



2. Tajima T., Mourou G.A., Bulanov S.V. Optics in the relativistic regime // Rev. Mod. Phys. 2006. Vol. 78. P. 309.
3. Kuznetsova I., Habs D., Rafelski J. Pion and muon production in electron-positron photon plasma // arXiv:0803.01588.
4. Ringwald A. Pair production from vacuum at the focus of an X-ray free electron laser // Phys. Lett. 2001. Vol. B510. P. 107.
5. Alkofer R., Hecht M.B., Roberts C.D. Schmidt S.M., Vinnik D.V. Pair creation and an X-ray free electron laser // Phys. Rev. Lett. 2001. Vol. 87. P. 193902.
6. Heinzl T., Liesfeld B., Amthor K.-U., Schwöerer H., Sauerbrey R., Wipf A. On the observation of vacuum birefringence // Opt. Commun. 2006. Vol. 267. P. 318.
7. Di Piazza A., Hatsagortsyan K.Z., Keitel C.H. Light diffraction by a strong standing electromagnetic wave // Phys. Lett. 2006. Vol. 97. P. 083603.
8. Schmidt S.M., Blaschke D., Röpke D., Smolyansky S.A., Prozorkevich A.V., Toneev V.D. A quantum kinetic equation for partial production in the schwinger mechanism // Intern. J. Mod. Phys. 1998. Vol. E7. P. 709.
9. Pervushin V.N., Skokov V.V., Reichel A.V. Smolyansky S.A., Prozorkevich A.V. The kinetic description of vacuum particle creation in the oscillator representation // Ibid. 2005. Vol. A20. P. 5689.
10. Popov V.S. Multiphoton atom ionization in a field of ultrashort laser pulses // JETP. 2001. Vol. 120. P. 315.
11. Haug H., Koch S.W. Quantum theory of the optical and electronic properties of semiconductors. London: World Scientific Publ. Co., 2004.
12. Pustovalov V.V., Silin V.P. Nonlinear theory of waves interaction in plasma // Trudy FIAN im. P.N. Lebedeva. 1972. Vol. 61. P. 42.
13. Berestetskii V.B., Lifshitz E.M., Pitaevskii L.P. Quantum electrodynamics. Oxford: Pergamon Press, 1982.

УДК 535 (092)

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРИРОДЕ ЗРЕНИЯ ОТ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ ДО ТОМАСА ЮНГА

Б. А. Медведев, А. А. Кудряшова

Саратовский государственный университет,
кафедра общей физики
E-mail: bmedvedev@yandex.ru

В контексте проблем, связанных с гуманизацией и гуманитаризацией физического образования, включая философские и дидактические вопросы повышения творческого потенциала молодых исследователей в области физиологической и физической оптики, представлено развитие взглядов на природу зрения в трудах Леонардо да Винчи, Исаака Ньютона и Томаса Юнга.

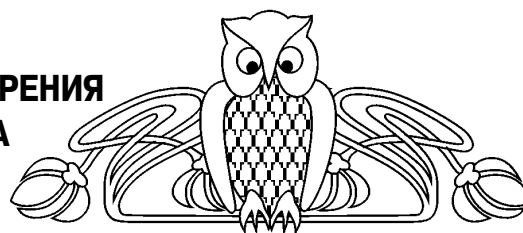
Ключевые слова: история физики, творцы физической оптики, природа зрения.

Истинная наука – та, которую опыт заставил пройти сквозь чувства и наложил молчание на языки спорщиков и которая не питает сновидениями своих исследователей, но всегда от первых истинных и ведомых начал продвигается постепенно и при помощи истинных заключений к цели...

Леонардо да Винчи

Введение

Более 70% информации об окружающем нас мире мы получаем посредством зрения, и лишение этого дара представляется для человека большой трагедией. Именно по этому актуальность развития представлений о природе зрения и интенсификации оптических и медико-биологических исследований в области физиологической оптики не вызывает сомнения. Тем не менее в связи с темой нашей работы, вынесенной в заголовок, мы начинаем нашу статью с вопросов: Зачем физику,



Development of Ideas about Nature of Sight from Leonardo da Vinci to Thomas Young

В. А. Медведев, А. А. Кудряшова

In the context in the problems, connected with humanization and humanitarization of physical formation, including philosophical and didactic questions of an increase in the creative potential of young researchers in the field of physiological and physical optics, is represented the development of views on nature of sight in the works of Leonardo da Vinci, Isaac Newton and Thomas Young.

Key words: history of physics, creators of physical optics, nature of the sight.

