**АЛЬХАЗЕН**

**Льоцци М. История физики, М.: «Мир», 1970**

Наиболее ярким в арабской физике был, несомненно, период Ибн Аль-Хайтана, известного на Западе под именем Альхазена. Он жил и работал в Египте одновременно с Аль-Бируни; умер Альхазен в Каире в 1039 г. По всеобщему мнению, это был наиболее крупный физик средневековья. Кроме того, он был астрономом, математиком и комментатором Аристотеля и Галена.

Это последнее обстоятельство имеет для нас особое значение. Галену, жившему между 130 и 201 гг. н. э., принадлежит наряду с прочим заслуга рассмотрения глаза как одного из органов чувств нашего организма, описание его строения и выяснение функции зрительного нерва. В теории зрения Гален в основном придерживался идей Платона, но, с одной стороны, придавал большое значение внешнему флюиду, исходящему из Солнца, а с другой - уточнил, что «свет очей», вырабатываемый мозгом, идет по оптическому нерву к сетчатой оболочке, рассеивается в стекловидном теле глаза и вновь собирается на хрусталике, который, по Галену, есть орган восприятия. Короче говоря, с этого времени в механизме зрения начинает играть роль строение органа чувств - глаза.

Альхазен принял без изменения анатомическое описание глаза, данное Галеном, но отбросил как совершенно излишнюю вещь «свет очей». В своем первом фундаментальном постулате он утверждает:

*«Естественный свет и цветовые лучи воздействуют на глаза»* (*Opticae thesaurus Alhazeni arabis libri septem, mine primum editi.... Basileae, 1572, Lib. I, prop. 1, p. 1*).

Этот постулат он подкрепляет наблюдением, что глаза испытывают боль при попадании на них солнечного света, прямого или отраженного от зеркала, приводя также другие примеры ослепления. Под естественным светом (lux per se) Альхазен понимает белый солнечный свет, а под цветовыми лучами - свет, отраженный от цветных предметов.

Затем с помощью ряда хорошо поставленных опытов физико-физиологического характера он показывает несостоятельность представления о свете, исходящем из глаз и ощупывающем тела. В главе IV своего труда он «описывает анатомическое строение глаза, заимствовав его у Галена, и далее заявляет:

*«Зрительный образ получается с помощью лучей, испускаемых видимыми телами и попадающих в глаз»* (*Там же, р. 7*).

Здесь речь идет уже не о световых лучах Евклида, а, так сказать, об обращенных световых лучах, которые идут не от глаза к предмету, а от предмета к глазу. Но не это является главным открытием Альхазена. У Евклида, как и у всех греческих физиков, зрение рассматривалось как глобальное явление; считалось, что ощущение воспринимает разом, в едином процессе образ всего наблюдаемого тела, потому ли, что внешняя «оболочка» тела, отделившись, проникает в зрачок, или же потому, что «свет очей» ощупывает его одновременно со всех сторон. Альхазен же с гениальной интуицией разложил этот глобальный процесс на бесконечное множество элементарных процессов: он полагал, что каждой точке наблюдаемого предмета соответствует некоторая воспринимающая точка глаза. Но чтобы объяснить отсутствие избранных направлений наблюдения предмета, нужно предположить, что из каждой точки предмета выходит бесконечное число лучей и в зрачок тоже попадает бесконечное число лучей. Но как же тогда одной точке предмета может соответствовать лишь одна воспринимающая точка? Альхазен преодолел эту трудность, приняв что из всех лучей, проникающих в глаз, действенным является лишь луч, перпендикулярный всем глазным оболочкам, которые он считал концентрическими. Поэтому на переднюю поверхность хрусталика, который, по Альхазену, и есть орган чувства, действуют те лучи, которые, исходя из любой точки наблюдаемого предмета, проходят через геометрический центр глаза. Таким образом, Альхазен устанавливает точное соответствие между точками предмета и точками восприятия на внешней поверхности хрусталика и приходит к выводу:

*«Зрительный образ получается с помощью пирамиды, вершина которой находится в глазу, а основание - на видимом теле»* (*Там же, р. 10*).

