

Физика 8. Глаз как оптическая система. Астигматизм, дисторсия. Хроматические аберрации.

Глаз можно рассматривать как **многолинзовую оптическую систему**, у которой есть преломляющие поверхности и биологические особенности.

Основные элементы

- **Роговица** — даёт около 70 % всей оптической силы.
Преломляющая сила ≈ 43 **диоптрии** (среднее значение; 1 диоптрия = 1/м).
- **Хрусталик** — изменяет кривизну (аккомодация).
Преломляющая сила $\approx 19\text{--}22$ **диоптрии** в расслабленном состоянии.
- **Жидкости глаза** (влага передней камеры, стекловидное тело) также влияют на общее преломление.
- **Сетчатка** — экран, на который должна попасть резкая картинка.

Эквивалентная оптическая схема глаза

Глаз моделируют как **одну эквивалентную линзу** с фокусным расстоянием:

- в неаккомодированном состоянии:
 $f \approx 17$ **мм** (внутри глаза, от эквивалентного главного фокального плана до сетчатки)

Общая оптическая сила глаза ≈ 60 **диоптрий**.

Астигматизм

Что это

Астигматизм возникает, когда глаз преломляет свет **не одинаково в разных меридианах**.

То есть одна "плоскость" фокусирует ближе, другая — дальше.

Пример: вертикальный меридиан имеет силу 43 dpt, горизонтальный 41 dpt \rightarrow линии в одном направлении резкие, в другом размытые.

Причины

- Неровная форма роговицы (самая частая).
- Деформация хрусталика.

Как проявляется

- Прямые линии выглядят наклонёнными или «двойными».
- Усталость глаз, головные боли.

Коррекция

- Цилиндрические линзы, торические контактные линзы.
- Лазерное моделирование роговицы.

Дисторсия

Суть

Дисторсия — геометрическая аберрация, при которой **линейные размеры изображения меняются в зависимости от расстояния от оптической оси**.

Она не размывает изображение, а **деформирует форму**.

Виды

1. **Подушкообразная** — края изображения «оттянуты» наружу.
2. **Бочкообразная** — края «вдавлены» внутрь.

В глазу

Роговица и хрусталик создают небольшую бочкообразную дисторсию из-за сферической формы.

Мозг её компенсирует нейронной обработкой.

Хроматические аберрации

Почему возникают

Показатель преломления роговицы и хрусталика **зависит от длины волны**. Синий свет преломляется сильнее, чем красный → фокусные расстояния разные.

Последствия

- Цветные ореолы вокруг контрастных деталей.
- Снижение контраста изображения.

Характерные величины

Разница фокусного расстояния для синего и красного света в глазу составляет примерно **1–1.5 диоптрии**.

Мозг частично компенсирует эффект за счёт зрительной обработки.

Какие бывают

- **Продольная хроматическая аберрация** — разные цвета фокусируются в разных точках вдоль оси.
- **Поперечная** — смещение изображения разных цветов относительно друг друга в плоскости сетчатки.

Коррекция

В естественном глазу обычно не корректируется оптическими средствами;

контактные линзы и очки могут уменьшать часть аберраций.

Как глаз адаптируется

- Аккомодация хрусталика.
- Сужение или расширение зрачка (регулирует глубину резкости).
- Нейронная фильтрация и компенсация аберраций зрительной корой.