точную, не терпящую отступлений от правил науку, рассматривать в философском контексте? В чём польза рассуждений о её истории? Не затем ли, ответим мы, чтобы вспомнить: «Истина так нежна, что чуть только отступил от неё, впадаешь в заблуждение; но и заблуждение это так тонко, что стоит только немного отклониться от него, и оказываешься в истине» (Блез Паскаль). Цена заблуждений и ошибок в истории физики высока настолько, что современный исследователь должен помнить: он всегда на границе познания, его мышление не должно страдать «догматом непогрешимости». С другой стороны, его не может не интересовать фундаментальный вопрос о том, кто делает открытия. Почему Галилей и Ньютон, Больцман и Максвелл, Планк и Резерфорд, Бор и Эйнштейн, Гейзенберг и Шредингер, Де Бройль, Дирак и Паули и, наконец, Пригожин? Почему именно им было дано привести к смене научных парадигм и изменению физической картины мира?



Не потому ли, ответим мы, что все выдающиеся открытия сделаны людьми, не ограничивающими себя рамками одной лишь физики. Физика – элемент культуры, и эта культура, включающая в себя музыку и театр, живопись и поэзию, историю и философию, аккумулировалась в её великих представителях. Как не вспомнить в этом контексте слова Паскаля: «Случайные открытия делают только подготовленные умы». И молодой ученый может избежать «варварства узкой специализации» [1, с. 101–107], если не забудет, что «...суждения, устанавливаемые путем рациональных формулировок, никогда нельзя считать единственно возможными предпосылками человеческого разума» [2, с. 146], что «причина, почему искусство может нас обогатить, заключается в его способности напоминать нам о гармониях, недостижимых для систематического анализа» [3, с. 493]. Степень эстетического восприятия мира задает высоту научного поиска, «физические законы должны обладать математической красотой» (Поль Дирак). В творческом состоянии сознания ученого разум – на границе чувства.

Таким образом, в социокультурном и философском аспекте история физики выступает в качестве гуманитарной составляющей физического образования, позволяющей сблизить в нашем сознании отдаляющиеся с каждым столетием (начиная от века Просвещения) гуманитарные и естественно-научные знания, науку и искусство. Иначе говоря, историю физики в культурологическом плане можно рассматривать как инструментарий, повышающий креативность исследователя – развивающий метафоричность его мышления, способность мыслить отдаленными категориями, инициирующий воображение, фантазию, интуицию и, в конечном счете, эвристическую разработку им новых направлений исследования в междисциплинарных областях научного знания.

В данной работе особое внимание мы уделяем таким мыслителям прошлого, как Леонардо да Винчи, Исаак Ньютон, Томас Юнг. Что их связывает? Леонардо да Винчи – это имя известно любому, и если мы смотрим на него через века как на учёного, то многие знакомы с ним больше как с творцом, создавшим самые прекрасные картины, которые помнит человечество. Его умение наблюдать – свойство живописца – привело к удивительным для того времени открытиям и изобретениям. Исаак Ньютон – великий натурфилософ, человек высочайшей культуры, для которого не существовало конфликта между наукой и религией. Ньютон является автором 14 томов комментариев к Священному писанию, из-под его пера вышла историографическая работа «Хронология древних царств». Следующая ключевая личность – Томас

Юнг. В зрелом возрасте он за свои незаурядные способности получает прозвище «Феноменальный». О нём пишут, что едва ли могло сыскаться хотя бы два музыкальных инструмента того времени, на которых бы он не играл. Полиглот Томас Юнг – практикующий врач, физик, египтолог, биограф... Ему принадлежат 45 биографических очерков о выдающихся учёных в приложении к «Британской энциклопедии».

Что же их всех объединяет? – огромный духовный мир, интересы, далеко выходящие за рамки одной науки. Не в этом ли причина сделанных ими открытий? К месту вспомнить Эйнштейна, который говорил: «Достоевский даёт мне больше, чем любой мыслитель, больше, чем Гаусс!»

Здесь актуальны и слова о воспитании личностей, подобных Леонардо, Ньютону и Юнгу, ибо оно (воспитание) является одним из факторов становления человека. Томас Юнг, родившийся, безусловно, одарённым человеком, имел счастье общаться с такими известными людьми, как профессор Гейне, читавший ему лекции по истории искусств, профессор Лихтенберг, необыкновенно живо проводящий свои лекции и прославившийся на весь мир своими «Афоризмами». И, возможно, Юнгу довелось услышать знаменитые слова Лихтенберга: «Кто не понимает ничего, кроме физики, тот и ее понимает недостаточно. Ученость может родить лишь листья, не давая плодов».

Таким образом, гуманитарный аспект истории развития физических представлений о природе зрения в трудах Леонардо, Ньютона и Юнга, на наш взгляд, заслуживает особого внимания в процессе образования будущих специалистов в области биомедицинской оптики.