Насколько это положение отличается от евклидова! Это тот же классический закон перспективы, но физика явления здесь изменена. Поэтому, несмотря на серьезные недостатки этого положения, оно представляет собой громадный шаг вперед.

Почему же Альхазен не продолжил световые лучи за центр глаза до сетчатой оболочки, сделав ее местом образования изображения? Ему нетрудно было дойти до постановки этой проблемы: он знал нервное строение сетчатки, а оптику, обладающему его проницательностью, должно было казаться странным наличие свойства ощущения у столь прозрачной среды, как хрусталик. Но поставив проблему, он тотчас же вынужден был отказаться от ее решения, испуганный ее следствиями. Действительно, если лучи пересекаются в центре глаза, то на сетчатке они образуют перевернутое изображение. Но видел ли кто-нибудь когда-нибудь мир перевернутым?

Альхазен знал по опыту, а не только на основе элементарных геометрических рассуждений, что на сетчатке изображения должны получаться перевернутыми. Действительно, несколькими страницами дальше после приведенного отрывка он описывает опыт с «камерой-обскурой», чтобы доказать, что лучи, исходящие от разных тел, могут пересекаться, не испытывая изменений. Он помещает различные свечи перед стенкой темной камеры с отверстием и, глядя на поверхность, наблюдает свет от всех этих свечей.

*«...и если накрыть какую-либо свечу, то исчезает также соответствующий свет на рассматриваемой стене, а если снять колпак со свечи, то возвращается и свет. И в этом можно убедиться в любой момент. Значит, если бы лучи света перемешивались в воздухе, то они перемешивались бы и в плоскости отверстия, оставались бы перемешанными после отверстия, и различить их было бы невозможно. Но мы видим, что это не так, значит, лучи света не перемешиваются»* (*Там же, Lib. I, prop. 19, p. 17*).

Достаточно первого чтения этого интереснейшего отрывка, чтобы убедиться, что Альхазен многократно и аккуратно ставил опыты с камерой-обскурой. Поэтому он обязательно должен был наблюдать перевертывание изображения, хотя в приведенной цитате он об этом не упоминает.

Лишь Леонардо да Винчи оказался столь проницательным и храбрым, что из этого опыта отважился сделать вывод о сущности механизма зрения. И действительно, Леонардо описывает весьма подробно камеру-обскуруг и, отметив перевертывание изображения, замечает: *«То же происходит и внутри глаза»* (*Леонардо да Винчи, Ms. D., f. 8 г. Так историки цитируют рукописи Леонардо, хранящиеся во Французском институте, которые Вентури (первым исследовавший их) пометил буквами от А до М. В первый раз они были опубликованы факсимиле, т. е. точно, как в оригинале (как известно, Леонардо писал перевернутым шрифтом то ли для сохранения секрета, то ли шутки ради) и во французском переводе Равессоном-Мольеном, «Les manuscrits de Leonard de Vinci», Paris, 1881-1891 (6 vol.). Комиссия по трудам Леонардо да Винчи (Comissione Vinciana) перепечатала их. Рукопись D - одна из самых упорядоченных и полных; это оригинальный трактат по физиологической оптике, в котором, между прочим, впервые упоминается зависимость расширения зрачка от изменения интенсивности падающего на него света. (Ms. D., f. 5 v.) (f. 8 означает восьмой лист, буквы r и v - соответственно лицевую и оборотную стороны листа. - Прим. перев.)*).

Всего шесть слов - и великое открытие!

