

# НЕ СОТВОРИ СЕБЕ КУМИРА

Мягких А. И., к. т. н.; ООО «Ост-Оптик К», г. Владивосток

Первый опыт моей публичной дискуссии, случившейся во втором номере «Глаза» [1], показал, что двухмесячный интервал между статьей и комментарием к ней – чрезмерный срок. За это время пыл полемики иссякает, и притупляется острота восприятия даже самых изумительных утверждений оппонента. Тем не менее, требование гармонии окружающего мира стучит в сердце и заставляет возвращаться к обсуждению геометрической оптики роговицы.

Что смущает в «устоявшихся» представлениях: почему-то слоистые структуры с различными коэффициентами преломления (КП) рассматриваются безотносительно к окружающей их действительности. И из этого делаются довольно забавные умозаключения, умноженные на явное пренебрежение законами преломления. Например, объяснить рисунок 5а [4, с. 34] в рамках физической логики невозможно, ибо луч падает на поверхность и от нормали к поверхности (красные линии) **преломляется в сторону падения!** Такая же страсть в рисунке 5б.

Апофеозом является рисунок 5г, где лучи на входе в глаз (почему-то сходящиеся) после прохождения роговицы **становятся расходящимися**. Известно, что «понять – значит наполовину простить», но чувство понимания в данном случае просто отказывается работать.

### Что по этому поводу скажет физик?

Для начала предлагаю на время забыть выражения «оптическая сила роговицы», «мениск», «рассеивающая линза». Почему? Сейчас будет понятно.

Начнем с того, что вся оптика строится на простейшем с виду законе преломления света, который в случае криволинейных поверхностей дает удивительные эффекты, позволяющие в каком-то смысле управлять поведением световых лучей. Остановимся на частном случае: криволинейная поверхность (сферическая) и ее основная характеристика – радиус кривизны  $R$ . Вторым компонентом этого частного случая пусть будет так называемая параксиальность лучей света, поведение которых мы изучаем. То есть их близость к оптической оси, проходящей через центр кривизны поверхности, и незначительное отклонение от направления этой оси. Такие предположения, несмотря на кажущуюся частность, обнаружат практически весь спектр эффектов, не заставляя погружаться в безумную круговерть прямых и об-

Автор полемизирует с выводами И.Н. Кошица и его исследовательской группы. Предметом полемики является ход лучей в переднем отрезке глаза.

**Ключевые слова:** роговица, слезная пленка, ход лучей.

\*\*\*

Myagkih A.I. **DO NOT MAKE YOURSELF AN IDOL**  
The author enters into polemics with the conclusions of I.N. Koshits and his research group. The subject of polemics is the path of rays in the anterior segment of the eye.

**Key words:** cornea, tear film, course of the beam.

ратных тригонометрических функций, неизбежно возникающую при попытке рассчитать даже простейший ход лучей.

Итак, имеем две среды со сферической ( $R$ ) частью границы между ними, коэффициенты преломления соответственно  $n_1$  и  $n_2$ , оптическую ось, проходящую через центр кривизны, и луч света (рис. 1а [2]). Немножко похоже на глаз, да? На его «входную» часть! Добавим обозначений геометрических параметров (рис. 1б [2]). Применим пра-