Леонардо да Винчи

Хорошо известно, что Леонардо да Винчи в своих работах большое значение уделял глазам: «Глаз, который называют окном души, это главный путь, посредством которого общее чувство может рассматривать бесконечные произведения природы в наибольшем обилии и великолепии...», «...глаза, через которые перед душой предстают все различные природные вещи» [цит. по: 4, с. 287–288]. По его мнению, тот, кто теряет зрение, лишается самого дорогого – «красоты мира со всеми формами сотворённых вещей». В каждой фразе, записанной учёным и художником, прослеживается искренняя любовь и интерес ко всему, что сотворила природа. Глубоко интересующийся анатомией, как и многими другими науками, Леонардо, возможно, был первым, кто положил начало физиологической оптике.



Люди издревле интересовались природой зрительных ощущений, строя невероятные теории, больше основанные на сравнительных представлениях. Например, Пифагор и его ученики считали, что человек видит благодаря неким горячим испарениям, исходящим из глаза, а Евклид, считающийся основоположником учения о прямолинейном распространении света, полагал, что из глаз исходят зрительные лучи, «ощупывающие» предмет и дающие о нём представление. Несмотря на то, что учёные древности много внимания уделяли законам оптических явлений, до XVII века чёткого понятия о том, что такое свет, не существовало, и единственно понятными аспектами вопроса о свете были лишь геометрические. К тому же, активно проводя опыты, основанные на зеркальном отражении, оптических приборов античные мыслители так и не создали. Это объясняется незнанием строения человеческого глаза и его свойств. Только в Средние века начинают создаваться письменные работы, посвящённые вопросам зрения, глаза и оптических приборов. К первопроходцам того времени можно отнести Альхазена, Бэкона, Вителло. Однако их труды не были известны широкой публике, а оптическая наука как перспектива интересовала лишь художников. Именно поэтому появление такого гениального мыслителя, как Леонардо да Винчи, имело большое значение не только для искусства, но и для науки.

В Средние века латинский термин *perspective* обозначал оптику в широком смысле, объединяющем физические свойства света, строение человеческого глаза, особенности человеческого зрительного восприятия. Этот же термин использовал и Леонардо, который определял «перспективу» как науку о «зрительных линиях» (*linee visual*) и подразделял ее на три части: «Первая из них содержит лишь учение об очертаниях тел; вторая – об убывании интенсивности цветов на разных расстояниях, а третья – о пропадании постижения тел на разных расстояниях» [цит. по: 5, с.166].

Античная теория о зрительных лучах, ощупывающих предметы, легко сводилась к геометрическим построениям и расчетам. С её помощью строились зрительные конусы с вершиной в глазу и с основанием на поверхности наблюдаемого предмета. Зрительные конусы, пересекающиеся плоскостью, перпендикулярной зрительной оси, давали перспективные построения. Вероятно, поверхность, пересекающая конус зрительных лучей, была у античных теоретиков частью сферической поверхности. Для мыслителей Средневековья эта поверхность была картинной плоскостью. Леонардо сравнивал секущую поверхность со

стеклянной стеной и обозначал ее сокращенно словом *pariete* (стена).

Во времена Средневековья оптика была очень популярна. Леонардо да Винчи и сам является автором некоторых изобретений, например, машин для изготовления вогнутых зеркал, для шлифовки зеркал и линз, для производства плоских зеркал. Однако всесторонние познания его, а также особый подход к науке, заключающийся не в пустых философских рассуждениях, а в точных наблюдениях и накоплении фактов, позволил Леонардо чуть глубже взглянуть на проблему зрения.

Леонардо первый обратил внимание на важность бинокулярного зрения и на недостаточность геометрических законов для перспективных построений. Дело в том, что вершина зрительного конуса находится лишь в одном глазу наблюдателя, тогда как восприятие рельефа осуществляется совместным действием обоих глаз.

Простая геометрическая проекция на плоскость картины не всегда способна правильно отразить расстояния: большой и малый предметы, находящиеся на разных расстояниях, могут дать равные по величине проекции. Более высокий предмет, изображенный на плоскости предмета, может показаться более низким. Художники Средневековья искали секрет «живых» картин. Леонардо, как учёный, этот секрет открыл. В его теории передача величины предмета и расстояния до него не сводится к простому геометрическому уменьшению на плоскости картины. И величина предмета, и его удаленность оказываются функциями множества факторов: свойств промежуточной среды, соседства с другими предметами и т.д.

Однако не стоит думать, что Леонардо строил свои суждения изначально лишь из собственных соображений. Он всё же был человеком своего времени, которое ещё сохраняло веру в мистику. И пусть Леонардо опровергал её существование, приводя различные доказательства, им всё же были использованы методы средневековой науки, содержащей элементы мистики. В его зарисовках и текстах поднимается вопрос о духовном сосредоточении. Л. Ю. Лиманская в статье «Глаз как «мастер астрономии»: универсальная механика и «наука живописи» Леонардо да Винчи» пишет: «Согласно средневековым представлениям мозг (разум) оперирует тремя везикулами, которые определяют этапы восприятия. Первая везикула – *sensus communis* – это место сбора всех ощущений, существующих совместно с воображением *imaginatio*. Вторая везикула отвечает за некий род внутренних ощущений *cogitatio*, что, по Леонардо, составляет некий род «рационального» воображения, включавшего мнение, суждение, изобретательность, благоразумие. Процесс обдумывания



завершается переходом в третью, центрально-мозговую везикулу – *memoria*, которая отвечает за память, воспоминание, предание» [6, с.89].

