

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

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 = $1/m$).
- **Хрусталик** – изменяет кривизну (аккомодация).
Преломляющая сила $\approx 19-22$ 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 aberrации

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 корректируются 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.