличению, можно приписать знаки плюс или минус в зависимости от того, является изображение прямым или перевернутым. Угловое увеличение астрономической трубы Кеплера отрицательно, а земной трубы Галилея положительно.

Угловое увеличение зрительных труб выражается через фокусные расстояния:

$$\gamma = \frac{F_1}{F_2}.$$

В качестве объектива в больших астрономических телескопах применяются не линзы, а сферические зеркала. Такие телескопы называются **рефлекторами**. Хорошее зеркало проще изготовить, кроме того, зеркала в отличие от линз не обладают хроматической аберрацией.

У нас в стране построен самый большой в мире телескоп с диаметром зеркала 6 м. Следует иметь в виду, что большие астрономические телескопы предназначены не только для того, чтобы увеличивать угловые расстояния между наблюдаемыми космическими объектами, но и для увеличения потока световой энергии от слабосветящихся объектов.



Оптический прибор, предназначенный для получения фотографических снимков находящихся перед ним предметов, называют фотографическим аппаратом.

Он состоит из светопроницаемой камеры (К) с подвижной передней стенкой, в которой находится объектив (О).

При фотографировании предмета АВ сначала с помощью перемещения объектива на задней стенке аппарата получают резкое изображение предмета  $A_1B_1$ . Затем объектив закрывается и на задней стенке фотоаппарата помещается пластинка или пленка (П), покрытая светочувствительным слоем. Затем объектив открывается на определенное время, называемое выдержкой.

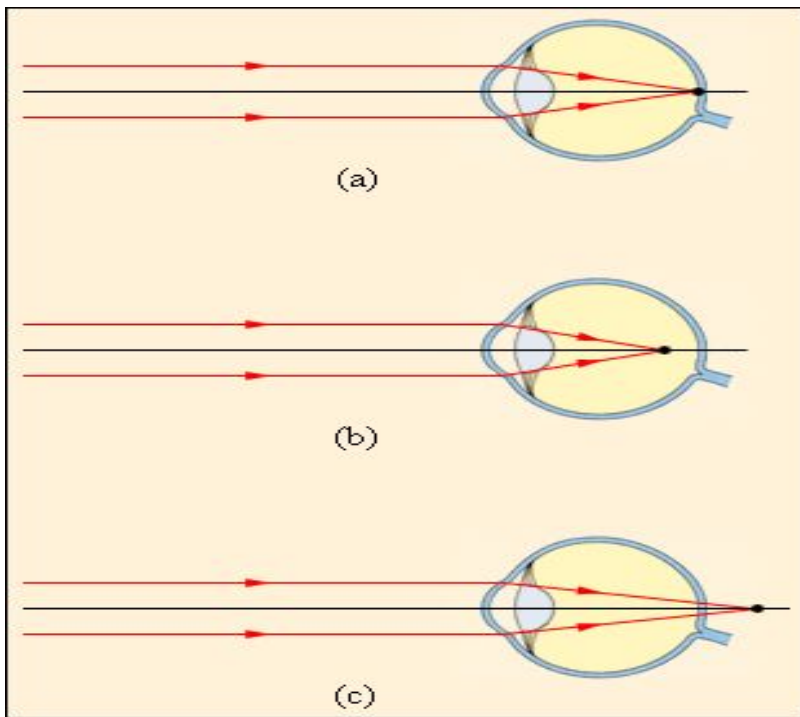
Органом зрения человека являются **глаза**, которые во многих отношениях представляют собой весьма совершенную оптическую систему.

В целом глаз человека – это шарообразное тело диаметром около 2,5 см, которое называют глазным яблоком. Непрозрачную и прочную внешнюю оболочку глаза называют склерой, а ее прозрачную и более выпуклую переднюю часть – роговицей. В радужной оболочке имеется круглое отверстие, называемое зрачком, диаметр которого может изменяться. Таким образом, **радужная оболочка играет роль диафрагмы**, регулирующей доступ света в глаз. Внутри глазного яблока за радужной оболочкой расположен **хрусталик**, который представляет собой **двояковыпуклую линзу** из прозрачного вещества с показателем преломления около **1,4**. Изображение предметов на сетчатке глаза получается **перевернутое**. Однако деятельность мозга, получающего сигналы от светочувствительного нерва, позволяет нам видеть все предметы в натуральных положениях.

Способность оптической системы глаза создавать отчетливые изображения предметов, находящихся на различных расстояниях от него, называют **аккомодацией** (от латин. «accommodatio» - приспособление). При рассматривании очень далеких предметов в глаз попадают параллельные лучи. В этом случае говорят, что глаз аккомодирован на бесконечность.

Аккомодация глаза не бесконечна. С помощью кольцевой мышцы оптическая сила глаза может увеличиваться не больше чем на **12 диоптрий**.