Используя средневековые представления, Леонардо да Винчи создаёт собственную теорию, объясняющую зрительные способности. «Эманации зрения» сходятся в точке пересечения диагонали и вертикальной линии в поперечном сечении черепа. По мнению Леонардо,

зрительные образы самостоятельно проникают в первую везикулу, отвечающую за разум – *intellectus*. Таким образом, зрение в представлении Леонардо является главным источником познания природы. Процесс зрительного восприятия сравнивается с отражающими друг друга зеркалами, а воздух полон бесчисленными подобиями вещей, которые в нём распределены и все представлены сразу во всех и все в каждой.

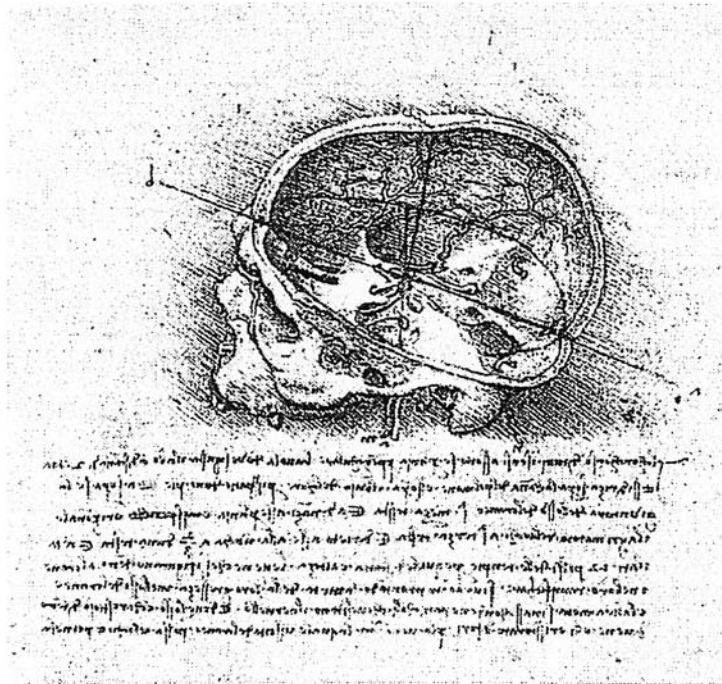


Рис.1. Поперечное сечение черепа [7]

Конечно, Леонардо да Винчи прежде всего был художником, и его наука носит поэтизированный характер. Он именно воспекает универсальные способности зрения: «Разве ты не видишь, что глаз обнимает красоту всего мира? Он является начальником астрологии; он создаёт космографию, он советует всем человеческим искусствам и исправляет их, движет человека в различные части мира. Он окно человеческого тела, через него душа созерцает красоту мира» [8, с. 285]. Стремление приоткрыть глазу то, что не видно, непосредственно формирует особый интерес к оптическому инструментарию и усиливает интерес к возможностям зрения. С. И. Вавилов пишет: «Несомненно, что Леонардо не только мечтал о телескопических устройствах, но действительно их осуществлял. В кодексе А (лист 12) находятся следующие строки, поясняемые рисунком “Чем дальше отодвигаешь ты стекло от глаза, тем большим покажет оно предметы... если глаза для сравнения глядят один через очковое стекло, другой вне его, то для одного предмет покажется

большим, а для другого малым...”. Леонардо передаёт здесь не совсем известное, но крайне просто повторимое наблюдение о значительных увеличениях, достигаемых при рассмотрении простым глазом действительного изображения удалённого предмета от выпуклой линзы, если фокусное расстояние линзы больше, чем расстояние наилучшего зрения» [8, с.19–20].