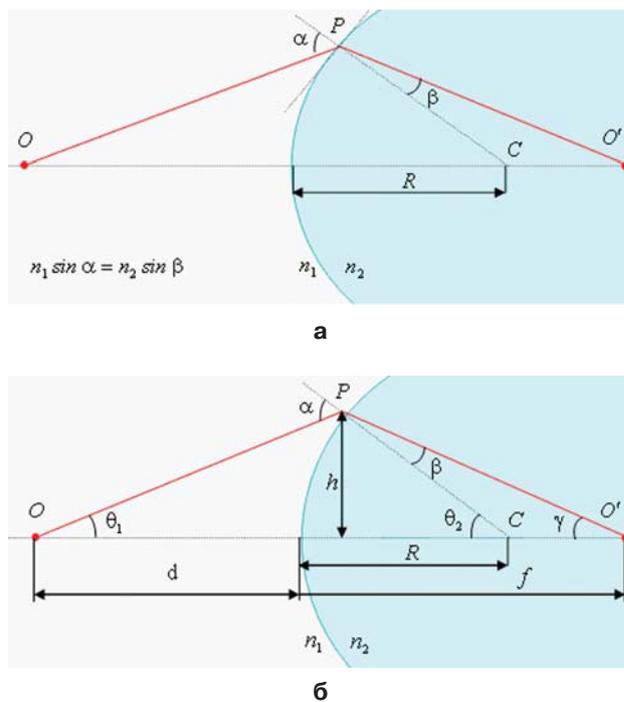


Рис. 1. Преломление на сферической поверхности

вило параксиальности и получим фундаментальное уравнение:

$$n_1/d + n_2/f = (n_2 - n_1)/R$$

На будущее отметим, что картинка и уравнение универсальны в смысле направления движения луча, как слева направо, так и наоборот.

Теперь вспоминаем, что фокусом  $F$  называется точка на оптической оси, в которой собираются параллельные ей лучи (то есть параметр  $d$  очень велик), а оптической силой системы является величина, обратная фокусу ( $P = 1/F$ ). Значит, для данной системы:

$$P = 1000 \times (n_2 - n_1)/(n_2 \times R) \quad (1)$$

Здесь  $P$  – оптическая сила в диоптриях и  $R$  – радиус кривизны в миллиметрах.

Теперь внимательно смотрим на формулу и с удивлением замечаем, что она не совсем такая, какой привыкли пользоваться «во всем мире» [3]:

$$P = 1000 \times (n_2 - 1)/R \quad (2)$$

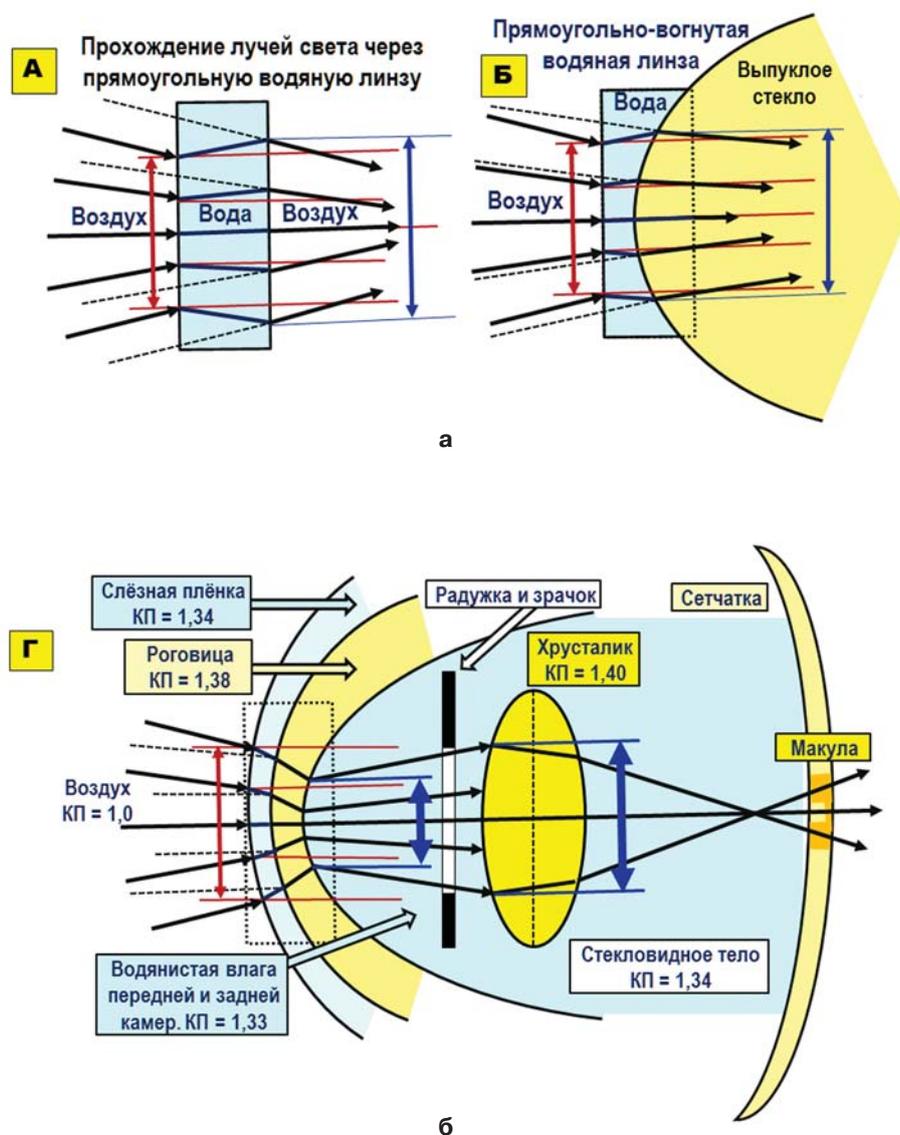
А некоторые исследователи идут еще дальше и предлагают свое оригинальное прочтение [4, с. 36]:

