### Глаз как оптическая система.

Глаз человека имеет приблизительно шарообразную форму; диаметр его (в среднем) 2,5 см (рис. 1); глаз ок­ружен снаружи тремя оболоч­ками.

Внешняя твердая и прочная оболочка /, называемая *скле­рой* или *белковой оболочкой,* за­щищает внутренность глаза от механических повреждений. Склера на передней части гла­за прозрачна и называется *рого­вой оболочкой* или *роговицей 2;* на всей остальной части глаза она непрозрачна, имеет белый цвет и называется *белком.*

С внутренней стороны к скле­ре прилегает сосудистая *оболочка 3,* состоящая из сложного сплете­ния кровеносных сосудов, пита­ющих глаз. Эта вторая оболочка в передней части глаза переходит в *радужную оболочку,* окрашен­ную у разных людей в различный цвет. Радужная оболоч­ка имеет в середине отверстие, называющееся *зрачком 4.* Радужная оболочка способна деформироваться и таким образом менять диаметр зрачка. Изменение это происходит рефлекторно (без участия сознания) в зависимости от ко­личества света, попадающего в глаз; при ярком освещении диаметр зрачка равен 2 мм, при слабом освещении доходит до 8 мм.

На внутренней поверхности сосудистой оболочки распо­ложена *сетчатая оболочка,* или *сетчатка 6.* Она покрывает все дно глаза, кроме его передней части. Сзади через обо­лочку входит *зрительный нерв 7,* соединяющий глаз с мозгом. Сетчатка состоит в основном из разветвлений воло­кон зрительного нерва и их окончаний и образует ***свето­чувствительную поверхность глаза.***

Рисунок 1. Схематический раз­рез глаза человека. *1 —* бел­ковая оболочка, 2 —роговая оболочка, *3 —* сосудистая обо­лочка, *4 —* зрачок, 5 — хру­сталик, *6 —* сетчатая оболоч­ка, 7 — нерв, *8 —* стекловид­ное тело, *9 —* передняя ка­мера

Промежуток между роговой и радужной оболочками на­зывается *передней камерой 9;* он заполнен ***камерной влагой***. Внутри глаза, непосредственно за зрачком, рас­положен *хрусталик 5,* представляющий собой прозрачное упругое тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы. Кри­визна поверхностей хрусталика может меняться в резуль­тате действия облегающей его со всех сторон мышцы. По­средством изменения кривизны поверхностей хрусталика достигается приведение изображения предметов, лежащих на различных расстояниях, точно на поверхность чувстви­тельного слоя сетчатки; этот процесс называется *аккомода­цией.* Вся полость глаза за хрусталиком заполнена прозрач­ной студенистой жидкостью, образующей *стекловидное тело 8.*

По своему устройству глаз как оптическая система схо­ден с фотоаппаратом. Роль объектива выполняет хрусталик совместно с преломляющей средой передней камеры и сте­кловидного тела. Изображение получается на светочувст­вительной поверхности сетчатки. Наводка на резкость изображения осуществляется путем аккомодации. Наконец, зрачок играет роль изменяющейся по диаметру диафрагмы. Способность глаза к аккомодации обеспечивает возмож­ность получения на сетчатке резких изображений предме­тов, находящихся на различных расстояниях. Нормальный глаз в спокойном состоянии, т. е. без какого-либо усилия аккомодации, дает на сетчатке отчетливое изображение уда­ленных предметов (например, звезд). С помощью мышечного усилия, увеличивающего кривизну хрусталика и, следова­тельно, уменьшающего его фокусное расстояние, глаз осу­ществляет наводку на нужное расстояние. ***Наимень­шее расстояние***, на котором нормальный глаз мо­жет отчетливо видеть предметы, меняется в зависимости от возраста от 10 см (возраст до 20 лет) до 22 см (возраст около 40 лет). В более пожилом возрасте способность глаза к аккомодации еще уменьшается: наименьшее расстояние доходит до 30 см и более — возрастная *дальнозоркость.*

Далеко не у всех людей глаз является ***нормальным***. Нередко задний фокус глаза в спокойном состоянии находит­ся не на самой сетчатке (как у нормального глаза), а с той или другой стороны от нее. Если фокус глаза в спокойном состоянии лежит внутри глаза ***перед сетчаткой*** (рис. 2, *а*), то глаз называется *близоруким.* Такой глаз не может отчетливо видеть отдаленные предметы, так как на­пряжение мышц при аккомодации еще сильнее отдаляет фокус от сетчатки. Для исправления близорукости глаза должны быть снабжены очками с рассеивающими линзами (рис. 2, *б).*