Само строение глаза также сильно интересует Леонардо. Он исследует различия в строении глаз человека и животных. В работе «О строении человека и других животных» он пишет: «Природа пришла на помощь зрительной способности, которая, будучи поражаема чрезмерным светом, имеет возможность сокращать зрачок глаза и, поражаемая различной темнотой, шире раскрывать это светлое отверстие наподобие отверстия кошелька. И природа поступает здесь, как тот, у кого в помещении слишком много света, – он закрывает половину окна и больше и меньше, смотря по надобности; и когда приходит ночь, открывает он всё окно, чтобы лучше видеть вну-



три названного помещения. И природа прибегает здесь к постоянному выравниванию, непрестанно умеряя и устраняя, увеличивая и уменьшая зрачок соразмерно названным градациям темноты и света, непрестанно возникающим перед ним» [цит. по: 6, с.258]. Анатомическое описание глаза Леонардо снабжает пояснениями процесса зрения: «Зрачок глаза расположен в середине роговой оболочки, которая имеет вид части сферы, в середине своего основания содержащей зрачок. Эта роговая оболочка, будучи частью сферы, воспринимает все подобия предметов и через зрачок посылает их внутрь, в место, где совершается зрение» [8, с. 258]; «Глаз, воспринимающий через очень маленькое круглое отверстие лучи предметов, расположенных за отверстием, воспринимает их всегда перевернутыми, и тем не менее зрительная сила видит их в том месте, где они действительно находятся. Происходит это оттого что названные лучи проходят через центр хрусталика, находящегося в середине глаза, и затем расходятся по направлению к задней его стенке. На этой стенке лучи располагаются, следуя предмету, их вызвавшему, и передаются оттуда по ощущающему органу общему чувству, которое о них судит. Что это так, доказывается следующим образом: сделай острием иглы маленькое отверстие в бумаге и рассматривай сквозь него расположенные по ту сторону предметы. Если двигать между глазом и бумагой иглу сверху вниз, то по ту сторону отверстия движение иглы будет казаться противоположным ее действительному движению. Причина этого в том, что, если игла между бумагой и глазом касается самых верхних линий лучей, она закрывает вместе с тем самые нижние по ту сторону бумаги; и когда игла опускается, то она, наконец, достигает самой нижней линии по эту сторону бумаги, следовательно, одновременно самой верхней по ту сторону её» [8, с. 256].

Видимо, Леонардо представлял себе хрусталик не в виде двояковыпуклой линзы, а в виде сферы, расположенной примерно в центре глаза [10].

Наука о зрении занимает центральное место в теории познания Леонардо, являясь для него средством «самопознания». Именно Леонардо да Винчи принадлежит первое объяснение природы зрения и функций глаза. Он же первым делает попытку переноса естественно-научного знания в оптику в прикладную область, придумывая способы улучшения зрения, а также полного использования этой способности применительно к другим областям науки.

Стоит отметить, что не только Леонардо принадлежат открытия физиологической и при-

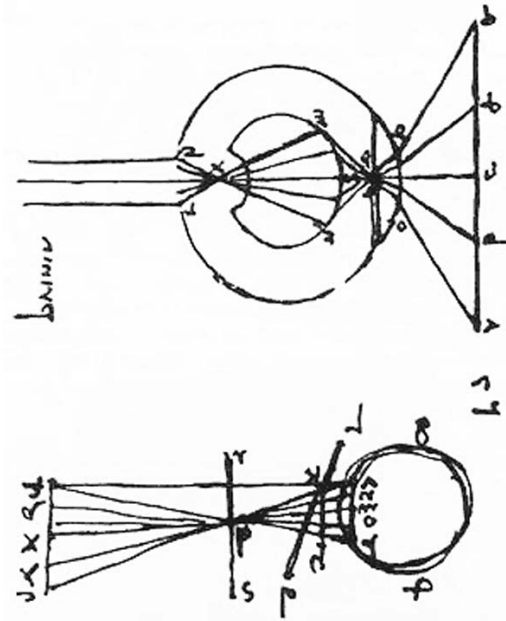


Рис. 2. Построение изображения в глазе [10]

кладной оптики того времени. Теоретически обоснованные и подтвержденные на практике труды создаются Мавроликком и Джованни Батиста де ла Порга. Дело, начатое ими, было продолжено не менее блестящими умами, несмотря на то, что многие записи средневековых учёных были либо утеряны, либо не опубликованы.

Исаак Ньютон

Через две сотни лет после того, как появились выводы Леонардо, наконец, формируется целостная и довольно полная теория о зрении. Упоминание о ней встречается и у Исаака Ньютона, гениальнейшего учёного XVII–XVIII вв.

И. Ньютону принадлежит множество открытий в области оптики. Часть его предположений мы сейчас можем считать не совсем корректными (например, механистическое представление о корпускулярной природе света), однако взгляды учёного на принципы зрения достаточно точны.

Работы Ньютона сильно отличаются от работ Леонардо, и дело не только в области исследований. Естественные науки совершили огромный рывок за два столетия, образовали свою собственную сферу. Труды Ньютона в области оптики можно классифицировать следующим образом: 1 – работы по улучшению конструкции и качества работы телескопа; 2 – исследования, посвященные вопросам технологии изготовления линз и зеркал; 3 – работы по расчёту и устранению сферических и хро-



матических aberrаций; 4 – опыты по созданию ахроматических оптических систем.

