ЧПОУ «СККИТ»

Стигматические очковые линзы и кривая Чернинга

Как классическая теория аберраций Чернинга объясняет выбор формы стигматической линзы и почему это важно для современного подбора очков.

ГЛОССАРИЙ

Стигматические очковые линзы

[сущ. · очковая оптика]

> Линза, формирующая стигматическое (точечное) изображение в параксиальной области: лучи от точки предмета сходятся в одну точку. В отличие от астигматических линз, которые строят два фокальных отрезка в разных меридианах.

Ключевые термины: стигматизм, астигматизм, меридиональные фокусы. Кривая Чернинга описывает геометрию стигматических линз для двух заданных точек.

ДО

Сферические линзы: простая коррекция

— Сферическая поверхность — один оптический фокус, цилиндрический компонент отсутствует

— Миопия, гиперметропия, пресбиопия — сферический компонент (сфера)

— Не корректирует астигматизм: изображение остаётся размытым по одному меридиану

ПОСЛЕ

Торические линзы: точная коррекция астигматизма

+ Торическая поверхность — два главных меридиана с разной оптической силой, коррекция цилиндра и оси

+ Астигматизм — цилиндрический компонент (цилиндр) и ось наклона в рецепте

+ Обеспечивает чёткое зрение на всех меридианах, устраняет искажения и астенопию



ОПТИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ

Сферическая аберрация очковой линзы

1. **Параксиальная зона (центр)**
   Лучи вблизи оси фокусируются дальше от линзы — это задний фокус, эталон для расчёта рефракции.

2. **Периферийная зона (край)**
   Краевые лучи преломляются сильнее и собираются ближе к линзе — фокус смещается вперёд.

3. **Продольная аберрация**
   Расстояние между параксиальным и краевым фокусами вдоль оси — мера дефокусировки.

4. **Поперечная аберрация**
   Смещение точки пересечения краевых лучей с фокальной плоскостью — кружок рассеяния.

5. **Зона размытия**
   Вместо точки — пятно рассеяния; его диаметр растёт с увеличением зрачка и силы линзы.

ЗАДАЧА ЧЕРНИНГА, 1900

Найти форму линзы, у которой сферическая аберрация минимальна при заданной силе

Мариус Чернинг поставил задачу: при заданной оптической силе линзы найти такую форму её поверхностей, чтобы сферическая аберрация была минимальной. Условие стигматизма для двух сопряжённых точек даёт уравнение, связывающее радиусы кривизны передней и задней поверхностей. Решение этого уравнения на плоскости (r_1, r_2) — знаменитая кривая Чернинга, или эллипс Чернинга.

M. Tscherning, 1900

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Уравнение кривой Чернинга

Условие стигматического изображения для тонкой линзы: при заданных s, s' и n радиусы r_1 и r_2 связаны так, что лучи сходятся в одну точку.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

r_1	Радиус кривизны передней поверхности линзы	мм
r_2	Радиус кривизны задней поверхности линзы	мм

n	Показатель преломления материала линзы	1,50–1,74
s	Расстояние от линзы до предмета	м
s'	Расстояние от линзы до изображения	м

Для тонкой линзы в параксиальном приближении; толщина линзы не учитывается.

Эллипс Чернинга: две ветви решений



«Старая» ветвь — точка Оствальда	50%
«Новая» ветвь — точка Вульфа	50%

ПРОЦЕСС

От кривой Чернинга к современному дизайну линз

1

Базовые кривые по эллипсу Чернинга

Выбор базовой кривой и радиуса по эллипсу Чернинга задаёт стигматическое изображение и минимизирует аберрации на периферии линзы.

2

Асферичность и freeform-профиль

Введение асферичности и свободной формы (freeform) позволяет управлять волновым фронтом и удерживать чёткость по всей зоне взгляда.

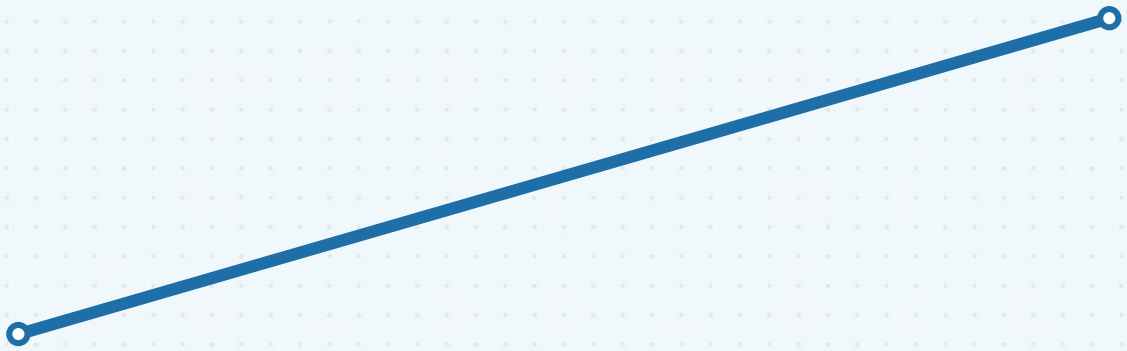
3

Оптимизация в Zemax, Code V, ADCIS

Программные пакеты Zemax OpticStudio, Code V и ADCIS FreeForm Lens Designer оптимизируют профиль по волновому фронту и трассировке лучей в 2026 году.

Рост мирового рынка линз: 2026 → 2035

Объём рынка, млрд $, прогноз CAGR ~8%



Драйверы роста — асферические и прогрессивные дизайны, контроль миопии у детей

Источник: Business Research Insights, 2026

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 2026

Контроль миопии очковыми линзами: результаты ARVO-2026

9 из 10

детей без прогрессирования

MiYOSMART iQ (D.I.M.S.): эффект за 12 месяцев

196

детей 4–12 лет в РКИ

Гонконг; SER +0,046D против −0,534D у монофокалов

90%

остановка миопии за 2 года

Линзы DOT (Diffusion Optics Technology), CATHAY

Периферический дефокус и стигматическая оптика — механизм, лежащий в основе контроля миопии.

ARVO-2026, HOYA Vision Care / HK PolyU; исследование CATHAY (DOT)

ПРАКТИКА И ОГРАНИЧЕНИЯ

Кривая Чернинга: что она даёт оптику и чего не учитывает

+ Что даёт модель

Понимание аберраций: кривая показывает, при каких сочетаниях радиусов сферическая аберрация минимальна

Выбор базовой кривой: обоснованный подбор радиусов передней и задней поверхности линзы

Обоснование асферики: понимание, когда сферическая линза проигрывает асферическому дизайну

− Границы применимости

Параксиальное приближение: расчёт справедлив для приосевых лучей, для широких зрачков и периферии даёт погрешность

Монохроматическая аберрация: модель не учитывает хроматизм — реальный глаз работает в широком спектре

Влияние оправы и посадки: реальное положение линзы перед глазом (вертекс, пантоскопический угол) смещает расчёт

ФИНАЛ

Спасибо за внимание!

Классическая теория Чернинга и современные freeform-технологии решают одну задачу — точную стигматическую коррекцию. Вопросы — приветствуются.