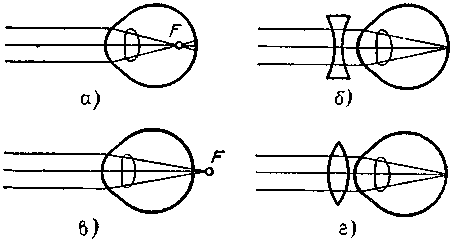


Рис. 2. Близорукость глаза *(а)* исправляется с помощью рассеиваю­щей линзы (б); дальнозоркость *(в) —* с помощью собирающей лин­зы (г)

В дальнозорком глазе фокус при спокойном состоянии глаза находится ***за сетчаткой*** (рис. 2, *в).* Дально­зоркий глаз преломляет слабее нормального. Для того что­бы видеть даже весьма удаленные предметы, дальнозоркий глаз должен делать усилие; для видения близко лежащих предметов аккомодационная способность глаза уже недо­статочна. Поэтому для исправления дальнозоркости упо­требляются очки с собирающими линзами (рис. 2, *г*), приводящие фокус глаза в спокойном состоянии на сетчатку.

### Оптические приборы, вооружающие глаз.

Хотя глаз и не представляет собой тонкую линзу, в нем можно все же найти точку, через которую лучи проходят практически без преломления, т. е. точку, играющую роль ***оптиче­ского центра***. Оптический центр глаза находится внутри хрусталика вблизи задней поверх­ности его. Расстояние *h* от оптического центра до сетчатой оболочки, называемое *глубиной глаза,* составляет для нор­мального глаза 15 мм.

Зная положение оптического центра, можно легко пост­роить изображение какого-либо предмета на сетчатой обо­лочке глаза. Изображение всегда ***действительное, уменьшенное и обратное*** (рис. 3, *а).* Угол φ, под которым виден предмет *S1S2* из оптического центра глаза О, называется *углом зрения.*

Сетчатая оболочка имеет сложное строение и состоит из ***отдельных*** светочувствительных элементов. Поэтому две точки объекта, расположенные настолько близко друг к другу, что их изображения на сетчатке попадают на один и тот же элемент, воспринимаются глазом как одна точка. Минимальный угол зрения, под которым две светящиеся точки или две черные точки на белом фоне воспринимаются глазом еще раздельно, составляет приблизительно одну ми­нуту.

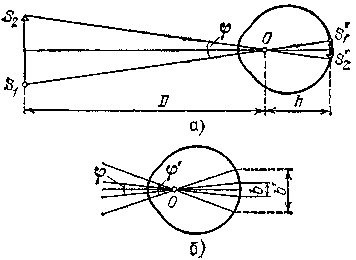


Рис. 3. а) Угол зрения *(φ=S'1S'2/h=S1S2,/D; б)* при увеличении угла зрения увеличивается изображение рассматриваемого предмета на сет­чатке; N=b'/b=φ'/φ

*Глаз плохо распознает детали предмета, которые он видит под углом менее* 1'. Это — угол, под которым виден отрезок, длина которого 1 см на расстоянии 34 м от глаза. При плохом освещении (в сумерках) минимальный угол раз­решения повышается и может дойти до 1°.

Приближая предмет к глазу, мы увеличиваем угол зре­ния и, следовательно, получаем возможность лучше разли­чать мелкие детали. Однако очень близко к глазу прибли­зить предмет мы не можем, так как способность глаза к ак­комодации ограничена. Для нормального глаза наиболее благоприятным для рассматривания предмета оказывается расстояние около 25 см, при котором глаз достаточно хорошо различает детали без чрезмерного утомления. Это расстояние называется *расстоянием наилучшего зрения.* Для близору­кого глаза это расстояние несколько меньше. Поэтому близо­рукие люди, помещая рассматриваемый предмет ближе к глазу, чем люди с нормальным зрением или дальнозоркие, видят его под большим углом зрения и могут лучше раз­личать мелкие детали.

Значительное ***увеличение угла зрения*** до­стигается с помощью оптических приборов. По своему наз­начению оптические приборы, вооружающие глаз, можно разбить на следующие две большие группы.

1. Приборы, служащие для рассматривания ***очень мелких предметов*** (лупа, микроскоп). Эти при­боры как бы «увеличивают» рассматриваемые предметы.

2. Приборы, предназначенные для рассматривания ***удаленных объектов*** (зрительная труба, би­нокль, телескоп и т. п.). Эти приборы как бы «приближают» рассматриваемые предметы.

Благодаря увеличению угла зрения при использовании оптического прибора размер изображения предмета на сетчатке увеличивается по сравнению с изображением в не­вооруженном глазе и, следовательно, возрастает способ­ность распознавания деталей. Отношение длины изображе­ния на сетчатке в случае вооруженного глаза *b' к* длине изображения для невооруженного глаза *b* (рис. 3, *б)* называется *увеличением оптического прибора.*