В работе «Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света» Ньютон формулирует следующую аксиому: «Там, где лучи, приходящие от всех точек некоторого предмета, встречаются снова в стольких же точках после того, как они сделались сходящимися посредством отражения или преломления, они дают изображение предмета на любом белом теле, на которое падают» [11, с. 18]. В данном трактате учёный строит рассуждения на формулировках тезисов и на последующих их доказательствах, усложняя постановки задач и приводя общеизвестные примеры изучаемым явлениям. В рассуждениях, следующих за формулировкой вышеупомянутой аксиомы, Ньютон описывает и процесс формирования изображе-

ния, осуществляемый человеческим глазом: «... когда человек смотрит на какой-нибудь объект PQR , то свет, исходящий из различных точек объекта, так преломляется прозрачными пленками и жидкостями глаза (то есть внешней оболочкой EFG , называемой *Tunica Cornea*, и кристаллической жидкостью AB за зрачком mk), что сходится и снова встречается в стольких же точках на дне глаза, вырисовывая здесь изображение на той оболочке (называемой *Tunica Retina*), которой покрыто дно глаза. Ибо анатомы, снимая со дна внешнюю и наиболее толстую оболочку, называемую *Dura Mater*, могли видеть через более тонкие плёнки изображения предметов, живо обрисовывающиеся на них. Эти изображения, распространяясь при помощи движения вдоль волокон оптических нервов в мозг являются причиной зрения» [11, с. 19].

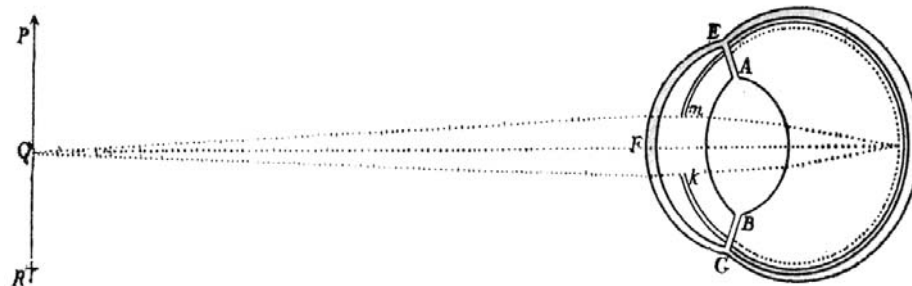


Рис.3. Ход лучей в человеческом глазе по Ньютону [11]

Здесь же Ньютон приводит рассуждения о различных причинах ухудшения зрения: «Соответственно тому, совершенны или несовершенны изображения, предмет виден совершенно или несовершенно. Если глаз окрашивается в какой-нибудь цвет (как при болезни желтухой), окрашивая в этот цвет и изображение на дне глаза, то и все предметы кажутся окрашенными этим цветом. Когда в старом возрасте влажность глаза уменьшается, и *Cornea* и оболочка кристаллической жидкости становятся более плоскими, чем раньше, вследствие сжимания, то свет преломляется недостаточно, благодаря чему не будет сходиться на дне глаза, а в некотором месте сзади; вследствие этого свет отбрасывает на дно глаза неясное изображение, и соответственно неотчётливости изображения объект будет также казаться неясным. Такова причина ослабления зрения у старых людей» [11, с.19].

Причины улучшения зрения очками заключаются в следующем: «...выпуклые стёкла пополняют недостаток круглоты в глазу и, увеличивая преломление, заставляют лучи сходиться скорее, так что они отчётливо сходятся на дне глаза, если стекло имеет требуемую степень выпуклости.

Обратное происходит у близоруких людей, глаза которых слишком круглы. Ибо в этом случае преломление слишком велико, и лучи сходятся и встречаются в глазах раньше, чем приходят ко дну; поэтому изображение на дне и зрение, им вызываемое, не будут отчётливыми, если только объект не помещается близко от глаза так, что место встречи сходящихся лучей может быть отодвинуто ко дну; излишняя круглота глаза может быть устранена и преломление уменьшено при помощи вогнутого стекла подходящей вогнутости; наконец, с возрастом глаз становится более плоским и принимает должную фигуру. Ибо близорукие люди видят удалённые предметы в старом возрасте и считаются поэтому обладающими наиболее стойкими глазами» [11, с.20].

Что касается цветного зрения, то согласно корпускулярной теории света Ньютона различным цветам соответствуют различные размеры корпускул. Но цветовые ощущения обусловлены частотой колебаний, вызываемых корпускулой в зрительном нерве. Это предположение нельзя считать верным, хотя оно имеет в своей основе некоторое модельное представление, отдалённо сходное с тем, что предложил позднее Томас Юнг.



Томас Юнг

Дальнейшим важным шагом в становлении теории зрения явилось предположение Томаса Юнга о восприятии цветов [12]. Все основные научные достижения Юнга относятся к оптике. Он объясняет явление дифракции и первый вводит термин «интерференция». Юнгу принадлежит также первое количественное исследование и объяснение явления астигматизма глаз. Уже в двадцатилетнем возрасте он дал правильное объяснение явления аккомодации глаза как результата изменения кривизны хрусталика, ей посвящена его первая научная работа.