Но вернемся к Альхазену, который выдвинул свою теорию зренияг и, чувствуя ее недостаточность, многократно видоизменял ее, приспосабливая для объяснения результатов оптических экспериментов, которые мало-помалу накапливались. Следует заметить, что средневековая геометрическая оптика была значительно сложнее современной, потому что мы получаем изображения на экранах, тогда как в средние века рассматривали изображение в глазу, где имеют место явления физиологической оптики, а не только» геометрической.

Во второй книге Альхазена рассматриваются свойства зрения, а третья целиком посвящена оптическим иллюзиям, обманам зрения (deceptiones visus) или галлюцинациям (hallucinationes), как называли их переводчики. Несмотря на имеющиеся здесь интересные наблюдения в области физиологической оптики, эта книга Альхазена оказала дурную услугу физике, ибо вдохновила и усилила то направление мистического характера, которое оставалось сильным еще во времена Галилея и которое учило не доверять органам чувств, особенно зрительным восприятиям: *«Так легко*, - говорил еще Альхазен, - *принять светлячок за фонарь!»*

Книги IV, V и VI посвящены экспериментальному и геометрическому рассмотрению плоских, сферических, цилиндрических и конических зеркал. В предложении 39 книги V сформулирована знаменитая задача о сферическом зеркале, получившая название задачи Альхазена: приданном положении зеркала, светящейся точки и глаза найти точку зеркала, в которой происходит отражение.

Альхазен решает ее, используя пересечение гиперболы с окружностью сложным и запутанным путем, который трудно проследить даже сейчас. Этой задачей занимались математики на протяжении нескольких последующих веков. Только в 1676 г. Гюйгенс первым указал на простое геометрическое решение, а в 1776 г. Кестнер (1719-1800) дал впервые аналитическую постановку этой задачи, приводящую к уравнению четвертого порядка.

*
Прибор Леонардо для решения задачи Альхазена (реконструкция)*

Леонардо да Винчи после многочисленных попыток, одни из которых кончались ошибочным убеждением в том, что ответ найден, а другие наводили на мысль о неразрешимости задачи, в конце концов пришел к «конструктивному» решению задачи, т. е. решению с помощью построенного им механического прибора, замечательного тем, что в нем впервые применена пятизвенная шарнирная система. Этот прибор, восстановленный лет тридцать назад, находится сейчас в Институте механики Неаполитанского университета.

Последняя, VII книга оптики Альхазена посвящена полностью преломлению света. Здесь следует отметить усовершенствование прибора Птолемея (см. гл. 1) для экспериментального исследования этого явления и достигаемое таким образом увеличение точности измерения, что тем не менее не позволило Альхазену найти точный закон преломления. Но особенно следует подчеркнуть, что Альхазен ввел новое понятие, которое привело Декарта к открытию правильного закона преломления (см. гл. 5). Альхазен начал ставить механические опыты по падению тел на площадки; он разлагал скорость брошенного тела на две составляющие - перпендикулярную и параллельную поверхности площадки - и затем применял результаты этих опытов к свету, заключая, что при переходе света из менее плотного тела в более плотное нормальная составляющая его скорости уменьшается.

Важно не то, что на самом деле это не так. Существенно введение нового понятия - разложение скорости света на составляющие, параллельную и перпендикулярную границе раздела двух тел.