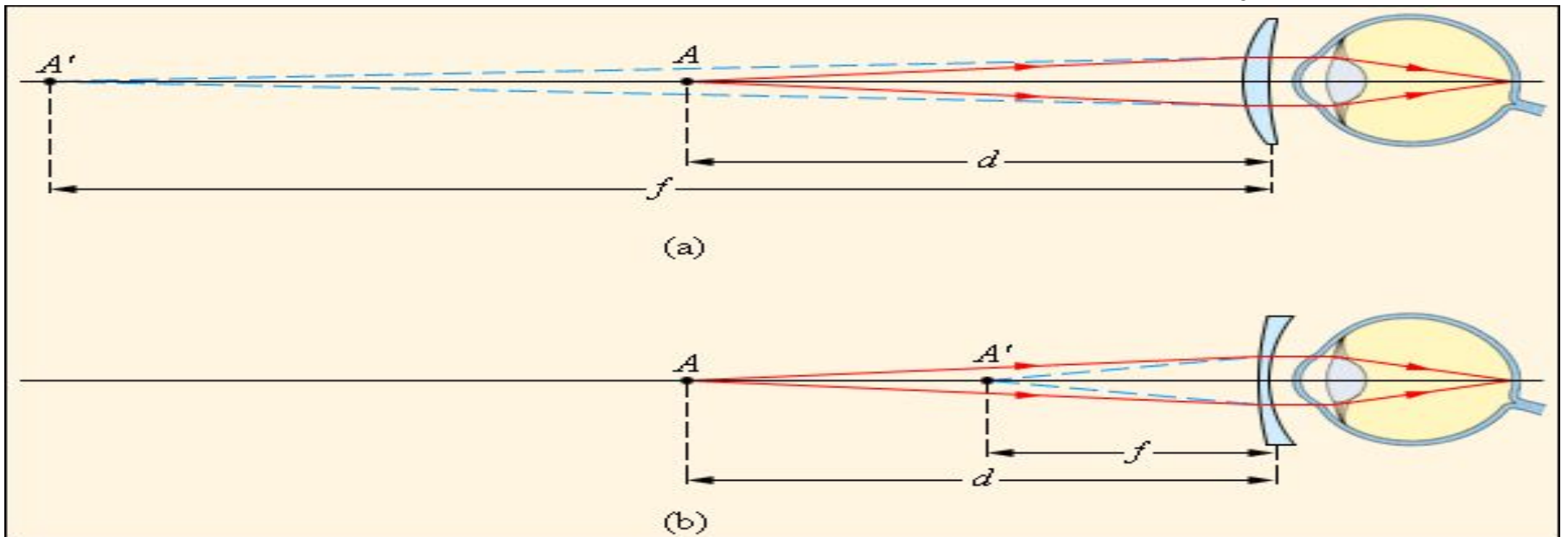
Сведение зрительных осей глаз на определенной точке называется **конвергенцией**. Когда предметы расположены на значительном расстоянии от человека, то при переводе взгляда с одного предмета на другой между осями глаз практически не изменяется, и человек теряет способность правильно определять положение предмета.



Изображение удаленного предмета в глазе: а – нормальный глаз; б – близорукий глаз; с – дальнозоркий глаз.

Предмет А располагается на расстоянии  $d = d_0 = 25$  см наилучшего зрения нормального глаза. Мнимое изображение  $A'$  располагается на расстоянии  $f$ , равном расстоянию наилучшего зрения данного глаза.

Подбор очков для чтения для дальнозоркого (а) и близорукого (б) глаза.



## **Другие дефекты глаза.**

Все недостатки, присущие оптическим системам, характерны и для глаза. Например, дифракция ограничивает разрешающую способность глаза (остроту зрения): нельзя увидеть отдельно две точки, если они расположены под углом, меньшим  $1'$ .

Хроматическая aberrация также присуща глазу. Однако из-за чувствительности сетчатки глаза к очень небольшой части электромагнитного спектра, а также из-за того, что показатель преломления хрусталика возрастает к его центру, эта aberrация ослаблена. По этой же причине ослаблена и сферическая aberrация, тем более, что зрачок пропускает весьма узкий пучок.

Очевидно, что на сетчатке возникает перевернутое изображение всех предметов. Но мозг, перерабатывая полученную зрительную информацию и сопоставляя ее с опытом, воспринимает предметы правильно.

## **Бинокулярное зрение.**

Рассматривая предмет двумя глазами, мы получаем на сетчатке каждого из них несколько различные изображения. В то же время мы воспринимаем один предмет, но видим его стереоскопически, т. е. объемно. Представление о глубине пространства возникает благодаря тому, что, направляя оба глаза на один объект, мы усилием глазных мышц поворачиваем их так, чтобы их оптические оси пересекались на предмете. Угол  $\alpha$  между осями называется *углом конвергенции*. Расстояние между глазами (база) равно  $b = 5$  см, а расстояние до предмета  $d > 25$  см. Следовательно, угол

конвергенции  $\alpha = b/d$  меняется от нуля (дальняя точка) до  $10^\circ$  (ближняя точка).

Одновременные и произвольные аккомодация и конвергенция позволяют оценить глубину пространства и расстояние до предметов значительно лучше, чем при зрении одним глазом. Увеличивая искусственно базу с помощью биноклей или стереотруб, можно оценить расстояние до удаленных предметов точнее, чем невооруженным глазом.





§ 1.23, упр.4 (7-10)

§ 1.24-1.27, упр.4 (20-23)