$$P = 1000 \times (n_2 - n_1)/R \quad (3)$$

Разница в том, что у нашей, правильной, формулы – другой знаменатель! Отличающийся в  $n_2$  раз! Несложные изыскания показывают, что аналогов формулы (3) обнаружить не удастся, а вот «всемирно известная формула» – не что иное как значение так называемого «переднего фокуса» нашей же рассмотренной системы, то есть (внимание!): параксиальные лучи

идут справа налево (из оптически более плотной среды) и фокусируются в среде с меньшим показателем преломления. Кроме того, по умолчанию считают, что оптически менее плотная среда – это воздух, у которого КП практически равен 1, и за счет этого упрощают формулу. Принципиальная разница состоит в том, что даже для случая двух сред искажена зависимость оптической силы системы от КП. Так, с увеличением одного, фокусное расстояние «по правилам» стремится к значению обратного радиуса, а «весь мир считает», что оно будет стремиться к нулю. Почувствуйте разницу!

Итак, что мы имеем? Первое и главное: оптической силой обладают не слои с разными коэффициентами преломления, а их искривленные поверхности. Именно поэтому выражение «оптическая сила роговицы» совершенно некорректно без уточнений: находится ее передняя поверхность в воздухе, или, например, в воде. Контактует ли ее задняя поверхность с влагой передней камеры, или мы препарлируем энуклеиро-



**Рис. 5 из работы [4].** Схема особенностей прохождения световых лучей в оптических системах разной конструкции и через пограничную оптическую систему глаза «слезная пленка + эпителий + роговица + водянистая влага»

ванный глаз, изучая менископодобную форму роговицы.

Предлагаемый физический подход делает простым и понятным расчет общей оптической силы слоистой системы, которой является глаз человека. Каждая граница поверхностей представляется тонкой линзой с жестко заданными параметрами, определяемыми исключительно разницей коэффициентов преломления и кривизной границы. Таких границ много: воздух – слезная пленка – эпителий – боуменова оболочка – строма – эндотелий – влага передней камеры, и так далее, до самой макулы. Выстроив вычисленные тонкие линзы вдоль оптической оси, получим основу для расчета первого приближения хода параксиальных лучей в реальном глазу. Простейшее моделирование показывает, что на этом оптическом пути нет ни единого участка, на котором луч претерпел бы не схождение, а рассеяние. Так что «пусть весь мир подождет», пока кто-нибудь адекватно рассмотрит ход лучей в привычном нам предположении (при движении из окружающего пространства в глаз), посчитает реальные оптические силы границ слоев и убедится в схождении параксиальных лучей в макулярной области.