**ТРУДЫ АЛЬХАЗЕНА И ЗАПАДНАЯ НАУКА**

Фундаментальный трактат Альхазена, отличающийся новизной, оригинальностью и стройностью построения, был переведен на латинский язык, по всей вероятности, в XII столетии, быть может Герардом Кремонским (ок. 1114-1187), и распространялся в рукописи до первого печатного издания, выпущенного в 1572 г. Риснером (ум. в 1580 г.). Риснер разбил этот трактат на отдельные книги и главы и отредактировал его. В средние века этот трактат был скорее знаменит, чем известен. Автора его называли по преимуществу Auctor perspecti-vae. Этому названию не следует удивляться. Как бы странно это ни выглядело с точки зрения современной классификации наук, в средние века оптика, учение о перспективе и метеорология представляли собой единую науку. Мы сказали, что этот трактат был скорее знаменит, чем известен, потому что теории зрения, т. е. наиболее оригинальной части трактата, в Средневековье не повезло. Вплоть до конца XVI века и позднее наиболее принятой теорией зрения оставалась туманная теория «образов», или «видимостей», которые отрываются от тел и проникают в глаз смотрящего. Сейчас трудно объяснить, почему теория Альхазена не имела успеха. Может быть, его экспериментальный подход слишком отличался от общепринятого философского подхода того времени и поэтому казался трудным. Может быть, авторитет античных философов оставался сильнее авторитета более позднего автора, к тому же еще иноверца. Может быть, глобальная концепция зрения, которая теперь вызывает улыбку, казалась настолько ясной интуитивно, что это скомпенсировало ее серьезные теоретические недостатки.

*
Деформация изображения в коническом зеркале. (М. Bettini, Apiaria universae philosophiae mathematicae, 1642.)*

По сравнению с трактатом Альхазена был более распространен в средние века трактат по оптике Вителлия, о личности которого мы знаем очень мало. Неизвестно даже его точное имя (Вителлий, Вителион, Вител?). По-видимому, он был выходцем из Польши, долго жил в Италии, учился примерно с 1262 по 1268 г. в Падуе, а затем в Витербо. Между 1270 и 1278 гг. он написал трактат по оптике, в котором, беззастенчиво заимствуя у Евклида, Птолемея и прежде всего у Альхазена, изложил по существу содержание и методы физики арабов.

По сравнению с трактатом Альхазена здесь можно отметить два новых факта: доказательство того, что параболические зеркала имеют единственный фокус (слово focus в современном смысле слова введено Кеплером (*Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur, 1604*) в 1604 г.), положение, которое было сформулировано, согласно фрагменту рукописи, найденному в 1881 г., еще греческим автором, возможно, Анфимием из Траллеса (ок. 550 г. н. э.), и тщательное исследование радуги.

Мы уже видели (гл. 1), что столь величественное и грандиозное явление, как радуга, привлекало внимание еще первых греческих наблюдателей, но только Декарту удалось дать полное его объяснение. Вителий заметил, что радугу нельзя объяснить простым отражением света на водяных каплях, что нужно при этом учесть также преломление солнечных лучей в этих каплях.

*«...и если накрыть какую-либо свечу, то исчезает также соответствующий свет на рассматриваемой стене, а если снять колпак со свечи, то возвращается и свет. И в этом можно убедиться в любой момент. Значит, если бы лучи света перемешивались в воздухе, то они перемешивались бы и в плоскости отверстия, оставались бы перемешанными после отверстия, и различить их было бы невозможно. Но мы видим, что это не так, значит, лучи света не перемешиваются»* (*Там же, Lib. I, prop. 19, p. 17*).

Достаточно первого чтения этого интереснейшего отрывка, чтобы убедиться, что Альхазен многократно и аккуратно ставил опыты с камерой-обскурой. Поэтому он обязательно должен был наблюдать перевертывание изображения, хотя в приведенной цитате он об этом не упоминает.

Лишь Леонардо да Винчи оказался столь проницательным и храбрым, что из этого опыта отважился сделать вывод о сущности механизма зрения. И действительно, Леонардо описывает весьма подробно камеру-обскуруг и, отметив перевертывание изображения, замечает: *«То же происходит и внутри глаза»* (*Леонардо да Винчи, Ms. D., f. 8 г. Так историки цитируют рукописи Леонардо, хранящиеся во Французском институте, которые Вентури (первым исследовавший их) пометил буквами от А до М. В первый раз они были опубликованы факсимиле, т. е. точно, как в оригинале (как известно, Леонардо писал перевернутым шрифтом то ли для сохранения секрета, то ли шутки ради) и во французском переводе Равессоном-Мольеном, «Les manuscrits de Leonard de Vinci», Paris, 1881-1891 (6 vol.). Комиссия по трудам Леонардо да Винчи (Comissione Vinciana) перепечатала их. Рукопись D - одна из самых упорядоченных и полных; это оригинальный трактат по физиологической оптике, в котором, между прочим, впервые упоминается зависимость расширения зрачка от изменения интенсивности падающего на него света. (Ms. D., f. 5 v.) (f. 8 означает восьмой лист, буквы r и v - соответственно лицевую и оборотную стороны листа. - Прим. перев.)*).