В XVIII в. было принято введённое Кеплером сравнение глаза с камерой-обскурой: сетчатка глаза есть белая бумага, а хрусталик – выпуклое стекло. Известно, что камеру-обскуру необходимо устанавливать по расстояниям предметов, так как невозможно сохранить чёткость изображения, не изменяя положения белой бумаги или не изменяя кривизны стекла. Природа позаботилась о включении какого-либо механизма в процесс зрительного восприятия. Вопрос о том, какой именно, долго оставался открытым.

Существовало четыре объяснения явления: оно происходит вследствие 1) изменения радиуса кривизны роговицы (Жюрен, Мушенброк), 2) деформации глазного хрусталика (Соваж, Бурделло); 3) изменения расстояний между глазным дном и хрусталиком (Потерфильд, Зик); 4) растяжения и уменьшения в кривизне всего глаза (Кеплер, Декарт).

Юнг экспериментально доказал, что применительно к человеческому глазу справедливо второе объяснение. Он подробно рассматривает анатомию глаза, доказывает, что хрусталик состоит из волокон, способных к изменениям его формы. Это вызвало столь резкие возражения ряда крупных научных авторитетов (Эверард Гом и Рамзден), что ученый поначалу сам усомнился в своей правоте и решил отказаться от сделанного вывода. Но позднее он проводит ряд опытов над самим собой и однозначно доказывает правильность первоначального вывода. За эту работу Юнг был избран в 1794 г. членом Лондонского Королевского общества. С современной точки зрения объяснение аккомодации человеческого глаза деформацией хрусталика является общепринятым.

Особенно широкой известностью пользуются работы Юнга по цветному зрению. Если И. Ньютон рассматривал в основном смешение цветов вне связи со свойствами человеческого глаза и считал, что существуют семь первичных цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый,

голубой, синий и фиолетовый, то Юнг исследовал чувствительность человеческого глаза по отношению к цветам, то есть способность различать оттенки.

В 1801 г. Юнг прочитал в Королевском Обществе доклад «Теория света и цветов». В нем он, прежде всего, сообщил результаты проведенных им экспериментов, показавших, что человеческий глаз способен различать от 150 до 170 цветовых оттенков. Далее, исходя из предположения о невозможности представить себе, что каждая чувствительная точка глаза содержит бесчисленное число частиц, каждая из которых способна колебаться в унисон (резонанс) с каждой возможной падающей волной, он ввел представление об ограничении числа этих частиц и о трех главных цветах – красном, желтом и синем: «Ощущение различных цветов зависит от различной частоты колебаний, возбуждаемых светом в сетчатке...

Когда два волнообразных движения от разных источников либо точно совпадают, либо очень близки по направлению, их общее действие состоит в комбинации движений, принадлежащих каждому из них.

Поскольку каждая частица среды подвержена действию каждого волнообразного движения, где бы ни совпадали их направления, волнообразные движения могут распространяться, не иначе как объединяя свои движения. Так что объединённое движение может быть либо суммой, либо разностью отдельных движений в соответствии с тем, сходные или несходные части волнообразных движений совпадают.

Я уже раньше настаивал на широком применении этого принципа к гармоникам, однако он ещё более полезен для объяснений явлений цветов» [цит. по: 13, с.288].

Ученый считал, что каждая частица может колебаться менее или более сильно под действием волн, «отличающихся от точного унисона», и что каждое чувствительное волокно нерва может состоять из трех частей, воспринимающих «свой» главный цвет.

Позднее Юнг в качестве главных цветов указал красный, зелёный и фиолетовый. В действительности же это синий, зелёный и оранжевый цвета (соответствующие длины волн 445, 535 и 570 нм). Глаз воспринимает свет благодаря чувствительным клеткам: палочкам (отвечающим за сумеречное зрение) и колбочкам (отвечающим за цветное зрение). Колбочки содержат белок йодопсин, и три разных вида колбочек содержат разные виды йодопсина, максимумы поглощения которых соответствуют указанным выше цветам.



Нельзя недооценивать открытий, совершённых Юнгом. Учёный не имел технических возможностей точно экспериментально подтвердить сделанные выводы, он опирался на логику и простоту («Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей» – И. Ньютон) и не ошибался. К сожалению, теория цветного зрения Юнга была развита только через 50 лет благодаря Г. Гельмгольцу, и современная теория носит название Юнга–Гельмгольца.