Отсюда следует логичный и плавный переход к оптической силе входной апертуры глаза как слоистой системы. Да, слезная пленка в «ровном» состоянии обеспечивает первую и основную границу поверхностей с максимальной оптической силой за счет разницы КП с воздухом. Однако, если ее убрать, эту функцию станет выполнять поверхность эпителиального слоя с очень близким КП. То есть оптическая сила практически не изменится. Забавно, что этот факт не является очевидным даже для многих «авторитетных авторов» [4, стр. 37]. Здесь уважаемый адъюнкт-профессор почему-то считает, что следствием нарушения слезной пленки поверхности роговицы является потеря значительной части положительной [оптической] силы системы. То есть индуцируется гиперопия, и отсюда, мол, размывание зрения.

#### **Что по этому поводу скажет физик?**

Он скажет, что под «научными данными» обычно понимается проверенная и подтвержденная опытом информация. Оставим в стороне тот факт, что слезная пленка сама является слоистой структурой (липидный, водный и муциновый слой – какой из них нарушен и как?). Оставим в стороне и ощущения, которые должен испытывать пациент с возникшей значительной гиперопией. Это как если бы мы приставили к глазу сильную отрицательную линзу (разве есть такие жалобы при деструкции слезной пленки?). Прибегнем к логике: поскольку «значительная часть положительной [оптической] силы системы» – это с десяток,

а то и более диоптрий, пусть кто-нибудь из докторов проверит сию идею простейшим способом: поставит пациенту с нарушением слезной пленки пробную оправу и добавит стеклышко с этим «утраченным плюсом». И сообщит нам, пропала ли у пациента размытость зрения. Вам встречались такие сообщения? Мне – нет. Потому что дефекты слезной пленки выражаются вовсе не в изменении оптической силы системы роговицы, а в нарушении ее состава и целостности с сопутствующими этому симптомами раздражения, сухости, жжения, светобоязни... Тут пациенту не до четкости. И назначаемые при этом капли успокаивают поверхность в физическом (достижение гладкости) и медицинском (устранение раздражения) смыслах. Изменения же в оптической силе появятся только тогда, когда поверхности слоев роговицы начнет «корезить» какая-то патология, например, при травме, локальном отеке или, не приведи Господи, кератоконусе. Пациента же, которому при деструкции слезной пленки будут «компенсировать оптическую силу», врач больше к себе не заманит...

Где же грань, за которой надо подвергать сомнению казавшиеся прочными устои? Все просто: как только в рамках какой-то теории обнаруживается несоответствие физической (химической, медицинской и т. д.) картине мира, значит, перед вами, как сейчас модно говорить, уязвимость. Латание «дыр» теории может привести к открытию и разработке новой теории. Но обязательным условием всегда будет ее соответствие старым условиям. Например, чудной релятивистский закон сложения скоростей прекрасно работает в космосе, но для автобана он вырождается во всем понятную арифметическую сумму.

Что сказать напоследок... Довольно часто встречаются ситуации, когда научность и достоверность информации подменяется перечислением регалий и заслуг авторов или печатного органа, ее публикующего. Конечно, очень удобно сослаться на научного кумира и освободить себя от необходимости анализа окружающей действительности. Но этот путь ведет в никуда. Не наш, не физический и оптический путь.

#### **Список литературы**

1. Мягких А.И. Что по этому поводу скажет физик? // Глаз. – 2017. – № 2. – С. 26–28.
2. URL: <https://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/optika/uchpos/> (дата обращения: 15.09.2017).
3. Haigis W. Corneal power after refractive surgery for myopia: Contact lens method // J. Cataract. Refract. Surg. – 2003. – Vol. 29. – С. 1397–1411.
4. Кошиц И. Н., Светлова О. В., Гусева М. Г., Певко Д. В., Эгембердиев М. Б. Оптические особенности прохождения света через преломляющие структуры глаза // Глаз. – 2017. – № 2. – С. 29–42.

*E-mail для связи с автором:* ostophtik@mail.ru.