Всего шесть слов – и великое открытие!

Но вернемся к Альхазену, который выдвинул свою теорию зренияг и, чувствуя ее недостаточность, многократно видоизменял ее, приспосабливая для объяснения результатов оптических экспериментов, которые мало-помалу накапливались. Следует заметить, что средневековая геометрическая оптика была значительно сложнее современной, потому что мы получаем изображения на экранах, тогда как в средние века рассматривали изображение в глазу, где имеют место явления физиологической оптики, а не только» геометрической.

Во второй книге Альхазена рассматриваются свойства зрения, а третья целиком посвящена оптическим иллюзиям, обманам зрения (deceptiones visus) или галлюцинациям (hallucinationes), как называли их переводчики. Несмотря на имеющиеся здесь интересные наблюдения в области физиологической оптики, эта книга Альхазена оказала дурную услугу физике, ибо вдохновила и усилила то направление мистического характера, которое оставалось сильным еще во времена Галилея и которое учило не доверять органам чувств, особенно зрительным восприятиям: *«Так легко*, - говорил еще Альхазен, - *принять светлячок за фонарь!»*

Книги IV, V и VI посвящены экспериментальному и геометрическому рассмотрению плоских, сферических, цилиндрических и конических зеркал. В предложении 39 книги V сформулирована знаменитая задача о сферическом зеркале, получившая название задачи Альхазена: приданном положении зеркала, светящейся точки и глаза найти точку зеркала, в которой происходит отражение.

Альхазен решает ее, используя пересечение гиперболы с окружностью сложным и запутанным путем, который трудно проследить даже сейчас. Этой задачей занимались математики на протяжении нескольких последующих веков. Только в 1676 г. Гюйгенс первым указал на простое геометрическое решение, а в 1776 г. Кестнер (1719-1800) дал впервые аналитическую постановку этой задачи, приводящую к уравнению четвертого порядка.

*
Прибор Леонардо для решения задачи Альхазена (реконструкция)*

Леонардо да Винчи после многочисленных попыток, одни из которых кончались ошибочным убеждением в том, что ответ найден, а другие наводили на мысль о неразрешимости задачи, в конце концов пришел к «конструктивному» решению задачи, т. е. решению с помощью построенного им механического прибора, замечательного тем, что в нем впервые применена пятизвенная шарнирная система. Этот прибор, восстановленный лет тридцать назад, находится сейчас в Институте механики Неаполитанского университета.

Последняя, VII книга оптики Альхазена посвящена полностью преломлению света. Здесь следует отметить усовершенствование прибора Птолемея (см. гл. 1) для экспериментального исследования этого явления и достигаемое таким образом увеличение точности измерения, что тем не менее не позволило Альхазену найти точный закон преломления. Но особенно следует подчеркнуть, что Альхазен ввел новое понятие, которое привело Декарта к открытию правильного закона преломления (см. гл. 5). Альхазен начал ставить механические опыты по падению тел на площадки; он разлагал скорость брошенного тела на две составляющие - перпендикулярную и параллельную поверхности площадки - и затем применял результаты этих опытов к свету, заключая, что при переходе света из менее плотного тела в более плотное нормальная составляющая его скорости уменьшается.

Важно не то, что на самом деле это не так. Существенно введение нового понятия - разложение скорости света на составляющие, параллельную и перпендикулярную границе раздела двух тел.