Заключение

Физиологическая оптика существует уже не менее пятисот лет. На этом значительном историческом отрезке времени каждое открытие в своё время вызывало бурю эмоций со стороны учёного света, каждое новаторство казалось смелым шагом. Представления, следующие из опытов, гипотезы, пусть даже не всегда верные, вели к формированию все более корректных представлений о природе зрения. Леонардо да Винчи было уже известно приближённое анатомическое строение глаза, им разработана его первая модель, отмечена важность хрусталика в построении изображения, изучены явления аккомодации глаза, близорукости и дальнозоркости. Ньютону ещё не известен механизм цветного зрения и нейронная передача информации, но ему и его современникам известны такие составляющие глазного яблока, как роговая оболочка, хрусталик, склера, сетчатка и т. д. Точно составлен ход лучей в модели глаза с несколькими показателями преломления. Известны причины близорукости и дальнозоркости и методы их компенсации. Огромную роль сыграл в истории физиологической оптики Томас Юнг, открывший причину цветного восприятия.

Примечательно, что при всем своем стремительном взлете в XX веке физиологическая оптика оставалась верной своим корням. И, безусловно, научный вклад выдающихся оптиков предыдущих столетий позволил нам подняться до уровня современной офтальмологии. В целом теория зрения сложилась уже к началу двадцатого столетия. И в 1907 г. в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона можно было найти весьма подробные описания глаза и механизмов зрения. Неизвестными оставались лишь «некоторые детали», в уточнении которых значительную роль сыграл Альвар Гульстранд, лауреат Нобелевской премии 1911 года. Заслуга Гульстранда заключалась в вычислении индекса рефракции глаза и механизма аккомодации, а также в соединении этих параметров в единую математическую модель зрительного отобра-

жения. С помощью сложных математических расчетов Гульстранд выяснил, что хрусталик глаза постоянно изменяет свой индекс рефракции, что дает возможность получить точное изображение на сетчатке. Расчеты для глаза в состоянии покоя и в состоянии максимальной аккомодации используются и сегодня для вычисления параметров схематического, иначе упрощённого, глаза (по Гульстранду).

Представленные выше результаты исследований Леонардо, Ньютона и Юнга относятся лишь к физиологии получения изображения в глазу. Но, и это важно отметить, именно они привели к современной теории, изучающей процесс восприятия зрительных изображений на более тонком уровне, на уровне головного мозга. Так, в 1967 г. за исследование первичных физиологических и химических механизмов зрительного процесса Нобелевские премии по физиологии и медицине были вручены Рагнару Граниту, Холдену Хартлайну и Джорджу Уолду, а в 1981 г. они были присуждены Дэвиду Хьюбелу и Торстену Визелу за открытия, касающиеся обработки информации в зрительной системе...

В 1808 г. при подведении итогов развития естествознания, которые потребовал представить первый консул Бонапарт, Жорж Кювье писал: «Все те гипотезы, все более или менее остроумные предположения, которые господствовали в первой половине прошлого столетия, теперь дискредитированы истинными людьми науки» [14, с. 5]. Да, конечно, каждому периоду развития науки присущи свои заблуждения. Но диалектика мышления такова, что мы должны продолжить: заблуждения крупнейших естествоиспытателей граничат с великими открытиями. В истории физики связь между поколениями учителей и учеников не рвётся – мы все в «Афинской школе» Рафаэля, мы все в соавторстве с Ушедшими. И в этом контексте нельзя не вспомнить замечательные слова Исаака Ньютона: «Если я видел дальше других, то только потому, что стоял на плечах гигантов».

Библиографический список

1. *Ортега-и-Гассет Х.* Восстание масс. М.: ООО «Изд-во АСТ», 2003.
2. *Паули В.* Физические очерки. М.: Наука, 1975.
3. *Бор Н.* Единство знаний // Избранные научные труды в двух томах. М.: Наука, 1971. Т. 2.
4. *Баткин Л. М.* Леонардо да Винчи и особенности ренессансного творческого мышления. М.: Искусство, 1990.
5. *Зубов В. П.* Леонардо да Винчи. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962.



6. Лиманская Л. Ю. // Вопросы истории, естествознания и техники. 2006. № 3. С. 87–97.
7. Мир Леонардо. <http://wordlleonardo.h1.ru>.
8. Леонардо да Винчи. О науке и искусстве. СПб.: Амфора, 2005.
9. Вавилов С. И. Галилей в истории оптики. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1943.
10. Гуриков В. Сделай стекла для глаз, чтобы видеть луну большой. Русоптик <http://www.optika.ru>
11. Ньютон И. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М.: Техтеоргиз, 1954.
12. Кляус Е. М. Томас Юнг. Творцы физической оптики. М.: Наука, 1973. С. 122–159.
13. Голин Г. М., Филонович С. Р. Классики физической науки (с древнейших времён до начала 20 века). М.: Высш. шк., 1989.
14. Дорфман Я. Г. Всемирная история физики с начала XIX до середины XX в. М.: Наука, 1979.